



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة باجي مختار- عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

LABORATOIRE DE BIOLOGIE ANIMALE APPLIQUEE

THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT  
Spécialité: BIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

Inventaire des moustiques de la région de Tébessa et bioactivité du spiromesifène sur la reproduction de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* : aspects écologique et biochimique

Présentée par: M<sup>me</sup> BOUABIDA Hayette

Directeur de thèse: M. SOLTANI N. (Pr.) Université Badji Mokhtar, Annaba

**Membres de Jury:**

M. BOUDJELIDA H. (Pr.)	Président	Université Badji Mokhtar, Annaba
Mme. BERCHI S.(Pr.)	Examinatrice	Université de Constantine 1
Mme. BENDALI F. (Pr.)	Examinatrice	Université Badji Mokhtar, Annaba
M. LOUADI K. (Pr.)	Examineur	Université de Constantine 1
M. LAAMARI M. (Pr.)	Examineur	Université de Batna
Mme.TINE-DJEBBAR F (MCA)	Membre invitée	Université Cheikh larbi Tébessi, Tébessa

Année universitaire: 2013/2014

## ***Remerciements***

Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à M. Hamid BOUDJELIDA (Professeur au Département de Biologie, Université d'Annaba) qui m'a fait l'honneur de présider le présent jury.

C'est un devoir d'exprimer toute ma gratitude et une infinie reconnaissance à M. Noureddine SOLTANI (Professeur au Département de Biologie et Directeur du Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Université d'Annaba) pour m'avoir accueillie dans son laboratoire et dirigé ce travail. Grâce à lui j'ai appris une bonne méthodologie de recherche et le goût du travail bien fait, je lui témoigne respect et déférence.

Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à Mme Fatiha BENDALI (Professeur au Département de Biologie, Université d'Annaba) qui a bien voulu accepter d'être membre de ce même jury et de me faire l'honneur de juger ce travail.

Toute ma considération à l'égard de M. Malik LAAMARI (Professeur au Département d'Agronomie, Université de Batna de Biologie) qui m'a fait l'honneur de juger le présent travail.

Mes plus vifs remerciements vont à Mme Salima BERCHI et M. Kamel LOUADI (Professeurs au Département de Biologie Université de Constantine) qui à bien voulu accepter d'être membre du jury et de me faire l'honneur de juger ce travail.

C'est avec enthousiasme que nous voudrions exprimer, tout particulièrement notre humble gratitude et notre profonde reconnaissance à Mme TINE Fouzia (Maître de conférences au Département de Biologie, Université de Tébessa). Elle a su guider et diriger avec clairvoyance et autorité scientifique sur place à Tébessa la réalisation de cette thèse. Sans oublier sa patience et sa disponibilité à notre égard, du fond du cœur : merci.

# Sommaire

	Page
<b>1. INTRODUCTION</b>	1
<b>2. MATERIEL ET METHODES</b>	5
<b>2.1. Présentation de la région</b>	5
2.1.1. Situation géographique de la région	5
2.1.2. Milieu naturel	5
<b>2.2. Présentation des sites d'étude</b>	7
<b>2.3. Données climatiques de la région d'étude</b>	12
2.3.1. Les précipitations	12
2.3.2. La température	13
2.3.3. Humidité (%)	13
<b>2.4. Classification du climat</b>	14
2.4.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen	14
<b>2.5. Caractéristiques de l'eau des sites</b>	15
2.5.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)	15
2.5.2. Oxygène dissous	16
2.5.3. Conductivité électrique	16
<b>2.6. Choix des stations d'études</b>	19
<b>2.7. Echantillonnage et identification des populations Culicidiennes</b>	20
2.7.1. Méthode adoptée sur le terrain	20
2.7.2. Méthode adoptée au laboratoire	20
<b>2.8. Techniques de reconnaissance des Culicidae</b>	20
<b>2.9. Techniques d'élevage</b>	21
2.9.1. A l'état larvaire	21
2.9.2. A l'état adulte	21
<b>2.10. Indices écologiques</b>	21
2.10.1. Indices de composition	21
2.10.2. Indices de structures	22
<b>2.11. Etude morphométrique</b>	23
<b>2.12. Extraction et dosage des métabolites</b>	23
2.12.1. Dosage des protéines totales	25
2.12.2. Dosage des glucides totaux	25
2.12.3. Dosage des lipides totaux	26
<b>2.13. Présentation des insecticides et traitement</b>	27
<b>2.14. Etude toxicologique</b>	27
<b>2.15. Prélèvement et morphométrie des ovaires</b>	28
<b>2.16. Dosage biomarqueurs</b>	28
2.16.1. Activité de l'acétylcholinestérase	28
2.16.2. Activité de la glutathion S-transférase	29
2.16.3. Dosage du glutathion	30
2.16.4. Dosage du malondialdéhyde	31
2.16.5. Dosage de la catalase	32
<b>2.17. Analyse statistique</b>	33
2.17.1. Analyse factorielle des correspondances	33

2.17.2. Classification Ascendante Hiérarchique	34
2.17.3. Analyse de covariance	34
<b>3. RESULTATS</b>	<b>35</b>
<b>3.1. Inventaire global des Culicidae</b>	<b>35</b>
<b>3.2. Présentation des espèces inventoriées</b>	<b>36</b>
<b>3.3. Analyse de la répartition des espèces</b>	<b>43</b>
3.3.1. Analyse factorielle des correspondances	43
3.3.2. Classification Ascendante Hiérarchique	45
3.3.3. Effet des facteurs abiotiques sur l'abondance et la richesse spécifique (analyse de la covariance)	46
3.3.4. Indices écologiques	47
<b>3.4. Caractérisation morphométrique et biochimique des espèces inventoriées</b>	<b>53</b>
3.4.1. Croissance linéaire des espèces inventoriées	53
3.4.2. Croissance pondérale des espèces inventoriées	54
3.4.3. Composition biochimique des stades post-embryonnaires	55
<b>3.5. Essai insecticide à l'égard de <i>Culiseta longiareolata</i> et <i>Culex pipiens</i></b>	<b>59</b>
3.5.1. Essai insecticide à l'égard de <i>Culiseta longiareolata</i>	59
3.5.2. Essai insecticide à l'égard de <i>Culex pipiens</i>	62
<b>3.6. Impact du spiromesifène sur les biomarqueurs</b>	<b>64</b>
3.6.1. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase	65
3.6.2. Effet du spiromesifène sur le taux du GSH	66
3.6.3. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de la glutathion S- transférase	67
3.6.4. Effet du spiromesifène sur le taux du malondialdéhyde	68
3.6.5. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de la catalase	70
<b>3.7. Impact du spiromesifène sur la croissance</b>	<b>72</b>
3.7.1. Anomalies morphologiques	72
3.7.2. Croissance pondérale	73
3.7.3. Croissance linéaire	74
<b>3.8. Impact du spiromesifène sur la reproduction</b>	<b>77</b>
3.8.1. Effet sur la morphométrie de l'ovaire	77
3.8.2. Effet sur la morphométrie des testicules	82
3.8.3. Effet sur la biochimie ovarienne	83
3.8.4. Effet sur la biochimie testiculaire	85
<b>4. DISCUSSION</b>	<b>88</b>
<b>4.1. Etude taxonomique</b>	<b>88</b>
<b>4.2. Indices écologiques</b>	<b>89</b>
<b>4.3. Caractérisation morphométrique des espèces</b>	<b>92</b>
<b>4.4. Caractérisation biochimique des espèces</b>	<b>93</b>
<b>4.5. Essai insecticide</b>	<b>95</b>
<b>4.6. Effets du spiromesifène sur les biomarqueurs</b>	<b>97</b>
4.6.1. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de l'AChE	98
4.6.2. Effet du spiromesifène sur le taux de GSH	99
4.6.3. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de la GST	100
4.6.4. Effet du spiromesifène sur le taux du MDA	102
4.6.5. Effet du spiromesifène sur la catalase	103

<b>4.7. Impact du spiromesifène sur la croissance</b>	104
<b>4.8. Impact du spiromesifène sur la morphométrie des gonades</b>	105
<b>4.9. Impact du spiromesifène sur la biochimie des gonades</b>	106
<b>5. CONCLUSION</b>	108
<b>6. RESUMES</b>	110
<b>7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	114
<b>8. ANNEXES</b>	133
- Production scientifique	
- Publication 1	
- Publication 2	

## Liste des tableaux

<b>Tableaux</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
Tableau 1 :	Répartition mensuelle des précipitations (mm) sur une période d'une année dans la région de Tébessa (mars 2011- février 2012) (Station météorologique, 2012).	13
Tableau 2 :	Températures moyennes enregistrées durant une année (mars 2011- février 2012) dans la région de Tébessa (Station météorologique, 2012).	13
Tableau 3 :	Répartition mensuelle d'Humidité (%) sur une période d'une année dans la région de Tébessa (mars 2011- février 2012) (Station météorologique, 2012).	14
Tableau 4 :	Dosage des protéines totales chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.	25
Tableau 5 :	Dosage des glucides totaux chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.	26
Tableau 6 :	Dosage des lipides totaux chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.	26
Tableau 7 :	Liste des espèces de Culicidae inventoriées dans les sites d'étude (mars 2011 - février 2012).	35
Tableau 8 :	Nombre d'espèces rencontrées dans les sites d'étude.	36
Tableau 9 :	Analyse de la covariance appliquée aux valeurs de l'abondance en fonction des facteurs abiotiques.	47
Tableau 10 :	Analyse de la covariance appliquée aux valeurs de la richesse spécifique en fonction des facteurs abiotiques.	47
Tableau 11 :	Richesse totale et moyenne de la famille des Culicidae dans les cinq sites d'étude.	48
Tableau 12 :	Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale ( $H' max$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site d'El Aouinet au niveau des 3 stations.	48
Tableau 13 :	Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale ( $H' max$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site de Morssot au niveau des 3 stations.	49
Tableau 14 :	Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale ( $H' max$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site de Boulhef Dyr au niveau des 3 stations.	50
Tableau 15 :	Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale ( $H' max$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site de Tébessa ville au niveau des 3 stations	50
Tableau 16 :	Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale	51

( $H'_{max}$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site d'Elma Labiod au niveau des 3 stations.

Tableau 17 : Constance (%) des espèces inventoriées dans les cinq sites durant la période d'étude.	52
Tableau 18 : Fréquence centésimale ou l'abondance relative des espèces inventoriées dans les cinq sites durant la période d'étude.	53
Tableau 19 : Volume corporel ( $\text{mm}^3$ ) des larves L4, pupes et des adultes mâles et femelles des espèces inventoriées ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	54
Tableau 20 : Poids (mg) d'un individu chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles des espèces inventoriées ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	55
Tableau 21 : Contenu ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) en protéines chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles de certaines espèces inventoriées ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	56
Tableau 22 : Contenu ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) en lipides chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles des espèces inventoriées ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	57
Tableau 23 : Contenu ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) en glucides chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles des espèces inventoriées ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	58
Tableau 24 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culiseta longiareolata</i> , sur le taux de mortalité observée ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 individus).	59
Tableau 25 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culiseta longiareolata</i> , sur le taux de mortalité corrigée ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 individus).	59
Tableau 26 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culiseta longiareolata</i> . Transformation angulaire du taux de mortalité corrigée ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 individus).	60
Tableau 27 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) appliqué sur les larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culiseta longiareolata</i> . Analyse de la variance des données transformées.	60
Tableau 28 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culiseta longiareolata</i> , sur le taux (%) de mortalité corrigée : transformation en probit des mortalités corrigées ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 individus).	60
Tableau 29 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) appliqué sur les larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culiseta longiareolata</i> , sur le taux de mortalité	61

corrigée : transformation des doses ( $\mu\text{g}$ ) en logarithmes décimaux ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

Tableau 30 : Efficacité du spiromesifène appliqué sur les larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culiseta longiareolata</i> , analyse des probits.	61
Tableau 31 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> , sur le taux de mortalité observée ( $m \pm \text{SD}$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 individus).	62
Tableau 32 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> , sur le taux de mortalité corrigée ( $m \pm \text{SD}$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 individus).	62
Tableau 33 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> . Transformation angulaire du taux de mortalité corrigée ( $m \pm \text{SD}$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 individus).	63
Tableau 34 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> . Analyse de la variance des données transformées.	63
Tableau 35 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> , sur le taux (%) de mortalité corrigée : transformation en probits des mortalités corrigées ( $m \pm \text{SD}$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 individus).	63
Tableau 36 : Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> , sur le taux de mortalité corrigée : transformation des doses ( $\mu\text{g/L}$ ) en logarithmes décimaux ( $m \pm \text{SD}$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 individus).	64
Tableau 37 : Efficacité du spiromesifène appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de <i>Culex pipiens</i> , analyse des probits.	64
Tableau 38 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (AChE) ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm \text{SD}$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 20 individus).	66
Tableau 39 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (AChE) ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm \text{SD}$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 20 individus).	66
Tableau 40 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le taux du GSH ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm \text{SD}$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 20 individus).	67
Tableau 41 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur le taux du GSH ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm$	67

SD, n = 3 répétitions comportant chacune 20 individus).

Tableau 42 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 20 individus).	68
Tableau 43 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 20 individus).	68
Tableau 44 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le taux du malondialdéhyde ( $\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 20 individus).	69
Tableau 45 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur le taux du malondialdéhyde (MDA) ( $\mu\text{M}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 20 individus).	69
Tableau 46 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur l'activité spécifique de la catalase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 20 individus).	70
Tableau 47 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur l'activité spécifique de la catalase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les larves du quatrième stade de <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 20 individus).	71
Tableau 48 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le poids (mg) des individus de quelques stades chez <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 10 individus).	74
Tableau 49 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le poids corporel (mg) des individus de quelques stades chez <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 10 individus).	74
Tableau 50 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur la largeur du thorax (mm) des larves 4 et pupes chez <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 10 individus).	75
Tableau 51 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur la largeur du thorax (mm) des larves 4 et pupes chez <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 10 individus).	75
Tableau 52 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur la longueur des ailes (mm) des adultes mâles et femelles chez <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm \text{SD}$ , n = 3 répétitions comportant chacune 10 individus).	76
Tableau 53 : Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur la longueur des ailes (mm)	76

des adultes mâles et femelles chez *Culex pipiens*. ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Tableau 54 :	Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le volume corporel ( $\text{mm}^3$ ) des individus de quelques stades chez <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	77
Tableau 55 :	Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le volume corporel ( $\text{mm}^3$ ) des individus de quelques stades chez <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	77
Tableau 56 :	Effet du spiromesifène (DL50) sur la longueur (mm) de l'ovaire chez <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires).	78
Tableau 57 :	Effet du spiromesifène (DL50) sur la largeur (mm) de l'ovaire chez <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires).	79
Tableau 58 :	Effet du spiromesifène (DL50) sur le nombre d'ovocytes/paire d'ovaires enregistrés à différents temps au cours de la vie adulte chez les femelles de <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires).	79
Tableau 59 :	Effet du spiromesifène (DL50) sur la longueur de l'ovocyte basal ( $\mu\text{m}$ ) enregistrée à différents temps au cours de la vie adulte chez les femelles de <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires).	80
Tableau 60 :	Effet du spiromesifène (DL50) sur la largeur de l'ovocyte basal ( $\mu\text{m}$ ) enregistrée à différents temps au cours de la vie adulte chez les femelles de <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires).	81
Tableau 61 :	Effet du spiromesifène (DL50) sur le volume ( $10^{-3} \cdot \text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal enregistré à différents temps au cours de la vie adulte chez les femelles de <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires).	81
Tableau 62 :	Effet du spiromesifène (DL50) sur la longueur (mm) des testicules chez <i>Culiseta longiareolata</i> et <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire des testicules).	82
Tableau 63 :	Effet du spiromesifène (DL50) sur la largeur (mm) des testicules chez <i>Culiseta longiareolata</i> et <i>Culex pipiens</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire des testicules).	83
Tableau 64 :	Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g}$ /paire d'ovaires) à différents temps au cours de la vie adulte chez <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires).	83

Tableau 65 : Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g}$ /paire d'ovaires) enregistrés à différents temps au cours de la vie adulte chez <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires).	84
Tableau 66 : Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g}$ /paire d'ovaires) enregistrés à différents temps au cours de la vie adulte chez <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires).	85
Tableau 67 : Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en protéines testiculaires ( $\mu\text{g}$ /paire de testicules) à différents temps au cours de la vie adulte chez <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire de testicules).	85
Tableau 68 : Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en glucides testiculaires ( $\mu\text{g}$ /paire de testicules) à différents temps au cours de la vie adulte chez <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire de testicules).	86
Tableau 69 : Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en lipides testiculaires ( $\mu\text{g}$ /paire de testicules) à différents temps au cours de la vie adulte chez <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta longiareolata</i> ( $m \pm SD$ , $n = 3$ répétitions comportant chacune 25 paire de testicules).	87

## Liste des figures

Figures	Titres	Pages
Figure 1.	Présentation des sites d'étude.	7
Figure 2.	Site d'El Aoiunet, station 1.	8
Figure 3.	Site d'El Aoiunet, station 2	8
Figure 4.	Site d'El Aoiunet, station 3.	8
Figure 5.	Site de Morssot, station 1.	9
Figure 6.	Site de Morssot, station 2.	9
Figure 7.	Site de Morssot, station 3.	9
Figure 8.	Site de Boulhef Dyr, station 1.	10
Figure 9.	Site de Boulhef Dyr, station 2.	10
Figure 10.	Site de Boulhef Dyr, station 3.	10
Figure 11.	Site de Tébessa ville, station 1.	11
Figure 12.	Site de Tébessa ville, station 2.	11
Figure 13.	Site de Tébessa ville, station 3.	11
Figure 14.	Site d'Elma Labiod, Station 1.	12
Figure 15.	Site d'Elma Labiod, Station 2.	12
Figure 16.	Site d'Elma Labiod, Station 3.	12
Figure 17.	Diagramme Ombrothermique de la région de Tébessa (mars 2011- février 2012).	15
Figure 18.	Evolution saisonnière de pH de l'eau des gites larvaires El Aoiunet ( <b>A</b> ), Morssot ( <b>B</b> ), Boulhef Dyr ( <b>C</b> ), Tébessa ville ( <b>D</b> ) et Elma Labiod ( <b>E</b> ).	17
Figure 19.	Evolution saisonnière de l'oxygène dissous (mg.l-1) de l'eau des gites larvaires El Aoiunet ( <b>A</b> ), Morssot ( <b>B</b> ), Boulhef Dyr ( <b>C</b> ), Tébessa ville ( <b>D</b> ) et Elma Labiod ( <b>E</b> ).	18
Figure 20.	Evolution saisonnière de la conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de l'eau des gites larvaires El Aoiunet ( <b>A</b> ), Morssot ( <b>B</b> ), Boulhef Dyr ( <b>C</b> ), Tébessa ville ( <b>D</b> ) et Elma Labiod ( <b>E</b> ).	19
Figure 21.	Extraction des glucides, protéines et lipides totaux selon Shibko <i>et al.</i> (1966)	24
Figure 22.	La structure chimique du spiromesifène (Shaoyong <i>et al.</i> , 2010).	27
Figure 23.	Epines du peigne siphonal d' <i>Aedes caspius</i> .	37
Figure 24.	Ecailles du 8 <sup>ème</sup> segment abdominal d' <i>Aedes caspius</i> .	37
Figure 25.	Tergites abdominaux d' <i>Aedes caspius</i> .	37

Figure 26.	Extrémité abdominale de la femelle d' <i>Aedes caspius</i> .	37
Figure 27.	Mentum de <i>Culex hortensis</i> .	38
Figure 28.	Dent distale du peigne Siphonal (flèche) de <i>Culex hortensis</i> .	38
Figure 29.	Ecailles du 8 <sup>ème</sup> segment abdominal de <i>Culex hortensis</i> .	38
Figure 30.	Dent distale du peigne siphonal (flèche) de <i>Culex laticinctus</i> .	39
Figure 31.	Mentum de <i>Culex laticinctus</i> .	39
Figure 32.	Soies siphonal de <i>Culex pipiens</i> .	39
Figure 33.	Tergites abdominaux de <i>Culex pipiens</i> .	39
Figure 34.	Mentum de <i>Culex theileri</i> .	40
Figure 35.	Patte de <i>Culex theileri</i> .	40
Figure 36.	Tergites abdominaux (flèche) de <i>Culex theileri</i> .	40
Figure 37.	Nervure costale de <i>Culex perexiguus</i> .	41
Figure 38.	Tibia de la 3 <sup>ème</sup> patte chez <i>Culex perexiguus</i> .	41
Figure 39.	Peigne siphonal (flèches) de <i>Culiseta annulata</i> .	42
Figure 40.	Soies céphaliques (DD > CC) de <i>Culiseta annulata</i> .	42
Figure 41.	Dents du peigne siphonal (flèche) de <i>Culiseta longiareolata</i> .	43
Figure 42.	Taches d'écailles sombres sur l'aile (flèche) de <i>Culiseta longiareolata</i> .	43
Figure 43.	Trois bandes blanches longitudinales (flèche) de <i>Culiseta longiareolata</i> .	43
Figure 44.	Projection des sites d'études et des espèces dans le plan factoriel I, II	44
Figure 45.	Projection de la nature des gîtes et des espèces dans le plan factoriel I, II	45
Figure 46.	Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH) appliqué aux sites d'étude.	46
Figure 47.	Courbe de référence exprimant les probits en fonction des logarithmes décimaux des doses (R <sup>2</sup> : coefficient de détermination).	61
Figure 48.	Courbe de référence exprimant les probits en fonction des logarithmes décimaux des doses (R <sup>2</sup> : coefficient de détermination).	64
Figure 49.	Métamorphose incomplète (larve - puppe) chez <i>Culex pipiens</i> .	72
Figure 50.	Mue incomplète chez <i>Culex pipiens</i> .	72
Figure 51.	Emprisonnement des deux pâtes dans la cuticule pendant la mue chez <i>Culex pipiens</i> .	72
Figure 52.	Absence d'un ail chez <i>Culex pipiens</i> .	72
Figure 53.	Echec de l'exuviation imaginale (flèche) chez <i>Culiseta longiareolata</i> .	73
Figure 54.	Echec de la mue avec réduction de la taille de l'aile (flèche) chez <i>Culiseta longiareolata</i> .	73
Figure 55.	Perte de pattes (flèches) chez <i>Culiseta longiareolata</i> .	73



# **Introduction**

## INRODUCTION

Certains groupes de Diptères, comme les Culicidae, sont responsables des plus grandes endémies. Ils causent des problèmes de santé publique ou de nuisances socio-économiques. Les moustiques présentent un intérêt médical et vétérinaire puisqu'ils sont responsables de la transmission de plusieurs agents pathogènes causant chez l'homme et les animaux plusieurs maladies dont le paludisme qui concerne à lui seul plus de la moitié de la population mondiale (Kaufman *et al.*, 2011). Ils constituent un matériel d'étude très important pour les entomologistes (Boulkenafet, 2006). La plupart des espèces culicidiennes ont un comportement qui diffère d'une région à l'autre dans leur aire de répartition, ce qui influe sur leur rôle vecteur (Hassaine, 2002).

En Algérie, les Culicidés constituent les insectes piqueurs les plus nuisibles aux populations et continuent de transmettre des maladies infectieuses. Des campagnes de démoustication régulières sont menées contre ces insectes à la fois pour l'éradication de ces maladies et la réduction des nuisances au niveau du centre urbain et touristique. L'efficacité de telles luttes, qu'elles soient chimiques ou biologiques, est tributaire de la connaissance de la bioécologie de ces insectes. Les Culicidae présentent des caractères morphologiques généralement nets, permettant d'identifier facilement la famille et d'en donner une bonne description. En revanche, leur regroupement en sous-familles et en genres et en sous genres est beaucoup plus délicat.

Les classifications proposées par Theobald (1901-1910), Neveu-Lemaire (1902), Dyar & Knab (1906) et Alcolk (1911, in Kirkpatrick, 1925), ont subi de nombreuses modifications. Guitsevitch *et al.* (1974) scindent la famille des Culicidae en trois sous-familles : Anophelinae, Culicinae et Toxorhynchitinae. Senevet & Andarelli, dans leurs travaux sur les Culicidae du Nord africain distinguent trois sous-familles: **Anophelinae**, (Senevet, 1935, 1958; Senevet & Andarelli, 1956); **Aedinae**, (Senevet & Andarelli 1954, 1963a, 1963b, 1964a, 1964b, 1966) et **Culicinae**, (Senevet, 1947, 1949, 1954). Nous avons adopté également cette même classification.

Les plus anciens travaux réalisés sur les Culicidés d'Algérie remontent au siècle dernier. Les recherches effectuées ensuite par Clastrier (1941) constituent avec les travaux de Senevet & Andarelli (1954, 1956, 1958, 1959a, 1963a, 1963b, 1964b, 1966), une étape importante dans la connaissance de la faune Culicidienne Algérienne.

Au cours des vingt dernières années, la faune Culicidienne d'Algérie a fait l'objet d'un certain nombre de travaux qui s'intéressent plus particulièrement à la systématique, la biochimie, la morphométrie, la lutte chimique et biologique (Bendali, 1989; Laouabdia-Sellami, 1992; Rehim, 1993; Djebbar, 2000; Bendali *et al.*, 2001; Bendali, 2006; Boudjelida *et al.*, 2005, Tine-Djebbar, 2009).

La lutte chimique, avec essentiellement des pesticides chimiques de synthèse, continue à être le moyen majeur de contrôle des vecteurs (Cassida & Quistad, 1998). Cependant, l'utilisation des insecticides conventionnels a eu à long terme des effets secondaires avec notamment l'apparition d'espèces résistantes (Boyer, 2006 ; Toma *et al.*, 2011). Les impératifs environnementaux (Paoletti & Pimentel, 2000) ont encouragé la recherche de mesures d'urgence, basées sur l'élaboration de stratégies adéquates dans l'utilisation des pesticides et le développement de nouvelles molécules sélectives et à faibles risques écotoxicologiques (Dhadialla *et al.*, 2010; Hui *et al.*, 2013). Les données inhérentes aux insecticides, à leur toxicité et à leurs interactions avec les sites d'action chez les Arthropodes, à la connaissance des mécanismes biochimiques de résistance, sont essentielles pour la mise au point de telles stratégies (Haubruge & Amichot, 1998).

Le comportement d'un organisme vis-à-vis d'un xénobiotique dépend le plus souvent de la bioaccumulation, la biotransformation et l'excrétion de ce dernier. Les effets biologiques qui en résultent sont susceptibles de provoquer une altération d'une ou de plusieurs fonctions biologiques cellulaires et physiologiques qui modifient l'homéostasie et la capacité d'adaptabilité de ces organismes avec pour conséquence la remise en cause de la structure de leur population, mais aussi leur croissance, reproduction et voire même leur survie (Van der Oost *et al.*, 2003). Afin de prédire ces effets, des indicateurs biochimiques plus spécifiques peuvent être des systèmes d'alarmes précoces d'une contamination, ces indicateurs biochimiques sont les biomarqueurs (Viarengo *et al.*, 2007 ; Vigano *et al.*, 2008).

Les biomarqueurs mesurent l'interaction entre un système biologique et un agent environnemental. Ils peuvent être chimiques, physiques ou biologiques (Who, 1993). L'inhibition ou l'induction des biomarqueurs sont de bons outils écotoxicologiques pour évaluer l'exposition et les effets potentiels des xénobiotiques sur l'organisme (Ozmen *et al.*, 1999 ; Sturm *et al.*, 2000 ; Varo *et al.*, 2001 ; Hao & Chen, 2012). Les différents travaux scientifiques réalisés ont permis de classer les biomarqueurs suivant la spécificité de leur réponse à certaines molécules ou un type d'effet. Ainsi, classiquement, les auteurs distinguent

les biomarqueurs d'exposition, les biomarqueurs d'effets et les biomarqueurs de sensibilité (Lagadic *et al.*, 1997 ; Kammenga *et al.*, 2000).

Les biomarqueurs d'exposition sont induits par un type spécifique de polluants et de ce fait, leurs variations sont indicatrices d'exposition de l'organisme à cette classe de xénobiotique. Ces biomarqueurs sont dits spécifiques, tels que les enzymes biomarqueurs de la neurotoxicité comme l'acétylcholinestérase (AChE) et les enzymes de détoxification qui prennent en charge après leurs pénétrations dans les organismes, les polluants organiques qui vont subir grâce à ces enzymes des transformations métaboliques. Ces enzymes de détoxification augmentent l'hydrosolubilité des molécules qu'ils prennent en charge afin d'en faciliter l'élimination de l'organisme. Les réactions de biotransformation sont divisées en trois réactions : phase I, phase II et phase III. La phase I est assurée par des enzymes qui catalysent l'oxydation et la fonctionnalisation d'un xénobiotique par une réaction de monooxygénation (introduction d'un atome d'oxygène) de manière à le rendre plus réactif, ce qui facilite la suite de métabolisme. Cette phase fait intervenir essentiellement les monooxygénases à cytochrome P450 (CYP). La phase II est réalisée par des enzymes qui catalysent la conjugaison des molécules fonctionnalisées à des substrats endogènes rendant le xénobiotique plus soluble en formant un composé hydroxyle ayant une propriété hydrosoluble par ajout de composés endogènes hydrophiles (glutathion, acétate, sulfate...). Ces enzymes interviennent à la fois sur des xénobiotiques entrant dans la cellule et sur des molécules préalablement modifiées par les enzymes de la phase I. Parmi ces enzymes la plus sollicitée est la glutathion S-transférase (GST). Les enzymes de la phase III sont des enzymes d'excrétion regroupant les protéines membranaires capables d'expulser hors de la cellule un xénobiotique modifié par les enzymes de phase I et / ou de phase II (Parant, 1998 ; Ait-Aissa *et al.*, 2003).

Les biomarqueurs d'effets correspondent à une altération biologique qui, en fonction de l'intensité de la réponse, peut être associée à une altération de l'état physiologique et cellulaire de l'individu. Ces biomarqueurs sont dits non spécifiques et ils reflètent généralement des lésions au niveau physiologique tels que la croissance et la reproduction ou au niveau cellulaire comme les réserves métaboliques, la production énergétique et la respiration cellulaire (Halliwell & Gutteridge, 1999). Les biomarqueurs de sensibilité, indiquent que l'organisme a déjà été soumis aux mêmes xénobiotique et qu'il s'y est adapté. On peut citer la résistance, il s'agit surtout de modifications génétiques (Who, 1993).

Le potentiel reproducteur des insectes reste le facteur le plus important de leur indéniable pullulation. L'étude de la reproduction est donc capitale dans toute approche raisonnée pour diminuer sensiblement les dégâts causés par ces insectes. Le contrôle de la capacité

reproductrice des insectes est un élément fondamental auquel le physiologiste peut apporter une contribution significative.

Notre étude a été consacrée dans un premier chapitre à la détermination systématique des espèces de moustiques de la région de Tébessa. Des inventaires ont été établis dans différents sites d'études El Aouinet, Morssot, Boulhef Dyr, Tébessa ville, Elma Labiod.

Les espèces d'importance médicale (*Culex pipiens*, *Aedes caspui*, *Culex theileri*, *Culex perexiguus*) et vétérinaire (*Culiseta longiareolata*, *Culiseta annulata*) ont fait l'objet d'une étude morphométrique et biochimique (glucides, lipides et protéines) sur les larves du quatrième stade, nymphe et les adultes mâles et femelles.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de l'effet d'un nouvel insecticide/acaricide (inhibiteur des lipides), le spiromesifène à l'égard de deux espèces de moustiques, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Cet insecticide a déjà fait l'objet de travaux antérieurs (Bensafi-Gheraibia *et al.*, 2013) et est devenu un élément important dans le programme de gestion de la résistance (Horowitz & Ishaaya, 2004 ; Ishaaya & Horowitz, 2007). L'activité insecticide a permis de déterminer les paramètres de létalité et les activités de divers biomarqueurs, de neurotoxicité (acétylcholinestérase) de détoxification (glutathion-S-transférase et son cofacteur, le glutathion), de la peroxydation lipidique (malondialdéhyde) et la catalase.

Le troisième chapitre traite de l'impact du spiromesifène sur différents aspects physiologiques au niveau du corps (morphométrie) et des ovaires et testicules (analyse qualitative des protéines, glucides et lipides et paramètres morphométriques).



**MATERIEL ET  
METHODES**

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Présentation de la région de Tébessa

#### 2.1.1. Situation géographique

La wilaya de Tébessa se situe à l'Est de l'Algérie, sa superficie est de l'ordre de 13878 km<sup>2</sup> et elle s'élève à environ 960 m d'altitude au niveau de la mer. S'étendant entre 34,75° et 36° de latitude Nord, et entre 7,25° et 8,5° de longitude Est, la wilaya est limitée au Nord par la wilaya de Souk Ahras, au Sud par la wilaya d'El Oued, à l'Ouest par la wilaya d'Oum El Bouaghi et Khenchela, tandis qu'à l'Est par la frontière algéro-tunisienne (Fig. 1). La région offre des paysages variés. Elle est divisée en 28 communes; notre étude couvre cinq d'entre elles : El Aouinet, Morssot, Boulhef Dyr, Tébessa ville et Elma Labiod.

#### 2.1.2. Milieu naturel

##### 2.1.2.1. Relief

La wilaya de Tébessa qui chevauche sur des domaines physiques différents, elle est limitée :

- Au Nord, le domaine atlasique à structure plissée constituée par : les monts des Nememchas et les monts de Tébessa dont les sommets culminent au dessus de 1550m (Djebel ozmor 1591m ; Djebel Kemakem 1277m et Djebel Onk 1358m), les hauts plateaux proprement dits qui offrent des paysages ondulés fortement ravinés et couverts d'une végétation steppique à base d'alfa et d'armoise (plateau du Darmoun; Safsaf El Ouesra et Berzguel...) et les hautes plaines encaissées et encadrées par les reliefs décrits précédemment. Ce sont les plaines de Tébessa: Morsott; Mechentel: Behiret Larneb.
- Au sud, le domaine saharien à structure tabulaire constitué par le plateau saharien qui prend naissance au delà de flexure méridionale de l'Atlas saharien (sud du Djebel Onk, Djebel Labiod).

##### 2.1.2.2. Climat

La wilaya de Tébessa est une zone de transition météorologique, elle se distingue par quatre étages bioclimatiques:

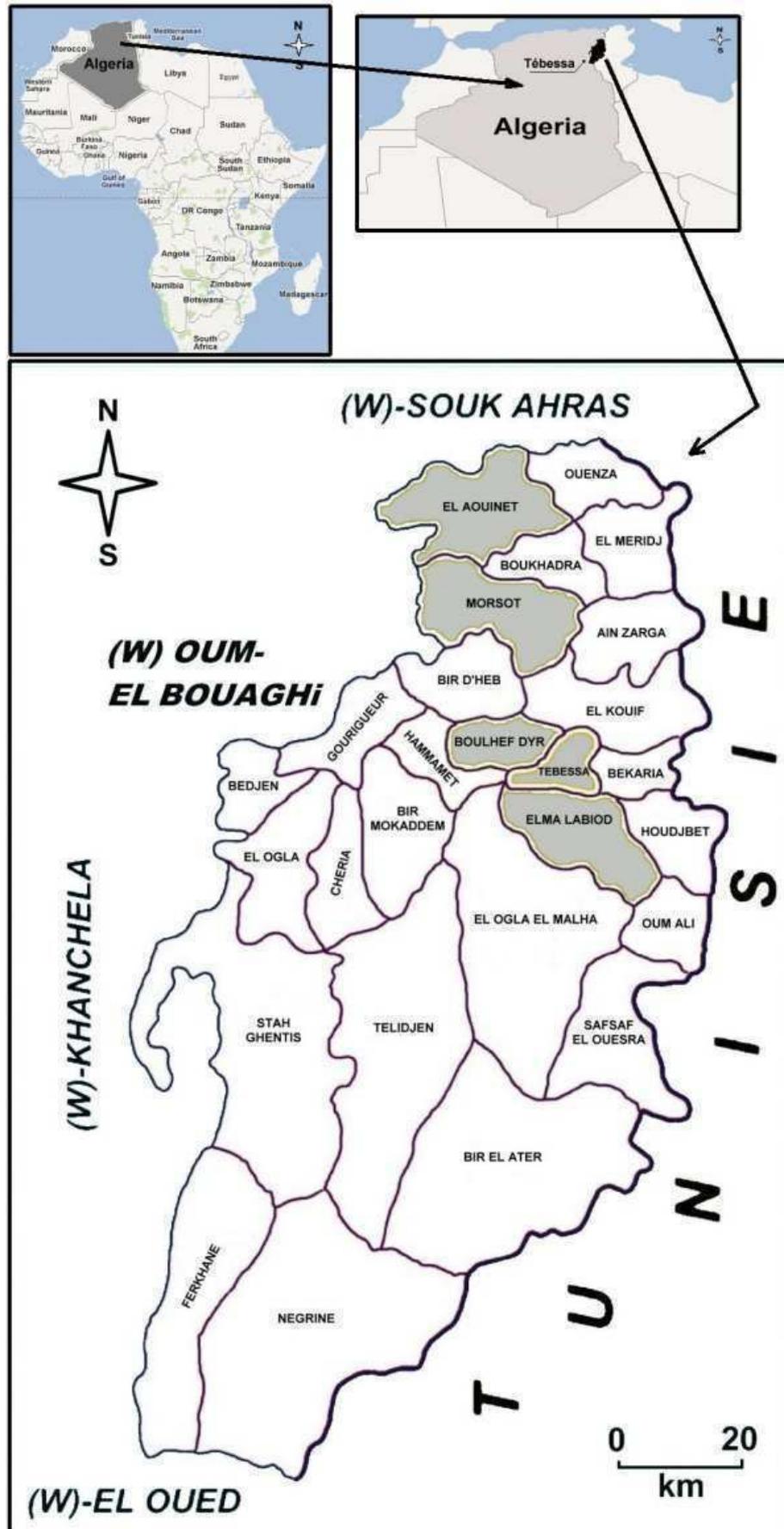
- le sub-humide (400 à 500 mm/an), très peu étendu, il est limité aux sommets de quelques reliefs (Djebel Serdies et Djebel Bouroumane);
- le semi-aride (300 à 400 mm/an), couvre toute la partie Nord de la wilaya; ce sont El Aouinet, Morssot, Boulhef Dyr, Tébessa ville.
- le sub-aride (200 à 300 mm/an), couvre les plateaux steppiques de Oum-Ali et Elma Labiod.

- l'aride ou saharien doux (inférieur à 200 mm/an), s'étend au-delà de l'Atlas saharien et couvre les plateaux de Negrine et Ferkane.

### **2.1.2.3. Hydrographie**

La wilaya de Tébessa, chevauche également sur deux grands systèmes hydrographiques:

- Le bassin versant de l'Oued Medjerda, lui même subdivisé en 4 sous bassin versants couvrant la partie Nord de Wilaya. L'écoulement y est exoréique assuré par une multitude de cours d'eau dont les plus importants sont: Oued Mellégué, Oued Chabro, Oued Serdiess, Oued Ksob, Oued ElKebir....etc.
- Le bassin versant de l'Oued Melghir qui couvre la partie Sud de la wilaya. L'écoulement y est endoréique, il est drainé par Oued Cheria, Oued Helail, Oued Mechra, Oued Safsaf, Oued Gheznet, Oued Djarech, Oued serdiss, qui aboutissent et alimentent les zones d'épandages situées au sud.



## 2.2. Présentation des sites d'étude

### 2.2.1. El Aouinet

La commune d'El Aouinet est située au nord du chef lieu de la wilaya, limitée au Nord par Souk Ahras, au Sud par Morssot et Boukhadra, à l'Ouest par Oum El Bouaghi tandis qu'à l'Est par Ouenza. L'étude a été effectuée dans trois stations: la première est un gîte artificiel (citerne : 2m×1m×1m), la deuxième station est un gîte naturel et la troisième est une vallée.



**Figure 2.** Site d'El Aouinet, station 1.



**Figure 3.** Site d'El Aouinet, station 2.



**Figure 4.** Site d'El Aouinet, station 3.

### 2.2.2. Morssot

Ce site situé au Nord du chef lieu de la wilaya, est limité au Nord par El Aouinet et Boukhadra au Sud par Bir D'heb, à l'Ouest par Oum El Bouaghi tandis qu'à l'Est par Ain Zarga et El Kouif. Le plan d'échantillonnage adopté divise le site en trois stations : la première station est un bassin, la deuxième une fosse d'accumulation des eaux usées, la troisième est un gîte (Fig. 5, 6 et 7).



**Figure 5.** Site de Morssot, station 1.



**Figure 6.** Site de Morssot, station 2.



**Figure 7.** Site de Morssot, station 3.

### **2.2.3. Boulhef Dyr**

Ce site situé au Nord Ouest du chef lieu de la wilaya, est limité au Nord par Bir D'heb, au Sud par la ville de Tébéssa et El Hammamet, à l'Ouest par El Hammamet tandis qu'à l'Est par El Kouif. Le plan d'échantillonnage adopté divise le site en trois stations: la première station est la vallée de Serdies, la deuxième est un marais et la troisième est une citerne.



**Figure 8.** Site de Boulhef Dyr, station 1.



**Figure 9.** Site de Boulhef Dyr, station 2.



**Figure 10.** Site de Boulhef Dyr, station 3.

#### **2.2.4. Tébessa ville**

Le site correspondant à la ville de Tébessa est située au centre de la wilaya; il est limité au Nord par El Kouif, au Sud par Elma Labiod, à l'Ouest par El Hammamet, Boulhef Dyr tandis qu'à l'Est par Bekkaria. La ville de Tébessa est divisée en 3 stations: la première est une fosse d'accumulation des eaux de pluie, située à l'extérieur de l'université (Fig. 11), la deuxième station correspond à un gîte artificiel (citerne : 2m×1m×1m) situé dans la cité de Skanska (Fig. 12), la troisième station située au Nord de la ville (cité Fatma Zohra) est représentée par des bassins (Fig. 13).



**Figure 11.** Site de Tébessa ville, station 1.



**Figure 12.** Site de Tébessa ville, station 2.



**Figure 13.** Site de Tébessa ville, station 3.

### 2.2.5. Elma Labiod

Ce site est situé au Sud du chef lieu de la wilaya, limité au Nord par Tébessa ville, au Sud par El Oglia et Oum Ali, à l'Ouest par El Oglia tandis qu'à l'Est par El Houidjbet. La ville est divisée en trois stations, la première est un gîte près d'une vallée (Elma Laswad) (Fig. 14), la deuxième station est un gîte situé au sud de la ville près de la route nationale 16 (Fig. 15), tandis que la troisième station est située au centre ville (Fig. 16).



**Figure 14.** Site d'Elma Labiod, Station 1.



**Figure 15.** Site d'Elma Labiod, Station 2.



**Figure 16.** Site d'Elma Labiod, Station 3.

### 2.3. Données climatiques de la région d'étude

La wilaya de Tébessa est située dans les hauts plateaux telliens, elle a un climat semi aride avec un hiver assez froid, faiblement neigeux. Les données climatiques relevées s'étalent sur une période d'une année (2011-2012) et ont été fournies par la station météorologique de Tébessa. Comme facteurs climatiques agissant sur la faune Culicidienne, aussi bien du point de vue diversité que répartition, il y a la pluviométrie, la température et l'humidité.

#### 2.3.1. Précipitations

Elle constitue un facteur écologique fondamental. Cette pluviométrie permet l'humidification du sol sur lequel se forment des gîtes favorables à la pullulation des moustiques. Les quantités de pluies tombées pendant chaque mois de la période d'étude sont mentionnées dans le tableau 1. On remarque une irrégularité en volume et en répartition du régime pluviométrique durant l'année 2011-2012. Les mois les plus pluvieux sont septembre, juillet et octobre avec respectivement 100,3 mm, 50,00 et 42,00 mm. Le total des précipitations enregistrées est de 373,7 mm.

**Tableau 1 :** Répartition mensuelle des précipitations (mm) sur une période d'une année (mars 2011- février 2012) dans la région de Tébessa, (Station météorologique de Tébessa, 2012).

Mois	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
Moyennes (mm)	23,3	32,4	20,0	22,7	50,0	10,0	100,3	42,0	3,8	6,7	24,8	37,70

### 2.3.2. Température

Selon Seguy (1930), la température a un rôle déterminant dans l'évolution biologique des Culicidés. Elle influence l'espérance de vie et la fécondité des adultes ainsi que la maturation des œufs. Elle agit également sur la vitesse de déplacement des individus (Seguy, 1951).

D'octobre à février, les températures sont basses, février étant le mois le plus froid avec une température moyenne de 4,3°C. De juin à septembre, la température marque des valeurs un peu élevées qui dépassent les 20°C. Le mois le plus chaud est juillet avec une température moyenne de 27,6° C (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Températures moyennes enregistrées durant une année (mars 2011- février 2012) dans la région de Tébessa (Station météorologique de Tébessa, 2012).

Mois	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
Moyennes (mm)	9,7	14,7	17,8	22,2	27,6	26,9	23,6	16,2	12,6	8,1	6,5	4,3

### 2.3.3. Humidité

L'humidité constitue un terrain propice aux moustiques qui ont fait leur apparition dans plusieurs départements. Les pourcentages d'humidité pendant chaque mois de la période d'étude sont mentionnés dans le tableau 3. On remarque une régularité en pourcentage d'humidité durant une année (mars 2011- février 2012). Les mois les moins humides sont juillet et août avec respectivement 36 et 44,2%).

**Tableau 3 :** Répartition mensuelle d'humidité (%) sur une période d'une année dans la région de Tébessa (mars 2011- février 2012) (Station météorologique de Tébessa, 2012).

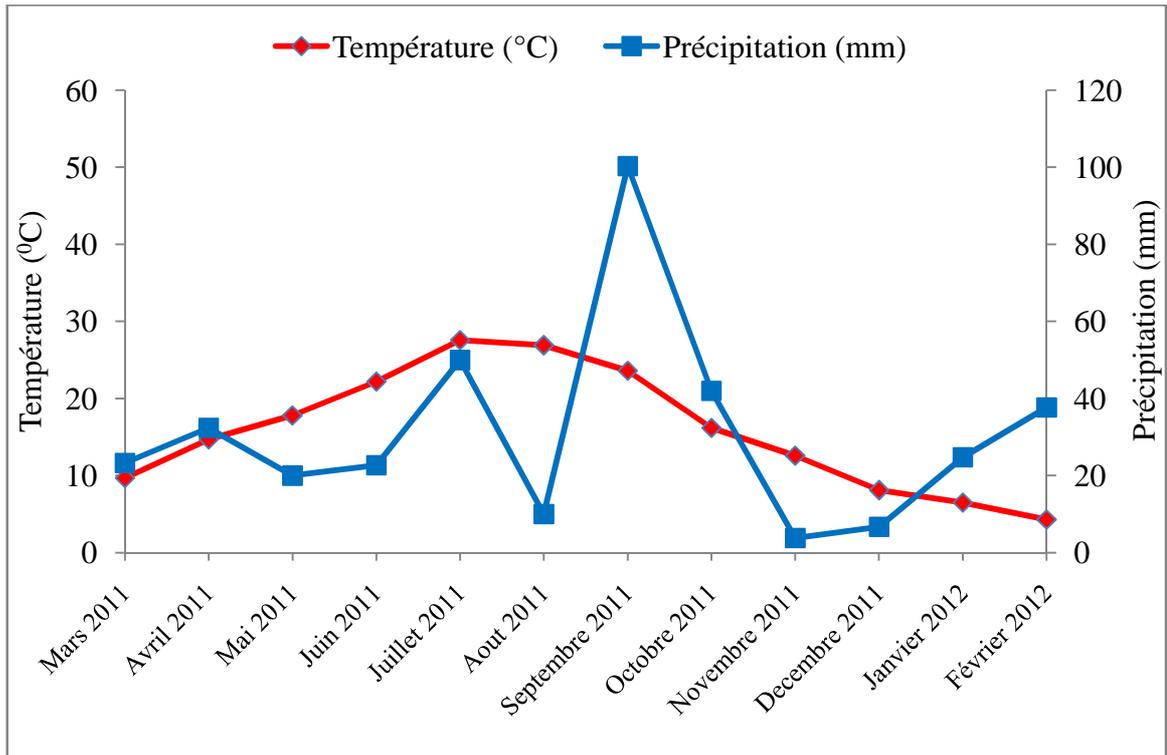
Mois	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
Humidité (%)	81,50	69,25	69,40	57,00	36,50	44,20	53,60	78,40	77,00	78,25	82,40	80,00

## 2.4. Classification du climat

La classification du climat ainsi que la détermination des mois secs est faites d'après le diagramme ombrothermique de Gaussen et le climagramme pluviothermique d'Emberger.

### 2.4.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen

Gaussen considère que la sécheresse s'établit lorsque pour un mois donné, le total des précipitations exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température exprimée en degré Celsius, soit  $P \leq 2T$  (Dajoz, 1971). Ainsi, le climat est sec quand la courbe des températures se trouve au dessus de celle des précipitations. Il est humide dans le cas contraire (Dreux, 1980). Le diagramme ombrothermique de l'année 2011-2012 met en évidence deux périodes bien distinctes, l'une sèche et l'autre humide (Fig. 17). La période sèche s'étend sur six mois environ allant du mois d'avril jusqu'au mi- aout. La période humide s'étale du début septembre jusqu'à la fin février entrecoupée par une période sèche en novembre - janvier.



**Figure 17.** Diagramme Ombrothermique de la région de Tébessa (mars 2011- février 2012).

## 2.5. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des gîtes

Les paramètres physico-chimiques jouent un rôle primordial, car ils interviennent non seulement dans la biologie de chaque espèce mais aussi dans la structure et la dynamique de la biocénose tout entière. Pour les moustiques, la nature de l'eau est un élément caractérisant le milieu dans lequel évoluent les stades pré-imaginaux.

En effet, le gîte larvaire des *Culicidae* lié aux caractéristiques physico-chimique de l'eau est déterminant dans la distribution et l'abondance des espèces à l'échelle de biotope. Les paramètres physico-chimiques de l'eau des gîtes sont mesurés sur terrain au moyen d'un appareil multiparamètre (pH, conductivité et oxygène dissous).

### 2.5.1. Potentiel d'hydrogène

Les résultats du pH obtenus au niveau des différents gîtes sont représentés dans la figure 18. Les valeurs les plus faibles sont observées en hiver au niveau de la station 1 des sites El Aouinet et Morssott, la station 3 du site Boulhef Dyr, et les stations 2 et 3 des sites de Tébessa ville et Elma Labiod. Ces valeurs varient de 7,3 en janvier à 7,5 en février, avec une augmentation en été atteignant les 8,5. Ces résultats caractérisent les citernes, les bassins et les gîtes artificiels. De plus, nous avons enregistré une similitude des valeurs avec une augmentation du pH au printemps atteignant les 9,4 au niveau du site Boulhef Dyr suivie

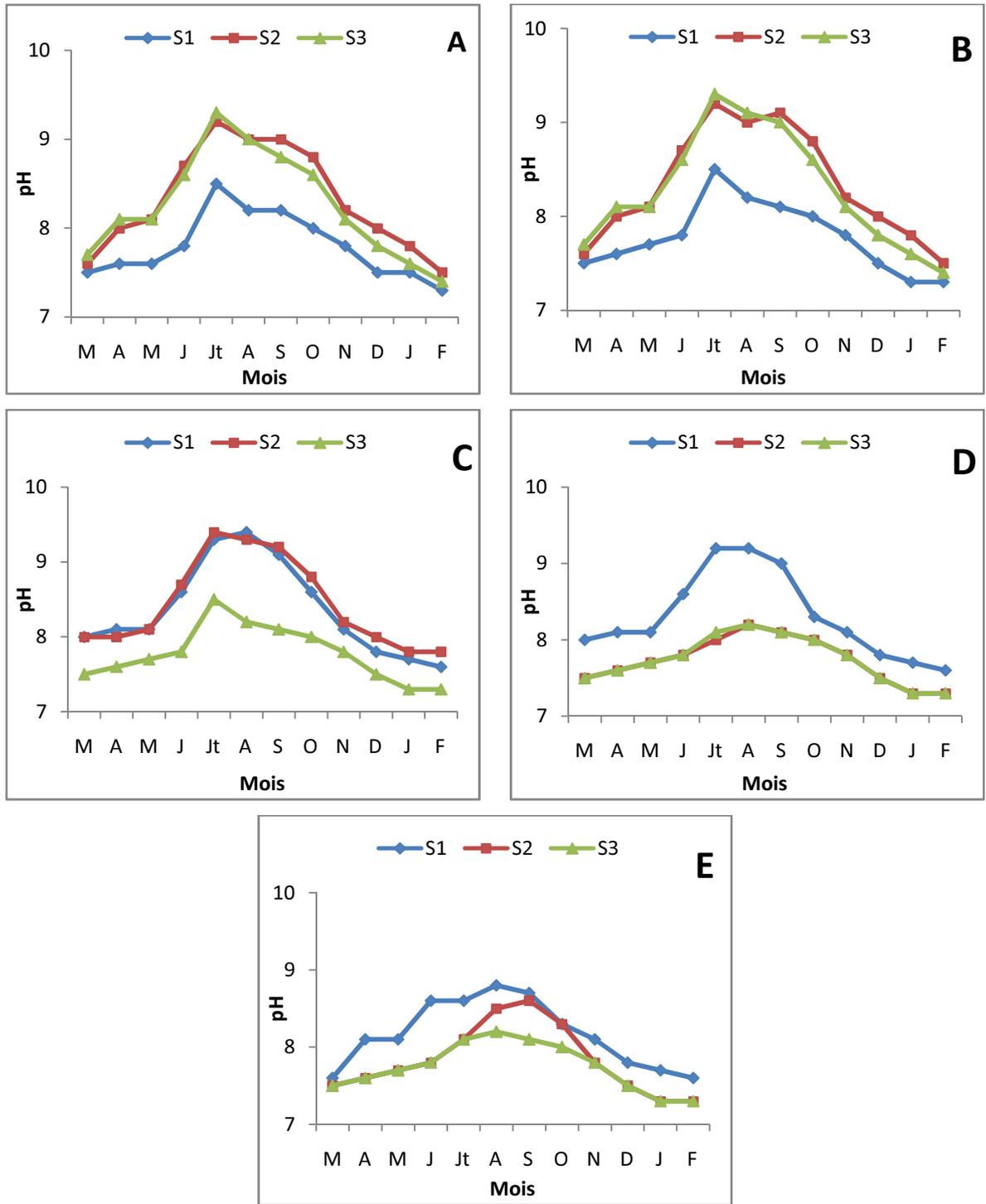
d'une légère diminution en hiver avec un pH 8,1 (l'eau des gîtes naturels, les fosses d'accumulation, les frontières des vallées...).

### **2.5.2. Oxygène dissous**

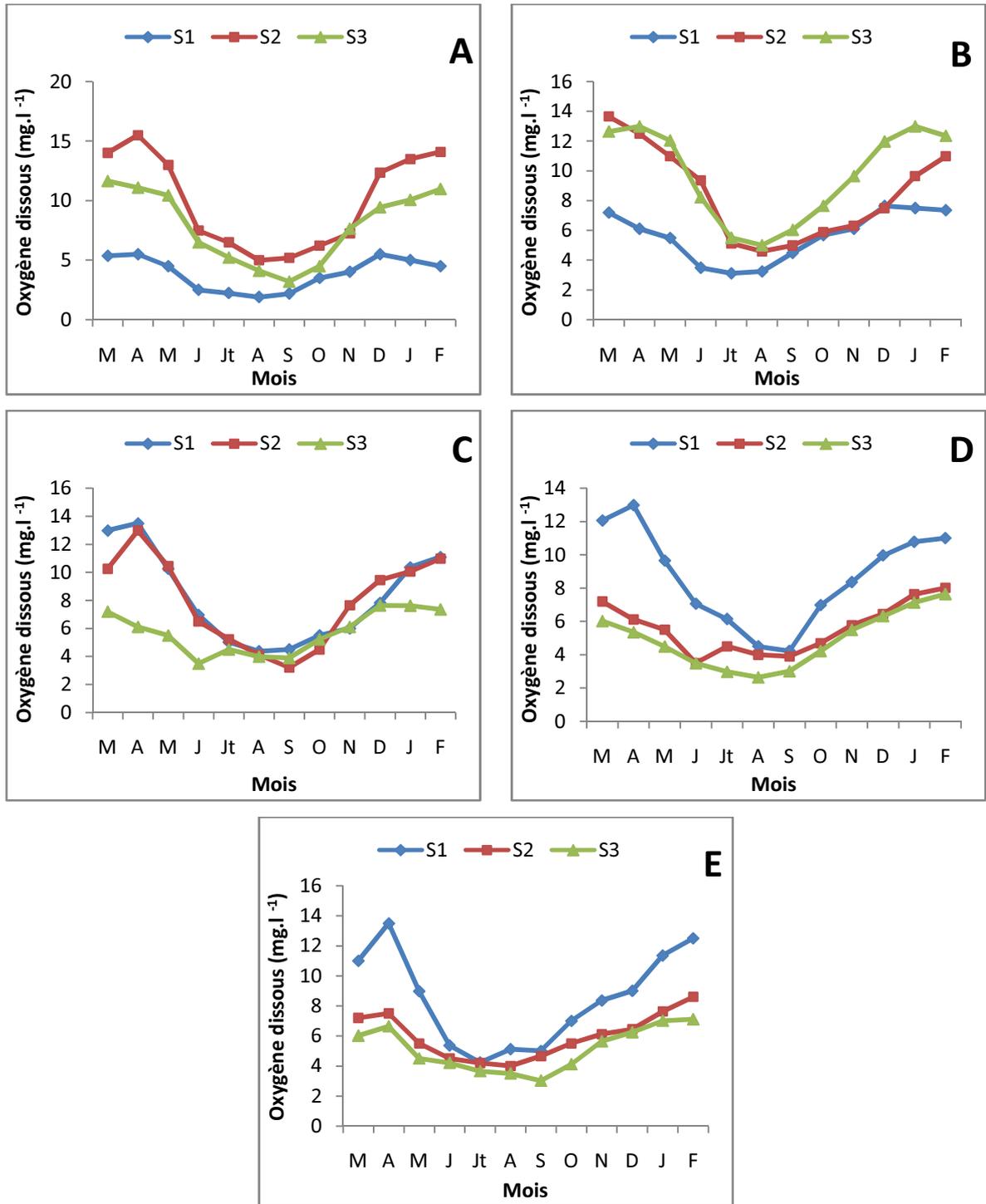
Les données de l'oxygène dissous des différents gîtes des trois stations sont présentées dans la figure 19. Les teneurs les plus faibles sont affichées en été au niveau de la station 1 d'El Aouinet et Morssot, la station 3 de Boulhef Dyr, les stations 2 et 3 de Tébessa ville et les trois stations d'Elma Labiod. Par contre, les fortes valeurs sont signalées en hiver et au printemps au niveau de tous les sites avec un pic atteignant les  $15 \text{ mg.l}^{-1}$  au printemps au niveau du site d'El Aouinet.

### **2.5.3. Conductivité électrique**

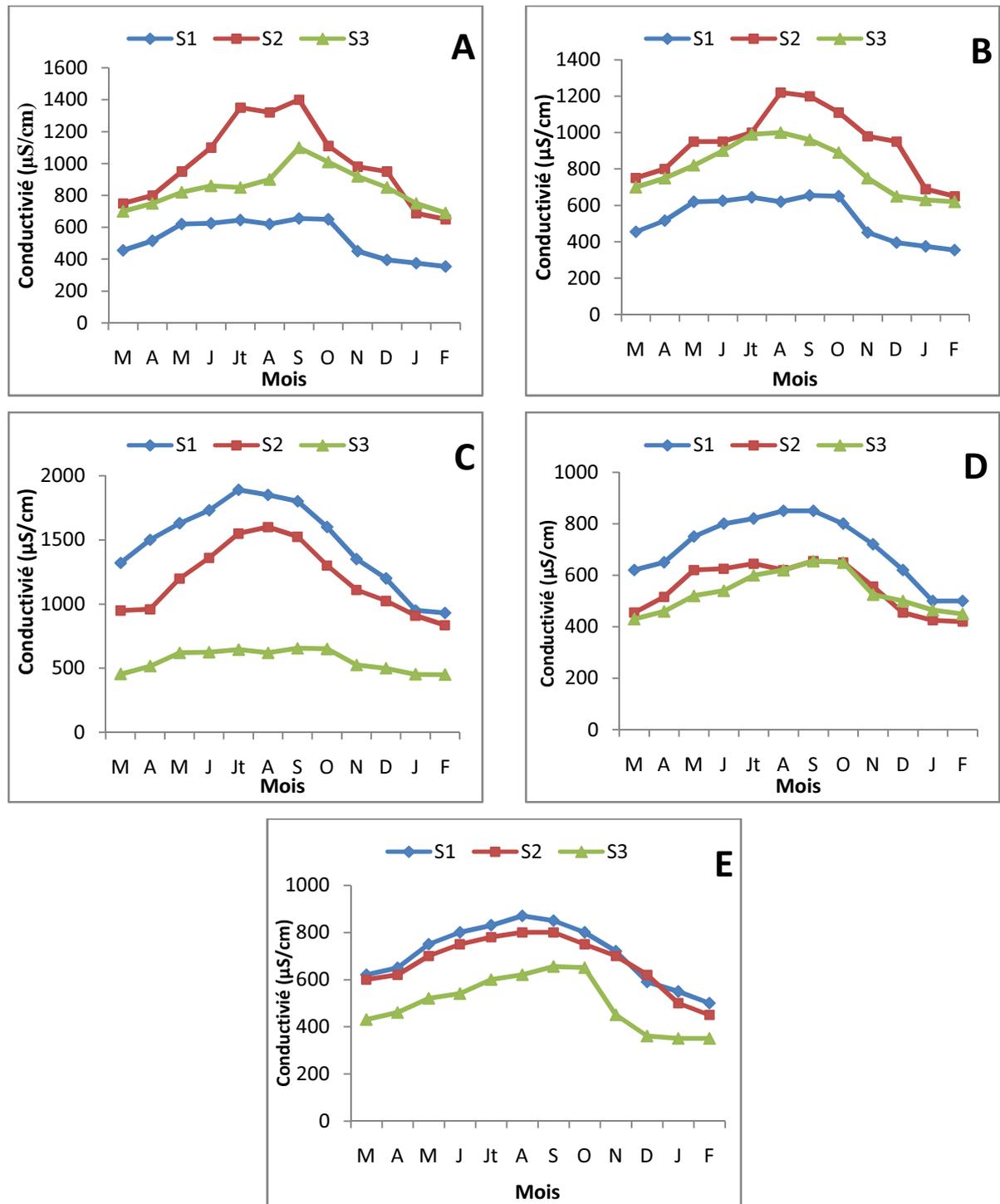
Les résultats présentés dans la figure 20, montrent de faibles valeurs en hiver au niveau de la station 1 d'El Aouinet et Morssot, la station 3 de Boulhef Dyr, et la station 2 et 3 de Tébessa ville et Elma Labiod. La conductivité passe de  $355 \mu\text{S/cm}$  en janvier à  $500 \mu\text{S/cm}$  en février. Par contre, les valeurs les plus élevées sont observées en été avec un pic atteignant les  $1850 \mu\text{S/cm}$  au niveau du site de Boulhef Dyr (Mares).



**Figure 18.** Evolution saisonnière du pH de l'eau de gîtes larvaires d'El Aouinet (A), Morsot (B), Boulhef Dyr (C), Tébessa ville (D) et Elma Labiod (E).



**Figure 19.** Evolution saisonnière de l'oxygène dissous (mg/L) de l'eau des gîtes larvaires d'El Aoiunet (A), Morssot (B), Boulhef Dyr (C), Tébessa ville (D) et Elma Labiod (E).



**Figure 20.** Evolution saisonnière de la conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de l'eau des gîtes larvaires d'El Aoiunet (A), Morssot (B), Boulhef Dyr (C), Tébessa ville (D) et Elma Labiod (E).

## 2.6. Choix des stations d'études

Une prospection préliminaire effectuée en zone urbaine et rurale, nous a permis d'inventorier quelques gîtes larvaires potentiels. Parmi ces gîtes, cinq sites ont retenu notre attention. Les critères pris en compte dans le choix des gîtes larvaires sont: la présence des larves de Culicidés dans un lot de gîte, l'accessibilité, la pérennité et le non traitement par les insecticides.

## **2.7. Echantillonnage et identification des populations culicidiennes**

### **2.7.1. Méthode adoptée sur le terrain**

L'échantillonnage couvre cinq sites différents dans la wilaya de Tébessa et chaque site est divisé en stations. Dans chaque station, cent prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une louche de 500 millilitres. Cette dernière est plongée dans l'eau puis déplacée d'un mouvement uniforme en évitant les remous.

### **2.7.2. Méthode adoptée au laboratoire**

Actuellement, seules les larves ayant atteint le quatrième stade font l'objet d'une identification fiable. Les larves une fois récoltées sont triées par espèce, dénombrées et déterminées. Elles sont conservées dans de l'alcool à 70° et regroupées par station. Le tube porte une étiquette indiquant le lieu et la date du prélèvement. Les nymphes sont élevées jusqu'à l'émergence, L'identification est faite également sur l'imago.

Les larves dont les caractères de détermination sont souvent microscopiques, doivent être montées entre lame et lamelle. Elles reçoivent donc un traitement spécial. La technique de préparation est similaire à celle utilisée par Matile (1993). Les larves sont plongées dans une solution de potasse (KOH) à 10 % où elles demeurent pendant 12 à 24 heures jusqu'à l'éclaircissement désiré. Les larves subissent ensuite deux bains de 2 à 3 minutes dans l'eau distillée afin de les débarrasser de la potasse. Elles sont transvasées dans une solution d'alcool absolu pendant 3 minutes, puis dans le toluène pur pendant quelques secondes. A l'aide d'une épingle fine, chaque larve est sectionnée en deux parties sous la loupe binoculaire au niveau de son septième segment abdominal. La partie antérieure est montée sur la face ventrale, le reste du corps est monté latéralement entre lame et lamelle dans une goutte de baume de Canada. La lame doit porter une étiquette sur laquelle la date de prélèvement, le lieu de récolte et l'appellation de l'espèce sont mentionnés. L'observation et la détermination de l'espèce se fait au microscope optique.

## **2.8. Techniques d'identification des Culicidae**

La systématique des Culicidae de la région de Tébessa a été étudiée principalement à l'aide de deux logiciels d'identification: de Schaffner *et al.* (2001) pour les moustiques d'Europe et de Bruhnes *et al.* (1999) pour les moustiques de l'Afrique méditerranéenne, et une clé dichotomique (Himmi *et al.*, 1995).

L'identification de la femelle repose sur la morphologie externe: répartition et couleur des écailles, structure de l'aile et celle de l'extrémité postérieure abdominale permettant la distinction des genres et des espèces. Chez les mâles, la structure et la chétotaxie de l'hypopygium sont nécessaires pour la détermination du genre et des espèces. Les larves du

quatrième stade sont très utilisées dans ce domaine, vu la facilité de leur pêche et leur chétotaxie qui permet l'identification des espèces et des sous-espèces.

## **2.9. Techniques d'élevage**

### **2.9.1. A l'état larvaire**

Les œufs et les larves de moustiques sont récoltés des différents sites d'échantillonnages. Les larves sont élevées dans des récipients contenant 150 ml d'eau déchlorurée et nourries avec 0,04 g du mélange biscuit 75% - levure 25% (Rehimi & Soltani, 1999). L'eau est renouvelée chaque deux jour. Le régime alimentaire joue un grand rôle dans la fécondité car les protéines permettent à la femelle de pondre plus d'œufs par rapport aux femelles nourries de sucre seulement (Wigglesworth, 1972). Lorsque les larves atteignent le stade nymphal, elles sont placées dans des récipients et déposées dans des cages où elles se transformeront en adulte.

### **2.9.2. A l'état adulte**

Les adultes de Culicidae sont nourris de raisin sec et de datte. Le repas sanguin, indispensable à la ponte, nécessite l'introduction d'un pigeon dans la cage pendant la nuit.

## **2.10. Indices écologiques**

Les indices écologiques qui retiennent notre attention pour l'exploitation de nos résultats sont la qualité de l'échantillonnage, la richesse totale et moyenne, la fréquence, la constance, l'indice de Shannon-Waever et l'indice d'équirépartition.

### **2.10.1. Indices de composition**

#### **2.10.1.1. Richesse spécifique (ou totale) et moyenne**

La richesse totale d'un peuplement est le nombre d'espèces (S) rencontrées dans la région d'étude, tandis que la richesse moyenne (S') est le quotient du nombre total d'individu (Ki) pour chacune des espèces sur le nombre total de relevés (N) effectués, C'est-à-dire :  $S' = Ki / N$ .

#### **2.10.1.2. Fréquence centésimale ou abondance relative**

La fréquence F permet d'étudier la distribution d'une espèce dans une région donnée et de dire si elle est commune, rare ou très rare.

Elle est donnée par la formule suivante:  $F = (ni \cdot 100) / N$

ni: le nombre d'individus de l'espèce prise en considération

N: le nombre total d'individus

- Espèce commune : Présente dans plus de 50 % de relevés.
- Espèce rare : Présente dans 25 à 50 % de relevés.
- Espèce très rare : Présente dans moins de 25 % de relevés

### **2.10.1.3. Constance ou fréquence d'occurrence appliquée au peuplement Culicidien**

La constance C, est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce i prise en considération, divisé par le nombre total de relevés (Dajoz, 1971); elle s'exprime de la manière suivante :  $C = p/N \times 100$

P : le nombre de relevés contenant l'espèce,

N : le nombre de relevés effectués.

Selon la valeur de C, on distingue les catégories suivantes:

- Espèce omniprésente si  $C = 100\%$
- Espèce constante si  $75\% \leq C < 100\%$ .
- Espèce régulière si  $50\% \leq C < 75\%$
- Espèce accessoire si  $25\% \leq C < 50\%$
- Espèce accidentelle si  $5\% \leq C < 25\%$
- Espèce rare si  $C \leq 4\%$

## **2.10.2. Indices de structure**

### **2.10.2.1. Indice de diversité de Shanon – Weaver**

L'indice de diversité de Shanon et Weaver ( $H'$ ), est la quantité d'information apportée par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre diverses espèces (Daget, 1976). Il se calcule comme suit:

$$H' = -\sum_{i=1}^{i=n} [p_i \cdot \text{Log}_2 p_i] \quad \text{ou} \quad p_i = n_i / N$$

$H'$  : Diversité spécifique.

N : Effectif total du peuplement

$n_i$  : Effectif de l'espèce i

Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèce, dont la distribution d'abondance est équilibrée. A l'inverse, une valeur faible de cet indice correspond soit à un peuplement caractérisé par un nombre d'espèces faible pour un nombre d'individus élevé, soit à un peuplement dans lequel il y'a une espèce dominante.

### 2.10.2.2. Equitabilité (équirépartition)

L'équitabilité constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité (Ramade, 1984). Elle est le rapport entre la diversité spécifique (H') et la diversité maximale (Hmax), elle s'exprime comme suit:

$$E = H' / H_{\max} \quad \text{avec} \quad H_{\max} = \text{Log}_2(S)$$

S : étant le nombre d'espèces formant le peuplement.

L'équitabilité permet de comparer les structures des peuplements. La valeur de E varie de 0 à 1; elle tend vers 0 quand les différentes populations ne sont pas en équilibre entre elles et lorsque la quasi-totalité des effectifs est concentré sur une espèce, elle tend vers 1 quand il existe un équilibre entre les populations et lorsque toutes les espèces ont une même abondance.

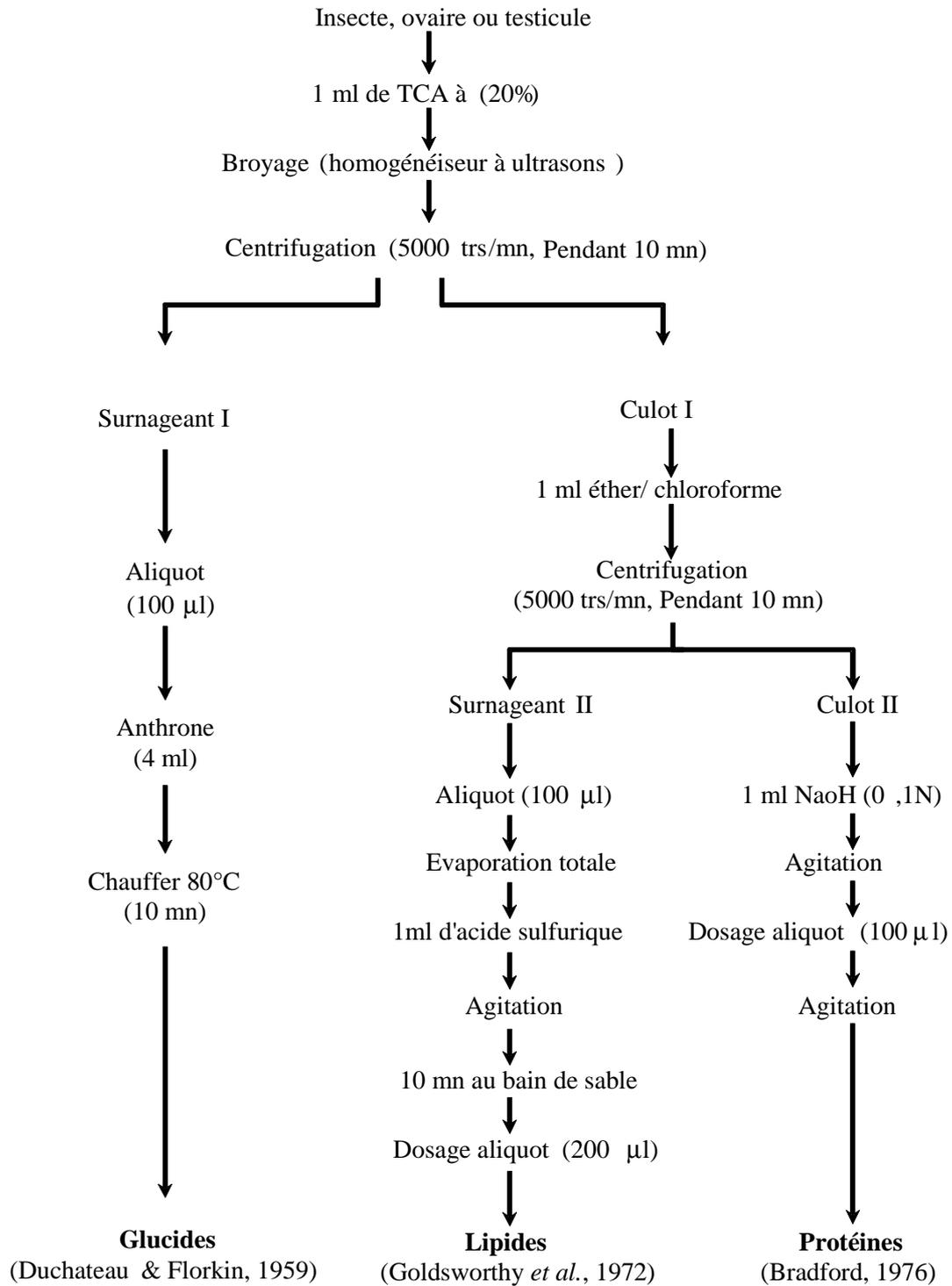
### 2.11. Etude morphométrique

Plusieurs paramètres morphométriques de certaines espèces importantes (transmission de maladie), inventoriées dans la région d'étude ont été pris en considération:

- Largeur du thorax pour les larves du quatrième stade,
- Largeur du céphalothorax pour les nymphes
- Et la longueur des ailes des adultes mâles et femelles.

### 2.12. Extraction et dosage des principaux constituants biochimiques

L'extraction des différents métabolites a été réalisée selon Shibko *et al.* (1966) et les principales étapes sont résumées dans la figure 21. Les échantillons sont placés dans des tubes eppendorf contenant 1 ml d'acide trichloracétique (TCA) à 20 % et broyés à l'aide d'un homogénéiseur à ultrason. Après une première centrifugation (5000 trs / min à 4°C, 10 mn), le surnageant I obtenu est utilisé pour le dosage des glucides totaux selon la méthode de Duchateau & Florkin (1959). Au culot I, on ajoute 1 ml de mélange éther/chloroforme (1V/1V) et après une seconde centrifugation (5000 trs/min, 10 mn), on obtient le surnageant II et le culot II, le surnageant II sera utilisé pour le dosage des lipides (Goldworthy *et al.*, 1972) et le culot II, dissout dans la soude (0,1 N), servira au dosage des protéines selon Bradford (1976).



**Figure 21.** Extraction des glucides, protéines et lipides totaux selon Shibko *et al.* (1966).

### 2.12.1. Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de Bradford (1976) dans une fraction aliquote de 100  $\mu$ l à laquelle on ajoute 4 ml de réactif du bleu brillant de comassie (BBC) G 250 (Merck). La solution de BBC, se prépare comme suit: On homogénéise 100 mg de BBC, dans 50 ml d'éthanol 95°, on y ajoute ensuite 100 ml d'acide orthophosphorique à 85% et on complète à 1000 ml avec l'eau distillée. La durée de la conservation du réactif est de 2 à 3 semaines à 4°C. Celui-ci révèle la présence des protéines en les colorants en bleu. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine de sérum de bœuf (Sigma) titrant 1 mg/ml (Tableau 4).

**Tableau 4 :** Dosage des protéines totales chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution standard d'albumine ( $\mu$ l)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée ( $\mu$ l)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité d'albumine ( $\mu$ g)	0	20	40	60	80	100

### 2.12.2. Dosage des glucides totaux

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon Duchateau & Florkin (1959). Elle consiste à additionner 100  $\mu$ l du surnageant contenu dans un tube à essai, 4 ml du réactif d'anthrone et de chauffer le mélange à 80 °C pendant 10 mn, une coloration verte se développe dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de glucide présente dans l'échantillon, la lecture de l'absorbance est faite à une longueur d'onde de 620 nm. La préparation du réactif d'anthrone se fait comme suit : peser 150 mg d'anthrone, ajouter 75 ml d'acide sulfurique concentré et 25 ml d'eau distillée. On obtient une solution limpide de couleur verte qui est stockée à l'obscurité. La gamme d'étalonnage est effectuée à partir d'une solution mère de glucose (1mg/ml).

**Tableau 5 :** Dosage des glucides totaux chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de glucose ( $\mu\text{l}$ )	0	20	40	60	80	100
Eau distillée ( $\mu\text{l}$ )	100	80	60	40	20	0
Réactif d'anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité de glucose ( $\mu\text{g}$ )	0	20	40	60	80	100

### 2.12.3. Dosage des lipides totaux

Les lipides totaux ont été déterminés selon la méthode de Goldsworthy *et al.* (1972) utilisant le réactif sulfo-phospho-vanillinique. Le dosage des lipides se fait sur des prises aliquotes de 100  $\mu\text{l}$  des extraits lipidiques ou de gamme étalon aux quelles on évapore totalement le solvant puis on ajoute 1ml d'acide sulfurique concentré, les tubes sont agités, et mis pendant 10 mn dans un bain de sable à 100 °C. Après refroidissement, on prend 200  $\mu\text{l}$  de ce mélange au quel on ajoute 2,5 ml de réactif sulfo-phospho-vanillinique. Après 30 mn à l'obscurité, la densité optique est lue dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 530 nm. Les lipides forment à chaud avec l'acide Sulfurique, en présence de la vanilline et d'acide orthophosphorique, des complexes roses. Le réactif est préparé comme suit :

Dissoudre 0,38 g de vanilline dans 55 ml d'eau distillée et ajouter 195 ml d'acide orthophosphorique à 85%. Ce réactif se conserve pendant 3 semaines à 4 °C et à l'obscurité. La solution mère des lipides est préparée comme suit : on prend 2,5 mg d'huile de table (tournesol 99% triglycérides) dans un tube eppendorf on ajoute 1 ml d'éther chloroforme (1V/1V).

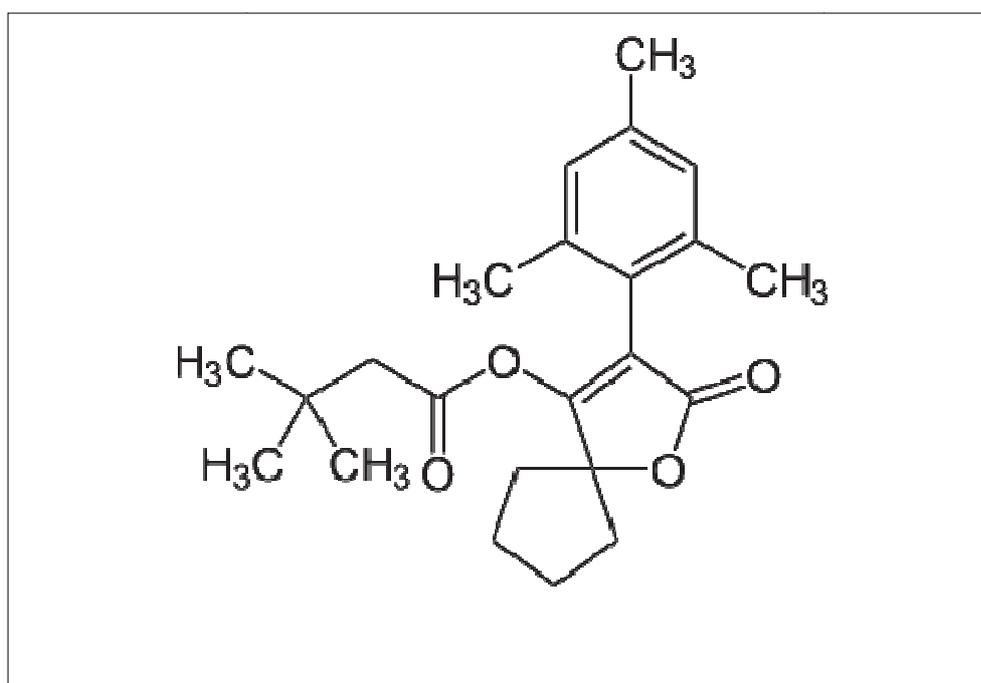
**Tableau 6 :** Dosage des lipides totaux chez les moustiques : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de lipides ( $\mu\text{l}$ )	0	20	40	60	80	100
Solvant (éter /chloroforme) (1V/1V) ml	100	80	60	40	20	0
Quantité de lipides ( $\mu\text{g}$ )	0	50	100	150	200	250

### 2.13. Présentation de l'insecticide et traitement

Le spiromesifène (Oberon® 240 SC : solution concentrée ; Bayer Crop Science, Germany) a été aimablement fourni par Pr. G. SMAGGHE (Université de Gand, Belgique).

Différentes doses du spiromesifène (238, 476, 714, 952, 1428 µg/L) ont été appliquées dans des récipients contenant 200 ml d'eau et 25 larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, selon les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (Anonyme, 1983). Après 24h de traitement, les larves sont rincées et placées dans de nouveaux récipients contenant de l'eau propre et de la nourriture. La mortalité des individus est enregistrée chaque jour jusqu'à l'émergence.



**Figure 22.** Structure chimique du spiromesifène (Shaoyong *et al.*, 2010).

### 2.14. Etude toxicologique

Une étude toxicologique a été menée chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* au cours du quatrième stade larvaire, afin de mettre en évidence l'efficacité du spiromesifène et de définir les concentrations létales (DL50, DL90). L'essai est conduit en utilisant différentes doses: 238, 476, 714, 952, 1428 µg/L; pour chacune des doses, il est effectué trois répétitions comportant chacune 20 individus. Par ailleurs, une série témoin est conduite en parallèle pour chaque répétition.

La mortalité des individus est enregistrée jusqu'à l'émergence. La mortalité observée est ensuite corrigée selon la formule d'Abbott (1925), afin d'éliminer la mortalité naturelle. Les

pourcentages de mortalités observées subissent une transformation angulaire suivant Bliss cité par Fisher & Yates (1957). Les données obtenues font l'objet d'une analyse de la variance à deux critères de classification (âge, doses). L'analyse des probits (Finney, 1971), réalisée sur les données corrigées, permet d'obtenir les doses létales (DL), puis la méthode de Swaroop (1957) et Swaroop & Vemura (1966) précisent les intervalles de confiance des DL estimés.

### 2.15. Prélèvement et morphométrie des ovaires

Les femelles de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* des séries témoins et traitées sont échantillonnées à différents âges de la vie adulte 2, 4 et 6 jours après la mue imaginaire. Les ovaires sont prélevés et différents paramètres morphométriques sont considérés à savoir, le nombre d'ovocytes par paire d'ovaires, la taille (longueur et largeur) de l'ovocyte basal ainsi que le volume de l'ovocyte basal ; ce dernier, exprimé en mm<sup>3</sup>, est obtenu grâce à la formule de Lambreas *et al.* (1991) :

$$V = 4\pi / 3(L/2)(1/2)^2$$

### 2.16. Dosage des biomarqueurs

Les larves du quatrième stade des séries témoins et traitées ont été utilisés pour le dosage de l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase (AChE), des glutathion S-transférases (GST), du taux du glutathion (GSH), du malondialdéhyde (MDA) et la catalase.

Tous les dosages ont été menés sur des échantillons biologiques prélevés à 24, 48 et 72 heures après traitement avec le spiromésifène à deux concentrations : 555,37 et 1366,7 µg/L, correspondant à la DL50 et la DL90. Par ailleurs, la concentration en protéines et lipides totaux des différents échantillons a été préalablement déterminée suivant la méthode de Bradford et Goldsworthy respectivement (décrite plus haut), afin de pouvoir calculer les différentes activités spécifiques et le taux du glutathion et malondialdéhyde. Des séries témoins sont réalisées parallèlement.

#### 2.16.1. Activité de l'acétylcholinestérase

Le dosage de l'acétylcholinestérase (AChE) est réalisé selon la méthode d'Ellman *et al.* (1961) qui consiste à fournir à l'enzyme un substrat, l'acétylthiocholine (ASCh) dont l'hydrolyse libère de la thiocholine (SCh) et de l'acide acétique. La thiocholine, en présence de DTNB (acide 5, 5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque) forme un complexe de couleur jaune dont l'intensité est lue à une longueur d'onde de 412 nm.

Les larves 4 des séries témoins et traitées avec le spiromesifène à la DL50 et la DL90 des deux espèces, sont homogénéisées dans 1 ml de solution détergente [38,03 mg éthylène glycol tris beta aminoethyl éther NNN'N' (EGTA); 1ml de Triton X 100 %; 5,845 g de chlorure de sodium (NaCl) et 80 ml tampon Tris 10 mM, pH 7] puis centrifugées (5000trs/mn). Le surnageant récupéré servira comme source d'enzyme.

Le dosage de l'activité AChE est réalisé sur une fraction aliquote de 100 µl à laquelle on ajoute 100 µl de DTNB [39,6 mg DTNB, 15 mg CO<sub>3</sub>HNa (bicarbonate de sodium), 10 ml tampon tris (0,1 M, pH 7)] et 1 ml de tampon tris (0,1 M, pH 7). Après 3 à 5 minutes, 100 µl de substrat acétylthiocholine [23,6 mg ASCh, 1 ml eau distillée] sont ajoutés. L'essai est conduit avec 3 répétitions comportant chacune 20 individus avec une série témoin. La lecture des absorbances s'effectue toutes les 4 mn pendant 20 minutes à une longueur d'onde de 412 nm contre un blanc où la solution détergente remplace le surnageant. L'activité spécifique est calculée selon la formule suivante:

$$X = \frac{\Delta Do/mn}{1.36 \times 10^4} \times \frac{Vt}{Vs} / \text{mg de protéines}$$

X : micromole de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines (µM/min/mg de protéines).

Δ Do : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

1,36 x 10<sup>4</sup> : coefficient d'extinction molaire du DTNB (M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>).

Vt : volume total dans la cuve : 1,3 ml [0,1 ml surnageant + 0,1 ml DTNB + 1 ml tampon tris (0,1 M, pH 7) + 0,1 ml acétylthiocholine].

Vs : volume du surnageant dans la cuve : 0,1 ml.

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

### 2.16.2. Dosage des glutathion S-transférases

La mesure de l'activité des glutathion S-transférases (GSTs) est déterminée selon la méthode de Habig *et al.* (1974). Elle est basée sur la réaction de conjugaison entre la GST et un substrat, le CDNB (1-chloro 2, 4 dinitrobenzène) en présence d'un cofacteur le glutathion (GSH) et mesurée à une longueur d'onde de 340 nm dans un spectrophotomètre visible /UV.

Les échantillons des séries témoins et traitées des deux espèces sont homogénéisés dans 1 ml de tampon phosphate (0,1 M ; pH 6). L'homogénat est centrifugé à 1400 trs/ mn pendant 30 mn et le surnageant récupéré servira comme source d'enzyme.

Le dosage consiste à faire réagir 200 µl du surnageant avec 1,2 ml du mélange CDNB (1mM)/GSH (5mM) [20,26 mg CDNB, 153,65 mg GSH, 1 ml éthanol, 100 ml tampon phosphate (0,1 M, pH 6)]. L'essai est conduit avec 3 répétitions comportant chacune 20 individus avec une série témoin. La lecture des absorbances est effectuée toutes les minutes pendant 5 minutes à une longueur d'onde de 340 nm contre un blanc contenant 200 µl d'eau distillée remplaçant la quantité de surnageant.

L'activité spécifique est déterminée d'après la formule suivante:

$$X = \frac{\Delta Do/mn}{9,6} \times \frac{Vt}{Vs} / \text{mg de protéines}$$

X : millimoles de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines (mM/min/mg de protéines).

$\Delta Do$  : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

9,6 : coefficient d'extinction molaire du CDNB ( $\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ).

Vt : volume total dans la cuve : 1,4 ml [0,2 ml surnageant + 1,2 ml du mélange CDNB/GSH].

Vs : volume du surnageant dans la cuve : 0,2 ml.

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

### 2.16.3. Dosage du glutathion

Le taux du glutathion (GSH) est quantifié selon la méthode de Weckberker & Cory (1988), dont le principe repose sur la mesure colorimétrique de l'acide 2-nitro 5-mercaptopurique, résultant de la réduction de l'acide 5-5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque (DTNB) par les groupements thiol (-SH) du glutathion mesuré à une longueur d'onde de 412 nm.

Le dosage s'effectue après homogénéisation des échantillons témoins et traités des deux espèces dans 1 ml d'une solution d'éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) à 0,02 M [7,448 g EDTA, 1000 ml eau distillée]. Afin de protéger les groupements thiols du glutathion, l'homogénat doit subir une déprotéinisation par l'acide sulfosalicylique (ASS) à 0,25 % [0,25 g ASS, 100 ml eau distillée] où 0,2 ml du ASS sont additionnés à 0,8 ml d'homogénat. Le mélange après agitation est plongé dans un bain de glace pendant 15 mn, puis centrifugé à 1000 trs/mn pendant 5 mn.

Un aliquote de 500 µl de l'homogénat (séries témoins et traitées) récupéré est ajouté à 1 ml du tampon tris/ EDTA (0,02 M, pH 9,6) [63,04 g tris, 7,4448 g EDTA, 1000 ml eau distillée] et

0,025 ml de DTNB (0,01 M) [3,96 g DTNB, 1000 ml méthanol absolu]. L'essai est conduit avec 3 répétitions comportant chacune 20 individus avec une série témoin. La lecture des absorbances s'effectue à une longueur d'onde de 412 nm après 5 minutes de repos pour la stabilisation de la couleur contre un blanc où les 500 µl de surnageant sont remplacés par 500 µl d'eau distillée.

Le taux du glutathion est estimé selon la formule suivante :

$$X = \frac{\Delta Do}{13,1} \times \frac{Vd}{Vh} \times \frac{Vt}{Vs} \quad / \quad \text{mg de protéines}$$

X : micromole de substrat hydrolysé par mg de protéines (µM / mg de protéines).

Δ Do : différence de la densité optique obtenue après hydrolyse du substrat.

13,1 : coefficient d'extinction molaire concernant le groupement thiol (-SH)(mM<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>).

Vd : volume total des solutions utilisées dans la déprotéinisation : 1 ml [0,2 ml ASS + 0,8 ml homogénat].

Vh : volume de l'homogénat utilisé dans la déprotéinisation : 0,8 ml.

Vt : volume total dans la cuve : 1,525 ml [0,5 ml surnageant + 1 ml tris / EDTA + 0,025 ml DTNB].

Vs : volume du surnageant dans la cuve : 0,5 ml.

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

#### 2.16.4. Dosage du malondialdéhyde

Le malondialdéhyde (MDA) est dosé selon la méthode de Draper & Hadley (1990) basée sur la mesure colorimétrique de la réaction entre l'acide thiobarbiturique (TBA) et le malondialdéhyde (MDA) donnant un produit rouge brun dont l'intensité de la coloration est mesurée à une longueur d'onde de 532 nm.

Les larves du quatrième stade témoins et traitées de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, sont prélevées à différentes périodes (24, 48, 72 heures), l'essai est conduit avec 3 répétitions comportant 20 individus. Les larves sont broyées aux ultrasons dans 1 ml de tampon tris-HCl (50 mM, pH 7,5) [1,5137 g tris, 0,0730 g EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique), 42,78 g sucrose, 250 ml eau distillée]. Une fois l'homogénéisation réalisée, une centrifugation est effectuée pendant 10 mn à 1000trs / mn et le surnageant récupéré servira au dosage du MDA (Fig. 27).

Le dosage est réalisé avec 500 µl du surnageant additionné de 2,5 ml de TCA [100 g TCA,

1000 ml eau distillée]. Après chauffage au bain marie à 100 °C pendant 15 mn et refroidissement dans de la glace, une centrifugation est effectuée à 1000 trs / mn pendant 10 mn. Une fraction aliquote de 2 ml du surnageant est alors prélevée à la quelle on ajoute 1 ml de TBA [6,7 g TBA, 1000 ml eau distillée]. Après un second chauffage (100 °C, 15 mn) et après refroidissement dans de la glace, 1,5 ml de butanol sont rajoutés. Après agitation, une dernière centrifugation (10000 trs / mn, 10 mn) est réalisée et le surnageant constitué de 1 ml de butanol renfermant les complexes TBA / MDA est récupéré et une lecture des absorbances est effectuée à 532 nm contre un blanc (tampon tris-HCl).

Le taux du MDA est déterminé selon la formule suivante :

$$X = \frac{\Delta Do}{156} \times \frac{V_t}{V_s} / \text{mg de protéines}$$

X : micromole de substrat hydrolysé par mg de protéines ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines).

$\Delta Do$  : différence de la densité optique obtenue après hydrolyse du substrat.

156 : coefficient d'extinction molaire du TBA.

$V_t$  : volume total dans la cuve : 1 ml [volume total du butanol récupéré renfermant les complexes TBA / MDA].

$V_s$  : volume du surnageant utilisé dans le dosage : 0,5 ml.

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

### 2.16.5. Dosage de la catalase

Le dosage de la catalase (CAT) est réalisé selon la technique de Claiborne (1985). Cette technique est basée sur la mesure spectrophotométrique de la réduction de l'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) en une molécule d'oxygène ( $\text{O}_2$ ) et deux molécules d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en présence de la CAT à une longueur d'onde UV de 240 nm, selon la réaction suivante :

Catalase



Les larves du quatrième stade témoins et traitées de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, sont prélevées à différentes périodes (24, 48, 72 et 96 heures), l'essai est conduit avec 3 répétitions comportant 20 individus. Les larves sont homogénéisées dans 1ml de tampon phosphate (100 Mm, pH 7,4), puis centrifugées à 15000 trs/mn, pendant 10 mn. Le surnageant récupéré servira comme source d'enzyme.

Le dosage de l'activité de la catalase s'effectue dans une cuve de spectrophotomètre en quartz à 25<sup>0</sup>C, sur une fraction aliquote de 50 µl du surnageant dilué de façon à se situer entre 1 et 1,5 mg de protéines/ml, soit 0,05 à 0,75 mg dans la cuve, à la quelle on ajoute 750 µl de tampon phosphate (100 Mm, pH 7,4). Après agitation, la lecture est effectuée au spectrophotomètre. L'activité décroît rapidement, il est donc important de mettre toujours le même temps entre le pipetage du surnagent et le moment où on place la cuve dans le spectrophotomètre.

La lecture des absorbances s'effectue après 15 secondes d'attente toutes les 5 secondes pendant 30 secondes à une longueur d'onde de 240nm contre un blanc avec 800 µl de tampon phosphate (100Mm, pH 7,4), et 200 µl de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

L'activité spécifique est calculée selon la formule suivante :

$$X = \frac{D_0max - D_0min}{0,04} \text{ mg de protéines}$$

X : micromole de substrat réduit par minute et par mg de protéines (µM/mn/mg de protéines).

D<sub>0</sub> max : densité optique maximum obtenue.

D<sub>0</sub> min : densité optique minimum obtenue.

0,04 : coefficient d'extinction molaire du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (cm<sup>-1</sup> .mM<sup>-1</sup>).

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

## 2.17. Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée grâce au logiciel MINITAB (version 16, Penn State College, PA, USA), Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne ± l'écart-type (SD). Les quantités des métabolites (protéines, glucides et lipides) sont déterminées à partir des courbes d'étalonnage dont l'équation de la droite de régression exprime l'absorbance en fonction de la quantité du standard utilisé (albumine, glucose et l'huile de tournesol). Le test t de Student et l'analyse de la variance à un et deux critères de classification, ont été utilisés.

### 2.17.1. Analyse factorielle des correspondances

L'Analyse Factorielle des Correspondances (**A.F.C**) est l'une des façons les plus efficaces pour interpréter les données et de les traiter. Selon Legendre et Legendre (1984), l'analyse factorielle des correspondances est une méthode descriptive qui permet le traitement des variables qualitatives. De ce fait, elle fournit d'une part une analyse de la variable et d'autre part une analyse de la répartition des individus. L'analyse factorielle des correspondances

(A.F.C) est essentiellement un mode de représentation graphique des tables de contingences (Delagarde, 1983).

### **2.17.2. Classification ascendante hiérarchique**

La Classification Ascendante Hiérarchique (**C.A.H**) a pour but de constituer des groupes homogènes d'objets (classes) sur la base de leur description par un ensemble de variables, ou à partir d'une matrice décrivant la similarité ou la dissimilarité entre les objets

### **2.17.3. Analyse de covariance**

L'Analyse de la covariance consiste à modéliser une variable dépendante quantitative en utilisant des variables explicatives quantitatives et qualitatives dans le cadre du modèle linéaire (Xlsta version, 2013).

## **CHAPITRE 1**

**Inventaire, écologie et caractérisation  
morphométrique et biochimique des  
moustiques de la région de Tébessa**

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Inventaire des Culicidae

La liste des espèces de Culicidés recensées dans les sites : El Aouinet, Morssot, Boulhef Dyr, Tébessa ville et Elma Labiod est dressée dans le tableau 7. L'examen des résultats permet de mettre en évidence l'existence de 8 espèces de Culicidae appartenant à une seule sous-famille, celle des Culicinae, où on a noté la présence de trois tribus: la tribu des Aedini est représentée par une seule espèce: *Aedes caspius*, la tribu des Culicini comprenant un seul genre, celui des *Culex* avec cinq espèces : *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex perexiguus* et *Culex laticinctus*, et enfin la tribu des Culisetini représentée par deux espèces, *Culiseta longiareolata* et *Culiseta annulata*.

L'analyse de la composition en espèces de Culicidae dans les différents sites d'étude montre d'abord que chaque milieu présente une particularité faunistique. En effet, d'après le tableau 8, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* se trouvent dans tous les types de gîte qu'ils soient artificiels ou naturels. De plus, le site Boulhef Dyr est le plus riche en espèces (8 espèces) comparativement aux autres sites où le nombre d'espèce varie entre 2 à 6.

**Tableau 7 :** Liste des espèces de Culicidae inventoriées dans les sites d'étude (mars 2011- février 2012).

Famille	Sous famille	Tribu	Genre	Sous genre	Espèce
Culicidae	Culicinae	Aedini	<i>Aedes</i>	<i>Ochlerotatus</i>	<i>Aedes caspius</i> Pallas, 1771
		Culicini	<i>Culex</i>	<i>Culex</i>	<i>Culex pipiens</i> Linné, 1758
					<i>Culex theileri</i> Theobald, 1903
					<i>Culex laticinctus</i> Edwards, 1913
					<i>Culex perexiguus</i> Theobald, 1903
					<i>Culex hortensis</i> Ficalbi, 1889
		Culisetini	<i>Culiseta</i>	<i>Allotheobalda</i>	<i>Culiseta longiareolata</i> Aitken, 1954
				<i>Theobaldia</i>	<i>Culiseta annulata</i> Schrank, 1770

**Tableau 8 :** Nombre d'espèces rencontrées dans les sites d'étude de la région de Tébessa.

Espèces	Sites				
	El Aouinet	Morssot	Boulhef Dyr	Tébessa	Elma Labiod
<i>Aedes caspius</i>	-	-	+	-	-
<i>Culex hortensis</i>	+	+	+	-	-
<i>Culex laticinctus</i>	+	-	+	-	-
<i>Culex pipiens</i>	+	+	+	+	+
<i>Culex theileri</i>	+	+	+	-	-
<i>Culex perexiguus</i>	+	+	+	-	-
<i>Culiseta annulata</i>	-	-	+	-	-
<i>Culiseta longiareolata</i>	+	+	+	+	+
Nombre d'espèce	6	5	8	2	2

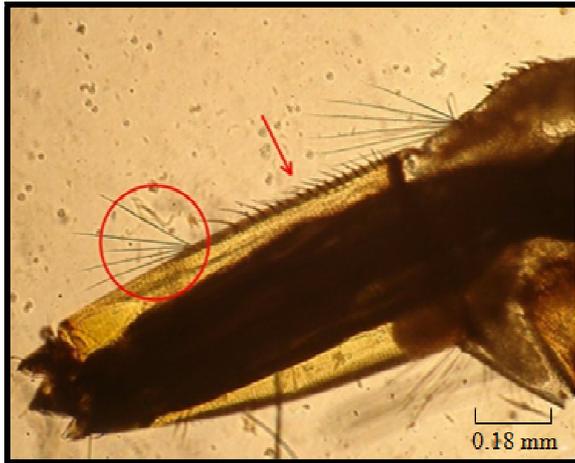
+ et - signifie la présence / absence de l'espèce dans le site.

### 3.2. Présentation des espèces inventoriées

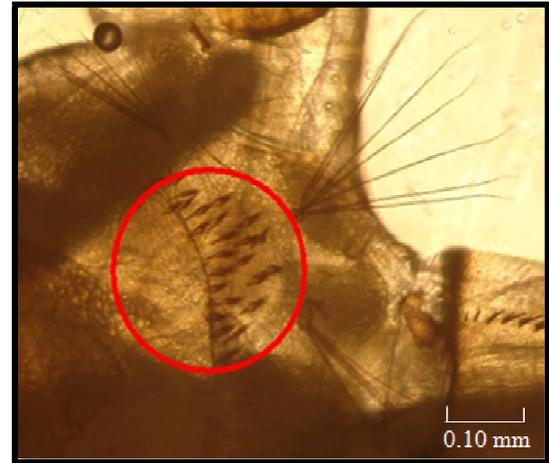
#### *Aedes caspius* Pallas, 1771

L'espèce est multivoltine, le plus souvent de grande taille (mares, marais, rizières, canaux..) mais parfois de dimensions plus réduites (fossés, puits abandonnés..). Elle est présente dans des gîtes assez variés avec en générale une végétation abondante. L'éclosion différée de quelques œufs fait que les larves peuvent être présentes presque toute l'année dans les gîtes. Les femelles piquent tous les vertébrés à sang chaud, surtout à l'extérieur des habitations. Anthrophiles, elles sont souvent responsables de nuisance, jusque dans les cités éloignées des gîtes larvaires. Les imagos peuvent se déplacer sur plus de 40 km pour rechercher leur repas sanguin. *Aedes caspius* est vecteur de filaires animales et d'arbovirus (Tahyna, virus de la myxomatose), peut être infecté naturellement par le virus West Nile et dissémine la tularémie (Schaffner *et al.*, 2001).

Le siphon de la larve porte une touffe apicale, les épines du peigne siphonique sont implantées régulièrement, la soie antennaire est en touffe et les écailles du 8<sup>ème</sup> segment sont toutes sans épines médianes (Figs. 23 et 24). Chez l'adulte, l'extrémité abdominale de la femelle est effilée et le cerque est allongé, les tergites abdominaux claires ornés de deux croissants latéraux (Figs. 25 et 26).



**Figure 23.** Epines du peigne siphonal d'*Aedes caspius*.



**Figure 24.** Ecailles du 8<sup>ème</sup> segment abdominal d'*Aedes caspius*.



**Figure 25.** Tergites abdominaux d'*Aedes Caspius*.

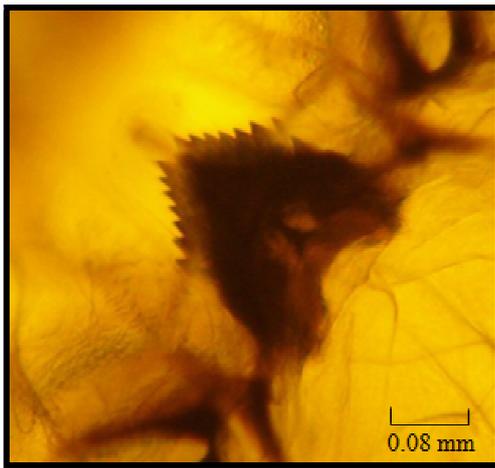


**Figure 26.** Extrémité abdominale de la femelle d'*Aedes caspius*.

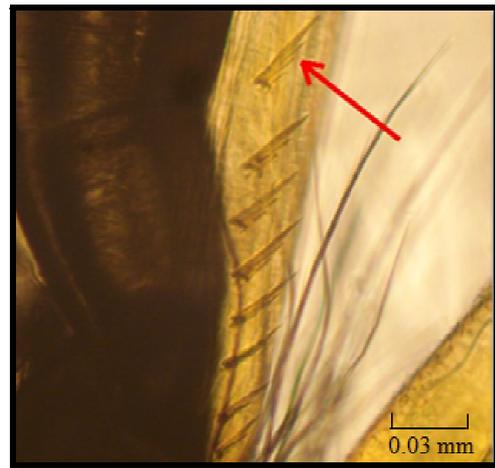
### *Culex hortensis* Ficalbi, 1889

D'après Senevet & Andarelli (1959), *Culex hortensis* est largement répandue dans tout le pourtour méditerranéen. Brunhes *et al.* (1999) rapportent que la femelle adulte ne semble pas piquer l'homme ; elle serait comme d'autres *Neoculex* parasite de Batraciens. Aucune transmission de parasitoses humaines ne leur est attribuée (Schaffner *et al.*, 2001).

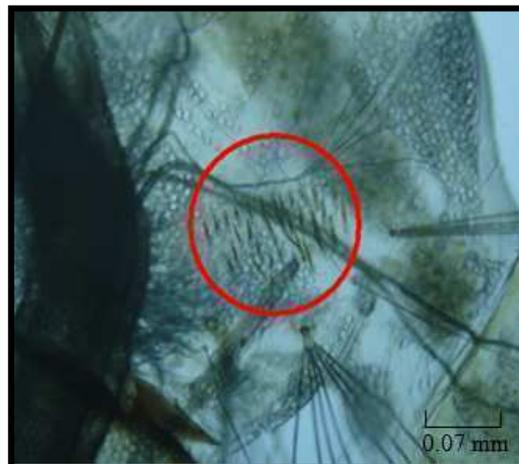
Le mentum de la larve est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane; la dent distale du peigne siphonal est constituée de 3 à 5 denticules basaux et les écailles du 8<sup>ème</sup> segment sont toutes sans épines médianes (Figs. 27, 28 et 29). Chez les adultes, le tergite III est pourvu de taches latéro-postérieures claires et les écailles recouvrant la coxa de la première patte sont claires et sombres.



**Figure 27.** Mentum de *Culex hortensis*.



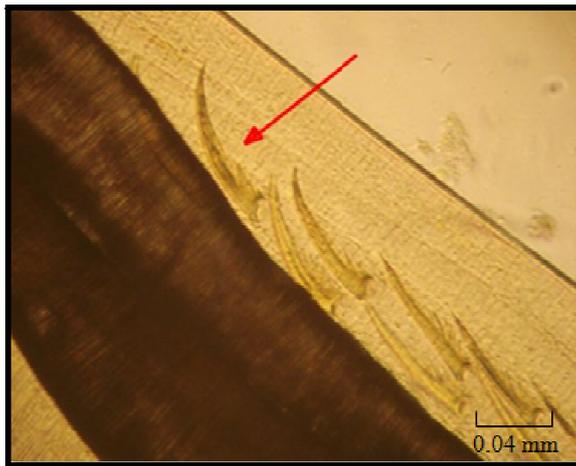
**Figure 28.** Dent distale du peigne Siphonal (flèche) de *Culex hortensis*.



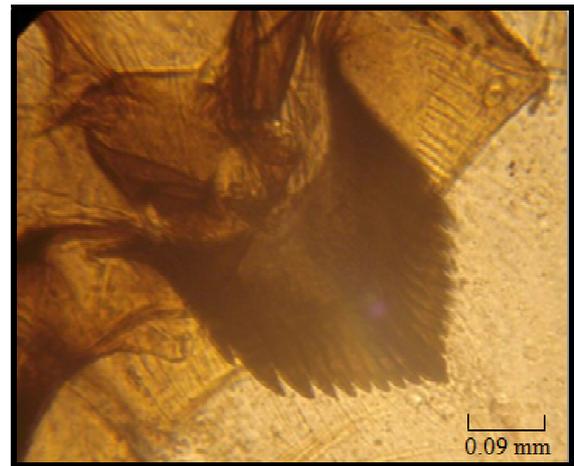
**Figure 29.** Ecailles du 8<sup>ème</sup> segment abdominal de *Culex hortensis*.

### ***Culex laticinctus* Edwards, 1913**

Les gîtes larvaires sont très variés. Les larves se développent dans de l'eau stockée (citernes, fûts, bassins, puits) mais aussi dans des trous des rochers, des puits, des sources, des canaux d'irrigation, des flaques temporaires d'importance variable. L'eau de ces gîtes est très généralement douce mais elle peut être aussi très légèrement saumâtre. Les femelles n'ont été observées ni dans les habitations ni piquant l'homme. *Culex laticinctus* est sans importance médicale (Schaffner *et al.*, 2001). Le mentum de la larve de cette espèce est constitué de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane et la dent distale du peigne siphonal contient moins de 3 denticules basaux (Figs.30 et 31). Alors que chez l'adulte des bandes claires larges sont en position proximale sur les segments abdominaux.



**Figure 30.** Dent distale du peigne siphonal (flèche) de *Culex laticinctus*.



**Figure 31.** Mentum de *Culex laticinctus*.

### *Culex pipiens* Linné, 1758

Le taxon est actuellement considéré comme une espèce plastique, présentant deux formes: la forme *pipiens*, ornithophile, anautogène, eurygame et rurale, à diapause au stade imaginal, et la forme *molestus*, anthropophile, autogène, sténogame et urbaine, à développement continu (homodynamique). Ces formes ne sont pas isolées génétiquement et résulteraient plutôt d'une sélection écologique. Cette espèce multivoltine est très abondante pendant les mois d'été et d'automne. Les imagos femelles hivernent dans les caves, étables, grottes et autres abris naturels. Elles piquent la nuit tous les vertébrés à sang chaud, l'espèce est vectrice des virus West Nile et Sindbis (Schaffner *et al.*, 2001).

Chez les larves, le mentum contient 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane; les écailles du 8<sup>ème</sup> segment sont toutes sans épine médiane, la dent distale du peigne siphonal est formée de 3 à 5 denticules basaux et l'indice (longueur/largeur) du siphon est de 4,6 à 5,9 (Fig. 32). Chez les adultes le tergite III avec une bande antérieure claire (Fig. 33).



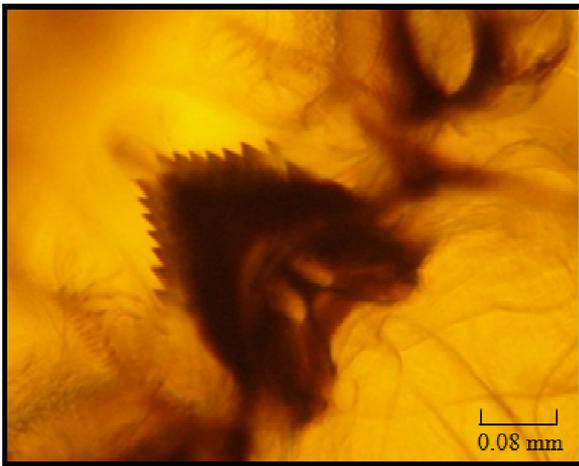
**Figure 32.** Soies siphonal de *Culex pipiens*.



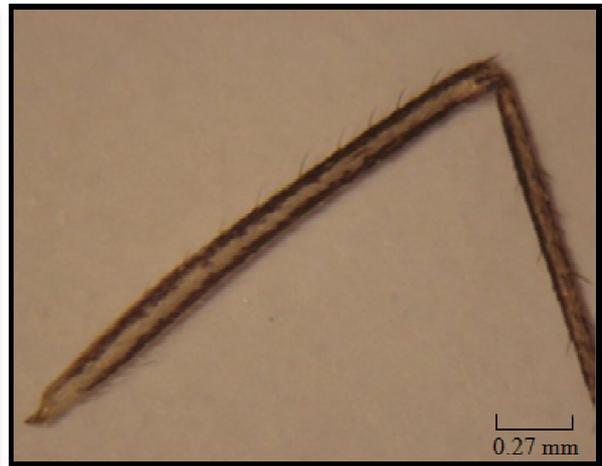
**Figure 33.** Tergites abdominaux de *Culex Pipiens*.

***Culex theileri*** Theobald, 1903

Les larves de cette espèce peuvent se rencontrer dans un grand nombre de gîtes dont l'eau est généralement douce mais peut être aussi légèrement salée, cette eau peut être propre ou polluée. Les gîtes présentent ou non une abondante végétation dressée, sont des mares, marais, rivières, citernes, flaques résiduelles, sources, canaux d'irrigation, rizières. Les femelles se nourrissent aux dépens de tous les mammifères. Elles piquent essentiellement en extérieur, mais peuvent entrer dans les maisons pour piquer l'homme, elles ne constituent pas une nuisance majeure. En Afrique du Sud, l'espèce a été trouvée naturellement infectée par les virus West Nile et Sindbis (Schaffner *et al.*, 2001). Ce qui caractérise cette espèce c'est la dent distale du peigne siphonal de la larve qui est formée de 3 à 5 denticules basaux, le mentum est constitué de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane et la soie 1a-S du siphon contient 6 branches et plus (Fig.34). Alors que les tergites III de la femelle avec une bande antérieure prolongée vers l'arrière par un triangle médian (Fig.36).



**Figure 34.** Mentum de *Culex theileri*.



**Figure 35.** Patte de *Culex theileri*.



**Figure 36.** Tergites abdominaux (flèche) de *Culex theileri*.

***Culex perexiguus*** Theobald, 1903

*Culex perexiguus* est abondant pendant les mois d'été et d'automne. Son aire de répartition comprend les zones arides de l'Afrique du Nord et de l'Est ainsi que l'Asie du Sud-Ouest ; il est également présent dans quelques pays de l'Europe méditerranéenne. Ses larves se développent dans de nombreux types de gîtes domestiques (bassin, puits, bidon) ou sauvages (marais, source, drain, lit de ruisseau). L'eau de ces gîtes est généralement propre et douce mais elle peut comporter aussi une faible teneur en chlorures (2%). Les femelles semblent se nourrir essentiellement sur les oiseaux, il leur arrive, cependant, de pénétrer dans les maisons et de piquer l'homme pendant la nuit. L'espèce est soupçonnée d'être vectrice des virus West Nile et Sindbis au Moyen Orient (Schaffner *et al.*, 2001).

Le peigne du 8<sup>ème</sup> segment de la larve est formé par des écailles et deux paires des touffes latérales sont présentes au niveau du siphon. L'adulte est caractérisé par une nervure costale sombre et un anneau ou une tache développée à l'apex du tibia de la troisième patte (Figs. 37 et 38).



**Figure 37.** Nervure costale de *Culex Perexiguus*.



**Figure 38.** Tibia de la 3<sup>ème</sup> patte chez *Culex perexiguus*.

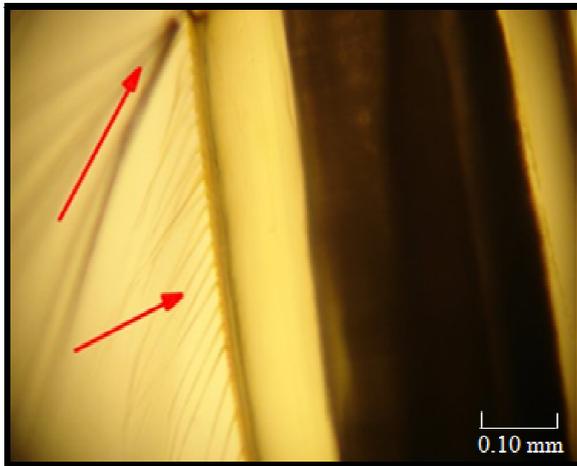
***Culiseta annulata*** Schrank, 1776

*Culiseta annulata* est multivoltine. Elle se développe dans de très nombreux gîtes qui peuvent être naturels (mare riche en matière organique, prairie inondée, fossé, bord de rivière) ou artificiels (bassin dont l'eau est polluée, citerne, pneu).

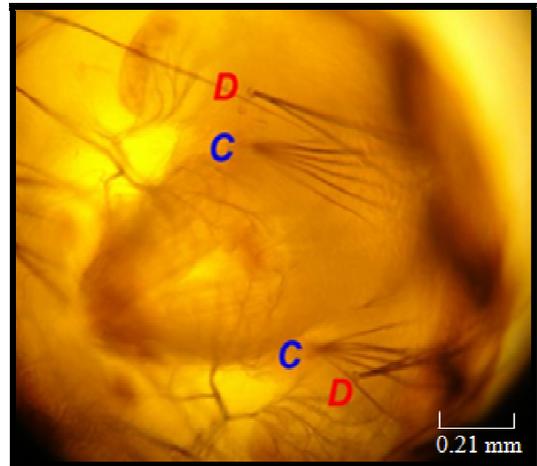
Les femelles piquent tous les vertébrés à sang chaud mais avec une préférence pour les oiseaux. Elles sont de mœurs plutôt nocturnes et n'hésitent pas à pénétrer dans les habitations et les étables pour prendre leur repas de sang. *Culiseta annulata* a été impliqué dans la transmission du virus de la myxomatose et de Plasmodium d'oiseaux. C'est également un

vecteur possible du virus Tahyna (Schaffner *et al.*, 2001).

Le peigne siphonal de cette espèce contient plus de soies que des épines qui sont implantées en ranger régulière et les soies céphaliques DD sont écartées plus que les soies CC (Figs. 39 et 40).



**Figure 39.** Peigne siphonal (flèches) de *Culiseta annulata*.



**Figure 40.** Soies céphaliques (DD > CC) de *Culiseta annulata*.

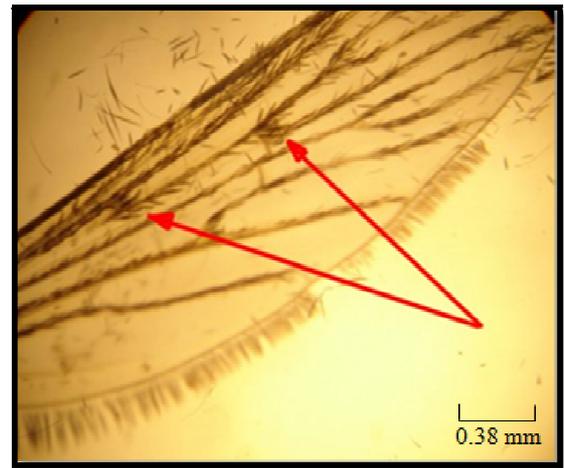
#### *Culiseta longiareolata* Aitken, 1954

D'après Senevet & Andarelli (1960), *Culiseta longiareolata* est une des espèces les plus communes de l'Afrique du Nord avec des centres Telliens et Sahariens. Elle est multivoltine peut présenter une diapause hivernale chez les imagos femelles (régions froides) et chez les larves (régions tempérées). Les adultes sont présents toute l'année avec un maximum de densité au printemps et en automne. Les femelles sont sténogames et autogènes, les œufs sont solidarisés au moment de la ponte et forment une nacelle. Les larves descendent rarement au fond du gîte. Les femelles piquent surtout les oiseaux, très rarement l'humain, l'espèce est considérée comme un vecteur de *Plasmodium* d'oiseau (Brunhes *et al.*, 2001).

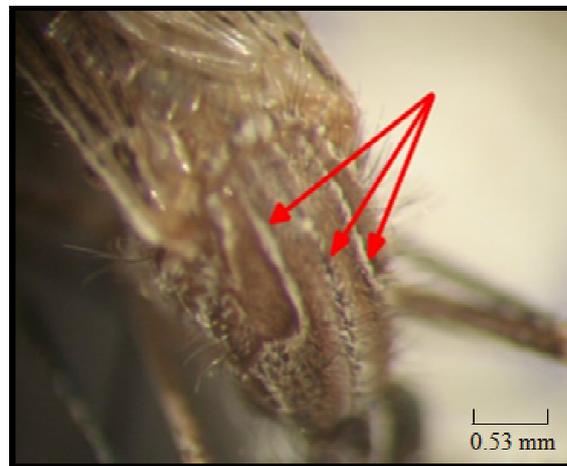
La larve est caractérisée par un peigne siphonal dont ses dents sont implantées irrégulièrement (Fig. 41). Chez l'adulte, on remarque la présence au moins d'une tache d'écailles sombres sur l'aile, le thorax avec trois bandes blanches longitudinales (Figs. 42 et 43).



**Figure 41.** Dents du peigne siphonal (flèche) de *Culiseta longiareolata*.



**Figure 42.** Taches d'écaillés sombres sur l'aile (flèche) de *Culiseta longiareolata*.



**Figure 43.** Trois bandes blanches longitudinales (flèche) de *Culiseta longiareolata*.

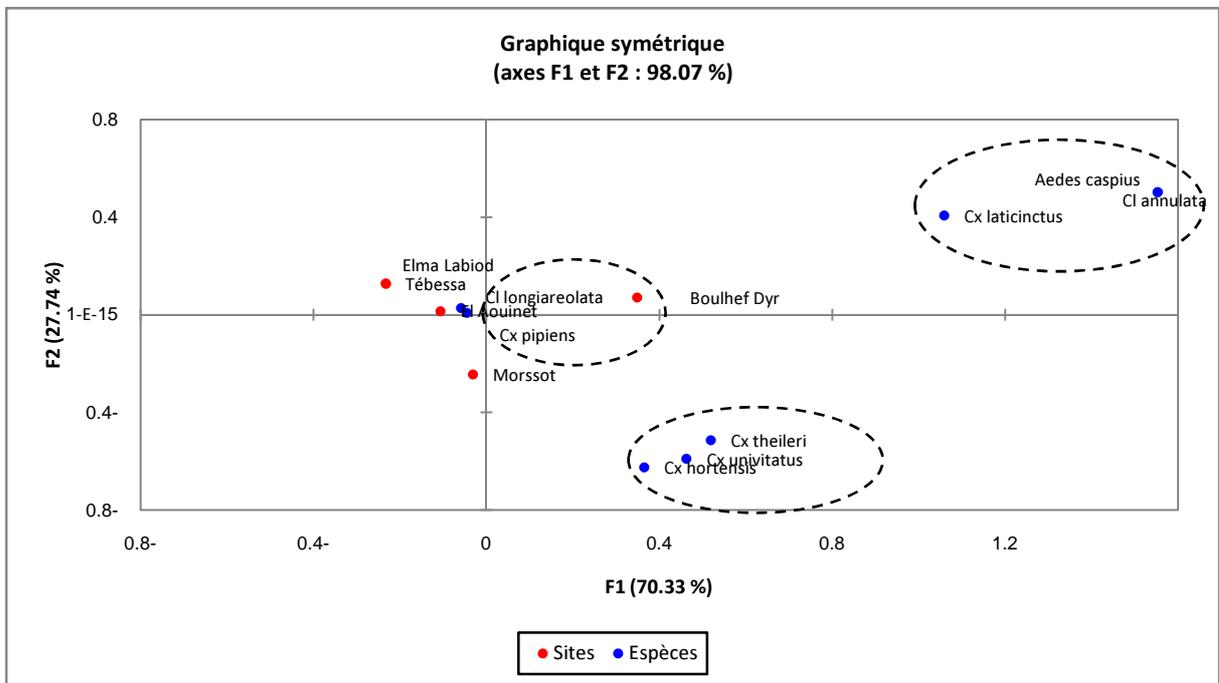
### 3.3. Analyse de la répartition des espèces

#### 3.3.1. Analyse factorielle des correspondances

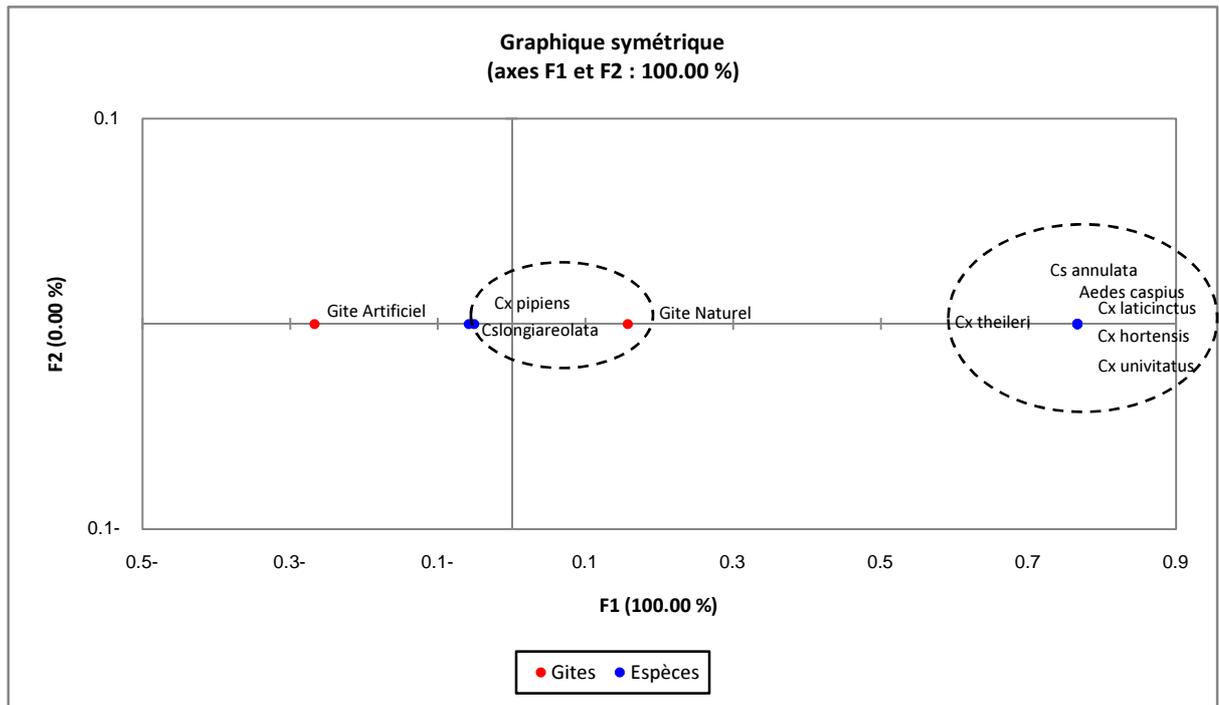
Cette analyse représente graphiquement les proximités entre les sites d'études (El Aouinet, Morssot, Boulhef Dyr, Tébessa ville et Elma Labiod) et la richesse spécifique (Fig. 50). La contribution à l'inertie totale pour la construction de l'axe 1 est de 70,33% et de 27,74% pour celle de l'axe 2, soit un total de 98,07 %. Ce taux étant supérieur à 50%, de ce fait l'exploitation des résultats par l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) peut se faire uniquement avec l'axe 1 et 2. La représentation graphique de l'analyse factorielle des correspondances montre une répartition des sites dans trois quadrants différents, le site de Boulhef Dyr dans le deuxième quadrant, les sites Tébessa ville, Elma Labiod et El Aouinet

dans le premier quadrant, tandis que le site de Morssot dans le troisième quadrant. Si nous considérons l'ensemble des espèces de Culicidae sur le plan défini par l'axe 1 et 2, nous constatons l'existence de trois groupes d'espèces, un premier groupe commun entre les cinq sites (*Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*) et un second groupe (*Aedes caspius*, *Culiseta annulata*, *Culex laticinctus*) caractérise le site de Boulhef Dyr et un troisième groupe (*Culex hortensis*, *Culex theileri* et *Culex perexiguus*) concernant les sites El Aouinet et Morssot (Fig.44).

L'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) a pour but, la recherche des rassemblements entre les objets représentés par les espèces de Culicidae par rapport aux variables correspondant ici aux différents type de gîtes, soit artificiel (citerne, bassin ..... ) ou naturel (fosse, marais.....). La contribution à l'inertie totale pour la construction de l'axe 1 est de 100 % et pour celle de l'axe 2 est de 0 % soit un total de 100%, Ce taux étant supérieur à 50%. Cette analyse distingue les espèces inventoriées en deux groupes, un groupe commun (*Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*) qui existe dans les deux types de gîtes, par contre l'autre groupe est présent au niveau des gîtes naturels (*Aedes caspius*, *Culiseta annulata*, *Culex hortensis*, *Culex perexiguus*, *Culex theileri* et *Culex laticinctus*) (Fig. 45).



**Figure 44.** Projection des sites d'études et des espèces dans le plan factoriel I, II.



**Figure 45.** Projection de la nature des gîtes et des espèces dans le plan factoriel I, II.

### 3.3.2. Classification Ascendante Hiérarchique

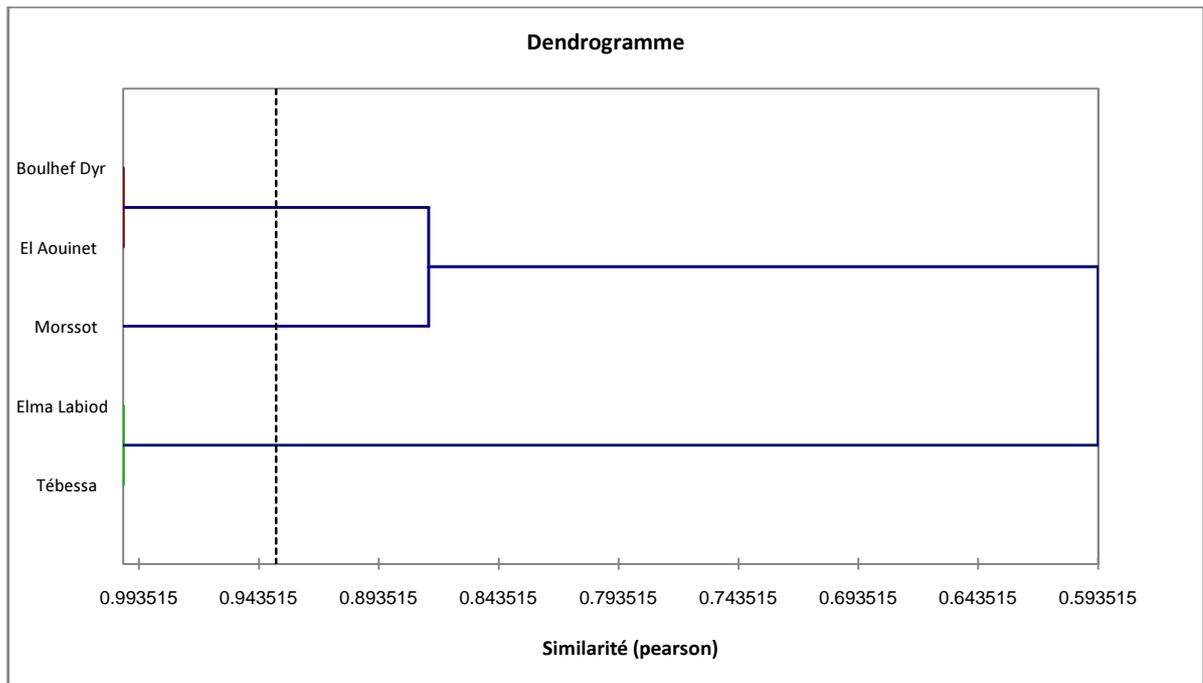
Cette analyse (Fig. 46) permet de regrouper les sites d'études sous forme de groupes homogènes d'objets (classes) en fonction de la richesse spécifique, en découpant les branches de l'arbre à un niveau de 94% de l'indice de similitude, les sites d'études sont répartis en trois groupes similaires de point de vue de Phi Pearson:

**Groupe 1 :** composé de deux sous groupes:

**Sous groupe 1:** formé essentiellement des sites de Boulhef Dyr et El Aouinet avec une forte similarité de la richesse spécifique (8 espèces contre 6 respectivement).

**Sous groupe 2:** composé uniquement du site de Morssot (avec 5 espèces).

**Groupe 2 :** constitué par les sites Tébessa ville et Elma Labiod avec une forte similarité de la richesse spécifique (2 espèces /site).



**Figure 46.** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH) appliqué aux sites d'étude.

### 3.3.3. Effet des facteurs abiotiques sur l'abondance et la richesse spécifique (analyse de la covariance)

L'étude de la significativité entre l'abondance et la richesse spécifique des espèces de Culicidae inventoriées dans la région de Tébessa avec des variables explicatives quantitatives (Température, précipitation, O<sub>2</sub> dissous, conductivité électrique et pH) et qualitatives (type de gîte larvaire naturel ou artificiel) dans le cadre du modèle linéaire, montre que la température, la conductivité, le pH et le type de gîte agissent d'une manière très hautement significative ( $p < 0,001$ ) sur l'abondance du peuplement Culicidien. De plus, les précipitations marquent un effet significatif ( $p = 0,014$ ). Par contre, aucun effet de l'oxygène dissous n'est signalé sur l'abondance des moustiques ( $p > 0,05$ ) (Tableau 9).

La richesse spécifique dans la région de Tébessa est influencée par la température, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous d'une manière très hautement significative ( $p < 0,001$ ). Par ailleurs, le type de gîte agit significativement ( $p = 0,031$ ) sur la richesse spécifique et aucun effet de la précipitation n'est enregistré (Tableau 10).

**Tableau 9 :** Analyse de la covariance appliquée aux valeurs de l'abondance en fonction des facteurs abiotiques.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Température	1	6617632,306	6617632,306	637,786	< 0,0001
Précipitations	1	64219,720	64219,720	6,189	0,014
O <sub>2</sub> dissous	1	907,429	907,429	0,087	0,768
pH	1	279301,150	279301,150	26,918	< 0,0001
Conductivité	1	158597,605	158597,605	15,285	0,000
Type de gîtes	1	136247,482	136247,482	13,131	0,000

**Tableau 10 :** Analyse de la covariance appliquée aux valeurs de la richesse spécifique en fonction des facteurs abiotiques.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Température	1	335,633	335,633	295,216	< 0,0001
Précipitations	1	3,441	3,441	3,026	0,084
O <sub>2</sub> dissous	1	22,455	22,455	19,751	< 0,0001
pH	1	28,924	28,924	25,441	< 0,0001
Conductivité	1	44,460	44,460	39,106	< 0,0001
Type de gîtes	1	5,352	5,352	4,707	0,031

### 3.3.4. Indices écologiques

#### 3.3.4.1. Richesse totale et moyenne

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 11, on remarque que la richesse totale varie en fonction des gîtes. La richesse totale est importante au niveau de Boulhef Dyr avec 8 espèces, et avec un plus grand nombre d'individus (403,708) contre 3699 individus enregistrés au niveau du site d'Elma Labiod. Par contre, cette richesse est moins importante au niveau des autres gîtes larvaires.

Concernant la richesse moyenne, La valeur maximale est obtenue au niveau de Boulhef Dyr avec 403,708. En seconde position, on trouve le site de Morsot avec une valeur de 352,333 suivie du site d'El Aouinet (336,417) et Tébessa ville (249,458). La valeur minimale est marquée au niveau du site d'Elma Labiod avec une valeur de 147,64.

**Tableau 11.** Richesse totale et moyenne de la famille des Culicidae dans les cinq sites d'étude.

Sites Paramètres	El Aouinet	Morssot	Boulhef Dyr	Tébessa ville	Elma Labiod
Richesse totale (S)	06	05	08	02	02
Nombre total d'individus (Ki)	8074	8456	9689	5987	3699
Nombre de relevées (N)	24	24	24	24	24
Richesse moyenne (S' )	336,417	352,333	403,708	249,458	154,125

### 3.3.4.2. Indice de diversité et équitabilité

#### ●El Aouinet

La liste des espèces de Culicidae identifiées au niveau du site d'El Aouinet est présentée dans le tableau 12. Les indices écologiques sont calculés par station. L'effectif le plus important correspond à la station 1 avec 2918 individus suivi par la station 2 avec un effectif de 2690 individus et enfin la station 3 avec 2466 individus. La complexité du peuplement est indiquée par  $H'$ , la valeur la plus élevée est celle de la troisième station, et les valeurs les plus faibles sont enregistrées au niveau de la station 1 et 2 avec uniquement deux espèces. Cependant, l'équitabilité avec des valeurs presque toutes proches de 1 (0,998 pour la station 1 et 0,996 pour la station 2), où *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* sont les espèces qui prolifèrent le mieux, alors que dans la station 3, la valeur de l'équitabilité est de 0,668 ce qui explique que les espèces en présence sont en équilibre entre elles.

**Tableau 12 :** Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale ( $H' max$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site d'El Aouinet au niveau des 3 stations.

Stations Espèces	Station 1	Station 2	Station 3
<i>Culex hortensis</i>	-	-	78
<i>Culex laticinctus</i>	-	-	82
<i>Culex theileri</i>	-	-	96
<i>Culex perexiguus</i>	-	-	92
<i>Culex pipiens</i>	1384	1248	971
<i>Culiseta longiareolata</i>	1534	1442	1147
Effectif/station	2918	2690	2466
$H$ /station	0,998	0,996	1,723
$S$ /station	2	2	6
$H'max$	1	1	2,58
$E$ /station	0,998	0,996	0,668

● **Morssot :**

L'examen du tableau 13 fait ressortir une richesse de 5 espèces identifiées au niveau de 2 stations (2 et 3). L'effectif le plus faible est présent dans la station 1 avec 2597 individus, par contre la troisième station montre un effectif très élevé avec 3157 individus. Les valeurs de la diversité de la station 2 et 3 sont très rapprochées d'une part et d'autre part elles sont supérieures par rapport à la station 1, caractérisée par une forte valeur d'équitabilité, ce qui indique un équilibre dans la distribution d'abondance.

**Tableau 13** : Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale ( $H' max$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site de Morssot au niveau des 3 stations.

Stations Espèces	Station 1	Station 2	Station 3
<i>Culex hortensis</i>	-	104	106
<i>Culex theileri</i>	-	98	173
<i>Culex perexiguus</i>	-	112	169
<i>Culex pipiens</i>	1203	1089	1330
<i>Culiseta longiareolata</i>	1394	1299	1379
Effectif/station	2597	2702	3157
$H$ /station	0,996	1,581	1,677
$S$ /station	2	5	5
$H' max$	1	2,32	2,32
$E$ /station	0,996	0,681	0,723

● **Boulhef Dyr :**

Le tableau 14 révèle une augmentation de la richesse spécifique avec 8 espèces. L'effectif varie de 2809 dans la station 1 à 3825 individus dans la station 3. En revanche, Les valeurs de la diversité de la station 1 et 2 sont très rapprochées et très élevées (1,944 et 2,010 respectivement), exprimant la complexité et la maturité du peuplement Culicidien. Par contre, la station 3 présente une diversité plus faible avec une valeur de 0,996.

**Tableau 14** : Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale ( $H' max$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site de Boulhef Dyr au niveau des 3 stations.

Espèces \ Stations	Stations		
	Station 1	Station 2	Station 3
<i>Aedes caspui</i>	143	127	-
<i>Culex hortensis</i>	44	74	-
<i>Culex laticinctus</i>	131	124	-
<i>Culex theileri</i>	164	102	-
<i>Culex perexiguus</i>	138	97	-
<i>Culex pipiens</i>	1544	1139	1295
<i>Culiseta longiareolata</i>	1592	1322	1514
<i>Culiseta annulata</i>	69	70	-
Effectif/station	3825	3055	2809
$H'$ /station	1,944	2,010	0,996
$S$ /station	8	8	2
$H'_{max}$	3	3	1
$E$ /station	0,648	0,67	0,996

• **Tébessa ville :**

Les résultats mentionnés dans le tableau 15, présentent les valeurs de l'indice de diversité de Shannon Weaver ( $H$ ), de la diversité maximale ( $H' max$ ) et d'équirépartition ( $E$ ). L'indice de diversité révèle des valeurs variant entre 1,196 pour la station 3 à 1,266 pour la station 1.

En ce qui concerne l'équitabilité, les stations 1, 2 et 3 présentent des valeurs très proches (0,801, 0,801 et 0,757 respectivement) où les deux espèces, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* prolifèrent le mieux.

**Tableau 15** : Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale ( $H' max$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site de Tébéssa ville au niveau des 3 stations.

Espèces \ Stations	Stations		
	Station 1	Station 2	Station 3
<i>Culex pipiens</i>	1123	1158	640
<i>Culiseta longiareolata</i>	1164	1124	778
Effectif/station	2287	2282	1418
$H'$ /station	1,266	1,264	1,196
$S$ /station	2	2	2
$H'_{max}$	1,58	1,58	1,58
$E$ /station	0,801	0,80	0,757

● **Elma Labiod**

Le tableau 16 montre une richesse spécifique de 2 espèces appartenant à 2 genres au niveau des trois stations. L'effectif le plus faible est présenté dans la première station avec 1189 individus, contre 1221 et 1289 individus pour la deuxième et la troisième station. Les valeurs de la diversité et de l'équitabilité sont presque similaires dans les trois stations.

**Tableau 16** : Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H$ ), indice de diversité maximale ( $H'_{max}$ ) et l'indice d'équirépartition ( $E$ ) dans le site d'Elma Labiod au niveau des 3 stations.

Stations Espèces	Station 1	Station 2	Station 3
<i>Culex pipiens</i>	593	597	603
<i>Culiseta longiareolata</i>	596	624	686
Effectif/station	1189	1221	1289
$H$ /station	1,244	1,157	1,197
$S$ /station	2	2	2
$H'_{max}$	1,58	1,58	1,58
$E$ /station	0,787	0,732	0,757

**3.3.4.3. Fréquence d'occurrence ou constance des espèces de Culicidae recensées**

Les résultats exposés dans le tableau 17, montrent que la fréquence d'occurrence la plus élevée est notée pour *Culiseta longiareolata* pour les sites: El Aouinet, Morssot, Tébessa, Boulhef dyr et Elma Labiod. La seconde place est occupée par *Culex pipiens*, de ce fait c'est une espèce régulière. Dans le site de Boulhef dyr, le nombre d'espèces accidentelles est relativement élevé. Il est de six espèces: *Culex laticinctus*, *Culiseta annulata*, *Aedes Caspius*, *Culex theileri*, *Culex hortensis* et *Culex perexiguus*.

**Tableau 17.** Constance (%) des espèces inventoriées dans les cinq sites durant la période d'étude.

Sites Espèces	El Aouinet	Morssot	Boulhef Dyr	Tébessa	Elma Labiod
<i>Culiseta longiareolata</i>	62,50	59,72	65,28	69,44	51,39
<i>Culex pipiens pipiens</i>	55,55	54,17	56,94	62,50	47,22
<i>Culex theileri</i>	11,11	22,22	23,61	-	-
<i>Culex hortensis</i>	9,72	20,83	13,89	-	-
<i>Culex perexiguus</i>	11,11	22,22	20,83	-	-
<i>Culex laticinctus</i>	8,33	-	20,83	-	-
<i>Culiseta annulata</i>	-	-	15,27	-	-
<i>Aedes caspius</i>	-	-	19,44	-	-

- : absence de l'espèce

#### 3.3.4.4. Fréquence centésimale ou abondance relative des espèces de Culicidae recensées

Concernant le nombre total d'individus par espèce et par gîte, nous remarquons que *Culiseta longiareolata* présente l'effectif le plus élevé au niveau de la plupart des sites. Elle est l'espèce la mieux représentée avec des taux variant de 48,16 % dans le site de Morssot jusqu'à 51,53 % dans le site d'Elma Labiod. L'espèce *Culex pipiens* vient en deuxième position avec une fréquence centésimale de 41,06% dans le site de Boulhef Dyr jusqu'à 48,79 dans le site de Tébéssa ville. Par ailleurs, on remarque que *Culex hortensis* est l'espèce la moins abondante dans le site d'El Aouinet avec une fréquence de 0,97% (Fig. 18).

**Tableau 18** : Fréquence centésimale ou l'abondance relative des espèces inventoriées dans les cinq sites durant la période d'étude.

Espèces \ Sites	El Aouinet	Morssot	Boulhef Dyr	Tébessa	Elma Labiod
<i>Aedes caspius</i>	-	-	2,79	-	-
<i>Culex hortensis</i>	0,97	2,48	1,22	-	-
<i>Culex laticinctus</i>	1,02	-	2,63	-	-
<i>Culex pipiens</i>	44,62	42,83	41,06	48,79	48,47
<i>Culex theileri</i>	1,19	3,21	2,74	-	-
<i>Culex perexiguus</i>	1,14	3,32	2,43	-	-
<i>Culiseta annulata</i>	-	-	1,43	-	-
<i>Culiseta longiareolata</i>	51,06	48,16	45,70	51,21	51,53

- : absence de l'espèce

### 3.4. Caractérisation morphométrique et biochimique des espèces inventoriées

Les espèces d'importance médicale (*Culex pipiens*, *Aedes caspius*, *Culex theileri* et *Culex perexiguus*) et vétérinaire (*Culiseta longiareolata* et *Culiseta annulata*) ont subi une étude biométrique et biochimique (glucides, lipides et protéines) sur les larves du quatrième stade, les pupes et les adultes mâles et femelles.

#### 3.4.1. Croissance linéaire des espèces inventoriées

La croissance linéaire du stade larvaire 4, pupes et du stade adulte (mâle et femelle) a été évaluée chez certaines espèces inventoriées par le volume corporel (mm<sup>3</sup>) représentée la valeur cubique de la largeur du thorax et la longueur des ailes. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 19. Les résultats montrent que le volume corporel augmente significativement au cours du développement post-embryonnaire chez les espèces testées. La comparaison des valeurs moyennes montre une différence significative dans le même stade pour les espèces testées. Les fortes valeurs sont observées chez *Culiseta longiareolata* et les faibles valeurs chez *Culex pipiens*.

**Tableau 19** : Volume corporel (mm<sup>3</sup>) des larves L4, pupes et des adultes mâles et femelles des espèces inventoriées (m ± SD, n = 3 répétitions comportant chacune 10 individus).

Stades Espèces	Larve L 4	Pupe	Adulte mâle	Adulte femelle
<i>Culex pipiens</i>	3,76 ± 0,51 a A	5,11 ± 0,74 b A	36,96 ± 2,38 c A	68,64 ± 8,18 d A
<i>Culex theileri</i>	6,00 ± 0,44 a B	9,01 ± 0,34 b B	47,20 ± 2,14 c B	94,22 ± 2,83 d B
<i>Culex perexiguus</i>	5,00 ± 0,32 a C	7,02 ± 0,66 b C	43,00 ± 0,56 c C	81,58 ± 2,68 d C
<i>Culiseta longiareolata</i>	11,35 ± 0,68 a D	14,00 ± 0,64 b D	63,86 ± 7,23 c D	125,32 ± 6,39 d D
<i>Culiseta annulata</i>	8,76 ± 1,49 a E	10,70 ± 0,22 b E	52,88 ± 1,49 c E	113,38 ± 1,86 d E
<i>Aedes caspius</i>	6,23 ± 0,37 a F	8,43 ± 0,81 b F	48,38 ± 1,61 c F	96,29 ± 1,92 d F

Les moyennes affectées des lettres en majuscule signifient une différence significative dans le même stade ( $p < 0,05$ ).

Les moyennes affectées des lettres en minuscule signifient une différence significative dans la même espèce ( $p < 0,05$ ).

### 3.4.2. Croissance pondérale des espèces inventoriées

Les résultats concernant l'évolution du poids du corps des individus au cours du développement de différentes espèces inventoriées sont mentionnés dans le tableau 20. La croissance pondérale des individus marque une diminution significative au stade adulte et les fortes valeurs sont observées chez les femelles par rapport aux mâles, chez les différentes espèces étudiées. De plus, on remarque que *Culiseta longiareolata* est l'espèce la plus volumineuse suivie de *Culiseta annulata* et d'*Aedes caspius*.

**Tableau 20:** Poids (mg) d'un individu chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles des espèces inventoriées ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Stades Espèces	Larve L4	Pupe	Adulte mâle	Adulte femelle
<i>Culex pipiens</i>	2,74 ± 0,05 a A	3,40 ± 0,03 b A	1,23 ± 0,03 b A	1,72 ± 0,03 c A
<i>Culex theileri</i>	2,93 ± 0,07 a B	3,52 ± 0,02 b B	1,48 ± 0,03 c B	2,01 ± 0,04 d B
<i>Culex perexiguus</i>	2,82 ± 0,02 a C	3,48 ± 0,04 b C	1,34 ± 0,02 c C	1,88 ± 0,03 d C
<i>Culiseta longiareolata</i>	5,57 ± 0,07 a D	5,88 ± 0,04 b D	1,76 ± 0,05 c D	2,74 ± 0,04 d D
<i>Culiseta annulata</i>	4,03 ± 0,06 a E	4,30 ± 0,05 b E	1,60 ± 0,02 c E	2,55 ± 0,05 d E
<i>Aedes caspius</i>	3,94 ± 0,10 a F	4,19 ± 0,03 b F	1,55 ± 0,03 c F	2,26 ± 0,05 d F

Les moyennes affectées des lettres en majuscule signifient une différence significative dans le même stade ( $p < 0,05$ ).

Les moyennes affectées des lettres en minuscule signifient une différence significative dans la même espèce ( $p < 0,05$ ).

### 3.4.3. Composition biochimique des stades post-embryonnaires

#### 3.4.3.1. Contenu en protéines totales

Les résultats du contenu en protéines totales dans le stade larvaire 4, pupes et stade adulte des espèces inventoriées ont été déterminés du dosage sont donnés dans le tableau 21.

L'évolution du contenu en protéines totales présente une augmentation significative du stade larvaire 4 au stade nymphal chez les espèces étudiées excepté *Culex pipiens* et *Culex theileri* où la différence n'est pas significative. De plus, Les femelles marquent une similarité de valeurs avec les mâles pour presque toutes les espèces. Par ailleurs, les fortes valeurs sont observées chez *Culiseta longiareolata* pour les quatre stades étudiés comparativement aux espèces testées, par contre *Culex pipiens* est l'espèce qui marque les faibles valeurs.

**Tableau 21:** Contenu ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) en protéines chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles de certaines espèces inventoriées ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Stades Espèces	Larve L 4	Pupe	Adulte mâle	Adulte femelle
<i>Culex pipiens</i>	32,13 $\pm$ 2,57 a A	35,18 $\pm$ 0,99 a A	77,68 $\pm$ 1,42 b A	78,19 $\pm$ 2,01 b A
<i>Culex theileri</i>	38,68 $\pm$ 0,50 a B	41,00 $\pm$ 1,59 a B	83,58 $\pm$ 1,52 b A	87,98 $\pm$ 2,49 b B
<i>Culex perexiguus</i>	34,62 $\pm$ 1,48 a C	38,79 $\pm$ 0,69 b C	81,46 $\pm$ 1,13 c A	81,36 $\pm$ 0,87 c C
<i>Culiseta longiareolata</i>	41,57 $\pm$ 0,61 a D	66,82 $\pm$ 1,67 b D	123,53 $\pm$ 1,52 c A	106,74 $\pm$ 2,64 d D
<i>Culiseta annulata</i>	37,49 $\pm$ 0,77 a E	60,03 $\pm$ 1,67 b E	101,09 $\pm$ 1,99 c A	100,79 $\pm$ 1,29 c E
<i>Aedes caspius</i>	35,76 $\pm$ 0,45 a F	51,61 $\pm$ 0,61 b F	95,69 $\pm$ 1,70 c A	95,76 $\pm$ 2,05 c F

Les moyennes affectées des lettres en majuscule signifient une différence significative dans le même stade ( $p < 0,05$ ).

Les moyennes affectées des lettres en minuscule signifient une différence significative dans la même espèce ( $p < 0,05$ ).

### 3.4.3.2. Contenu en lipides totaux

Le contenu en lipides totaux réduit significativement au cours des stades de développement chez les espèces testées. Toutefois, on observe une similarité dans le contenu des lipides pour tous les stades et cela pour les espèces testées. Les plus fortes valeurs sont observées chez les larves 4 chez toutes les espèces par rapport aux autres stades. Le genre *Culex* marque le contenu le plus faible comparativement à *Culiseta* et *Aedes*. De plus, le contenu en lipides chez les femelles est supérieur à celui des mâles (Tableau 22)

**Tableau 22 :** Contenu ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) en lipides chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles des espèces inventoriées ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Espèces \ Stades	Larve L 4	Pupe	Adulte mâle	Adulte femelle
<i>Culex pipiens</i>	55,47 $\pm$ 1,05 a A	29,00 $\pm$ 1,52 b A	14,51 $\pm$ 0,73 c A	20,27 $\pm$ 1,06 d A
<i>Culex theileri</i>	57,27 $\pm$ 0,92 a B	31,46 $\pm$ 0,58 b A	15,37 $\pm$ 0,47 c B	22,28 $\pm$ 0,62 d B
<i>Culex perexiguus</i>	56,30 $\pm$ 0,78 a C	30,49 $\pm$ 0,53 b A	14,88 $\pm$ 0,27 c C	21,48 $\pm$ 0,46 d C
<i>Culiseta longiareolata</i>	64,16 $\pm$ 1,58 a D	23,94 $\pm$ 0,56 b A	17,10 $\pm$ 0,46 c D	26,37 $\pm$ 0,65 d D
<i>Culiseta annulata</i>	61,43 $\pm$ 0,89 a E	21,21 $\pm$ 0,37 b A	15,65 $\pm$ 0,55 c E	23,67 $\pm$ 0,54 d E
<i>Aedes caspius</i>	58,41 $\pm$ 0,81 a F	20,46 $\pm$ 0,63 b A	14,64 $\pm$ 0,60 c F	22,28 $\pm$ 0,62 d F

Les moyennes affectées des lettres en majuscule signifient une différence significative dans le même stade ( $p < 0,05$ ).

Les moyennes affectées des lettres en minuscule signifient une différence significative dans la même espèce ( $p < 0,05$ ).

### 3.4.3.3. Contenu en glucides totaux

L'évolution du contenu en glucides montre une diminution significative du 4<sup>ème</sup> stade larvaire au stade nymphal suivi d'une augmentation significative au stade adulte. De plus, on remarque des valeurs élevées chez *Culiseta longiareolata*, contrairement au *Culex pipiens* qui présente des valeurs faibles comparativement aux autres espèces. Concernant le contenu en glucides, on constate de fortes valeurs chez les femelles par rapport aux mâles chez les espèces testées (Tableau 23).

**Tableau 23** : Contenu ( $\mu\text{g}/\text{individu}$ ) en glucides chez les larves L4, pupes et les adultes mâles et femelles des espèces inventoriées ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Espèces \ Stades	Larve L 4	pupe	Adulte mâle	Adulte femelle
<i>Culex pipiens</i>	$13,60 \pm 1,05$ a A	$5,37 \pm 0,89$ b A	$30,14 \pm 0,52$ c A	$62,64 \pm 2,30$ d A
<i>Culex theileri</i>	$14,90 \pm 0,22$ a B	$8,86 \pm 0,84$ b A	$30,14 \pm 0,52$ c B	$62,64 \pm 2,20$ d B
<i>Culex perexiguus</i>	$14,47 \pm 0,68$ a C	$7,02 \pm 0,25$ b A	$28,90 \pm 0,22$ c C	$60,64 \pm 0,77$ d C
<i>Culiseta longiareolata</i>	$22,01 \pm 1,67$ a D	$14,40 \pm 0,62$ b A	$41,04 \pm 2,14$ c D	$72,85 \pm 1,63$ d D
<i>Culiseta annulata</i>	$19,54 \pm 1,31$ a E	$12,21 \pm 0,99$ b A	$39,23 \pm 1,31$ c E	$67,58 \pm 0,75$ d E
<i>Aedes caspius</i>	$21,47 \pm 0,72$ a F	$13,27 \pm 1,06$ b A	$37,79 \pm 1,09$ c F	$64,45 \pm 1,85$ d F

Les moyennes affectées des lettres en majuscule signifient une différence significative dans le même stade ( $p < 0,05$ ).

Les moyennes affectées des lettres en minuscule signifient une différence significative dans la même espèce ( $p < 0,05$ ).

# **Essai insecticide et l'effet sur les biomarqueurs**

### 3.5. Essai insecticide à l'égard de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*

#### 3.5.1. Essai insecticide à l'égard de *Culiseta longiareolata*

Les tests de toxicité sont appliqués sur des larves du quatrième stade (L4) nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata* avec différentes doses du spiromesifène : 238, 476, 714, 952 et 1428 µg/L pendant 24 h. La mortalité observée est mentionnée dans le tableau 24 avec des taux variant de 20 % (238 µg/L) à plus de 90 % (1428 µg/L) avec une relation dose – réponse. Elle est corrigée à partir d'une mortalité naturelle (Tableau 25). Après une transformation angulaire des pourcentages de mortalités (Tableau 26), les données ont fait l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification (Tableau 27) qui révèle un effet dose très hautement significatif ( $p < 0,001$ ).

**Tableau 24 :** Effet du spiromesifène (µg/L) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata*, sur le taux de mortalité observée ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

Doses Répétitions	Témoins	238 µg/L	476 µg/L	714 µg/L	952 µg/L	1428 µg/L
1	4	24	36	48	68	100
2	8	12	32	60	80	96
3	0	24	40	56	72	92
<b>m ± s</b>	4,00 ± 2,67	20,00 ± 5,33	36,00 ± 2,67	54,67 ± 4,44	73,33 ± 4,44	96,00 ± 2,67

**Tableau 25 :** Effet du spiromesifène (µg/L) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata*, sur le taux de mortalité corrigée ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

Doses Répétitions	238 µg/L	476 µg/L	714 µg/L	952 µg/L	1428 µg/L
1	20,83	33,33	45,83	66,67	100,00
2	8,70	26,09	56,52	78,26	94,74
3	24,00	40,00	56,00	72,00	100,00
<b>m ± s</b>	16,39 ± 8,03	33,14 ± 4,70	52,79 ± 4,63	72,31 ± 3,97	95,88 ± 2,74

**Tableau 26 :** Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata*. Transformation angulaire du taux de mortalité corrigée ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

Doses Répétitions	238 $\mu\text{g/L}$	476 $\mu\text{g/L}$	714 $\mu\text{g/L}$	952 $\mu\text{g/L}$	1428 $\mu\text{g/L}$
1	31,95	35,06	42,71	75,82	84,26
2	16,43	30,66	49,02	70,63	75,82
3	29,33	39,23	48,15	70,63	84,26
<b>m <math>\pm</math> s</b>	29,36 $\pm$ 5,25	33,37 $\pm$ 2,92	50,98 $\pm$ 2,70	74,09 $\pm$ 3,00	81,45 $\pm$ 4,87

**Tableau 27 :** Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur les larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata*. Analyse de la variance des données transformées.

Sources de variation	DDL	SCE	CM	Fobs	P
Factorielle	4	5531,6	1382,9	41,77	<0,001***
Résiduelle	10	331,1	33,1		
Totale	14	5862,6			

Les doses létales, DL50 DL90 sont déterminées à partir de l'équation de la droite de régression (Fig. 47) qui exprime le probit du pourcentage de la mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal des doses du spiromesifène (Tableaux 28 et 29). Le coefficient de détermination ( $R^2 = 0,871$ ) révèle une liaison positive forte entre les probits et le logarithme des doses testées. Les DL50 et DL90 déterminées sont respectivement de 546,37  $\mu\text{g/L}$  (intervalle de confiance : 508,63-586,90) et 1143,43  $\mu\text{g/L}$  (intervalle de confiance : 960,68–1360,93), avec un slope de 2,011 (Tableau 30).

**Tableau 28 :** Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata*, sur le taux (%) de mortalité corrigée : transformation en probit des mortalités corrigées ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

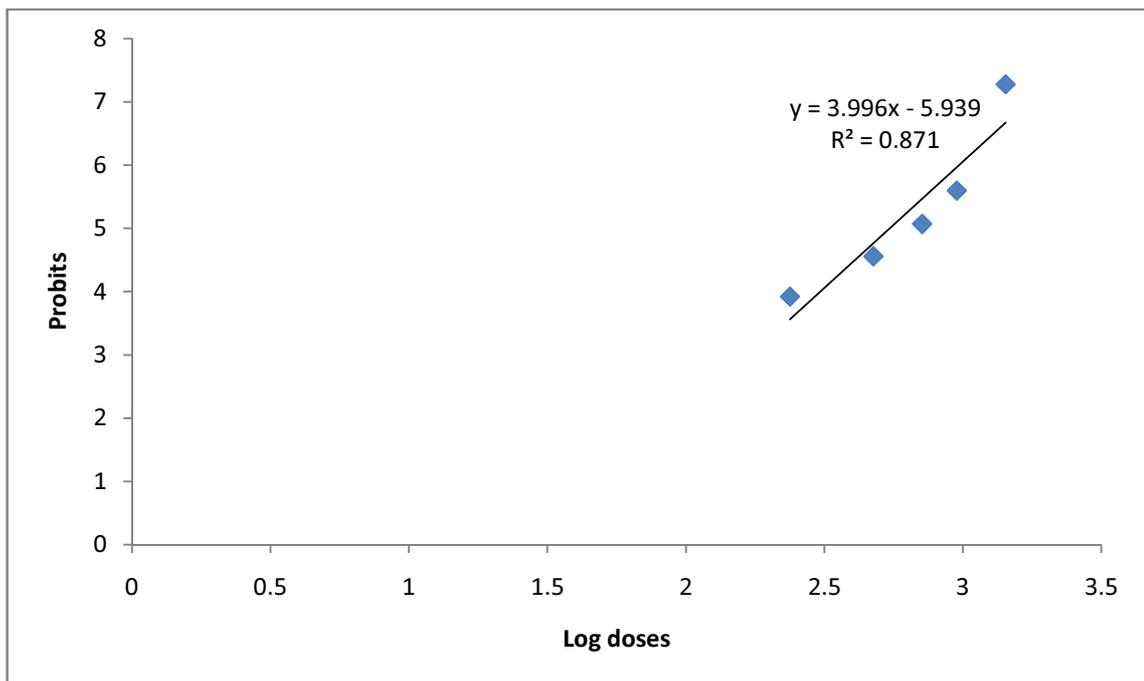
Doses ( $\mu\text{g}$ )	238 $\mu\text{g/L}$	476 $\mu\text{g/L}$	714 $\mu\text{g/L}$	952 $\mu\text{g/L}$	1428 $\mu\text{g/L}$
Mortalités corrigées (%)	16,39	33,14	52,79	72,31	95,88
Probits	3,92	4,56	5,07	5,60	7,28

**Tableau 29 :** Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur les larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata*, sur le taux de mortalité corrigée : transformation des doses ( $\mu\text{g}$ ) en logarithmes décimaux ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

Doses ( $\mu\text{g}$ )	238 $\mu\text{g/L}$	476 $\mu\text{g/L}$	714 $\mu\text{g/L}$	952 $\mu\text{g/L}$	1428 $\mu\text{g/L}$
Log doses (x)	2,376	2,677	2,853	2,978	3,154

**Tableau 30 :** Efficacité du spiromesifène appliqué sur les larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata*, analyse des probits.

Equation	R <sup>2</sup>	Slope	DL50 ( $\mu\text{g}$ ) I C (95%)	DL 90 ( $\mu\text{g}$ ) IC (95%)
$y = 3,996x - 5,939$	$R^2 = 0,871$	1,775	<b>551,57</b> (513,42-592,55)	<b>1155,60</b> (970,72-1375,68)



**Figure 47.** Droite de régression exprimant les probits en fonction des logarithmes décimaux Des doses ( $R^2$  : coefficient de détermination).

### 3.5.2. Essai insecticide à l'égard de *Culex pipiens*

Le spiromesifène est appliqué avec les doses 238, 476, 714, 952, 1428 µg/L sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées chez *Culex pipiens*. Les mortalités observées sont mentionnées dans le tableau 31 avec des taux variant de 20 % (238 µg /L) à plus de 90 % (1428 µg /L) avec une relation dose-réponse. Elle est corrigée à partir d'une mortalité naturelle (Tableau 32). Après une transformation angulaire des mortalités observées (Tableau 33), l'analyse statistique des données (Tableau 34) révèle un effet dose très hautement significatif ( $p < 0,001$ ).

**Tableau 31 :** Effet du spiromesifène (µg/L) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex pipiens*, sur le taux de mortalité observée ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

Doses Répétitions	Témoins	238 µg/L	476 µg/L	714 µg/L	952 µg/L	1428 µg/L
1	4	22	32	51	70	100
2	6	18	36	55	78	95
3	4	20	36	57	74	94
<b>m ± SD</b>	4,67±0,89	20,00±1,33	34,67±1,78	54,33±2,22	74,00±2,67	96,33±2,44

**Tableau 32 :** Effet du spiromesifène (µg/L) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex pipiens*, sur le taux de mortalité corrigée ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

Doses Répétitions	238 µg/L	476 µg/L	714 µg/L	952 µg/L	1428 µg/L
1	18,75	29,17	48,96	68,75	100,00
2	12,77	31,91	52,13	76,60	94,68
3	16,67	33,33	55,21	72,92	93,75
<b>m ± SD</b>	16,06 ± 2,20	31,47 ± 1,54	52,10 ± 2,09	72,75 ± 2,67	96,14 ± 2,57

**Tableau 33 :** Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex pipiens*. Transformation angulaire du taux de mortalité corrigée ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

Doses Répétitions	238 $\mu\text{g/L}$	476 $\mu\text{g/L}$	714 $\mu\text{g/L}$	952 $\mu\text{g/L}$	1428 $\mu\text{g/L}$
1	25,10	32,58	44,43	55,55	84,26
2	20,27	34,45	46,45	60,67	75,82
3	23,58	35,06	47,87	59,84	75,82
<b>m <math>\pm</math> SD</b>	22,98 $\pm$ 1,81	34,03 $\pm$ 0,97	46,25 $\pm$ 1,21	58,69 $\pm$ 2,09	78,63 $\pm$ 3,75

**Tableau 34 :** Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex pipiens*. Analyse de la variance des données transformées.

Sources de variation	DDL	SCE	CM	Fobs	P
Factorielle	4	5629,78	1407,45	167,34	<0,001****
Résiduelle	10	84,11	8,41		
Totale	14	5713,89			

L'équation de la droite de régression (Fig.48) du probit du pourcentage de mortalité corrigée est exprimée en fonction du logarithme décimal des doses du spiromesifène (Tableaux 35 et 36). Le coefficient de détermination ( $R^2 = 0,854$ ) révèle une liaison positive entre les probits et le logarithme des doses testées. Les doses DL50 et DL90, déterminées sont respectivement de 542,21  $\mu\text{g/L}$  (intervalle de confiance : 511,72 – 574,49) et 1148,65  $\mu\text{g/L}$  (intervalle de confiance : 998,43 – 1321,47), avec un slope de 4,10 (Tableau 37 n).

**Tableau 35 :** Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex pipiens*, sur le taux (%) de mortalité corrigée : transformation en probits des mortalités corrigées ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

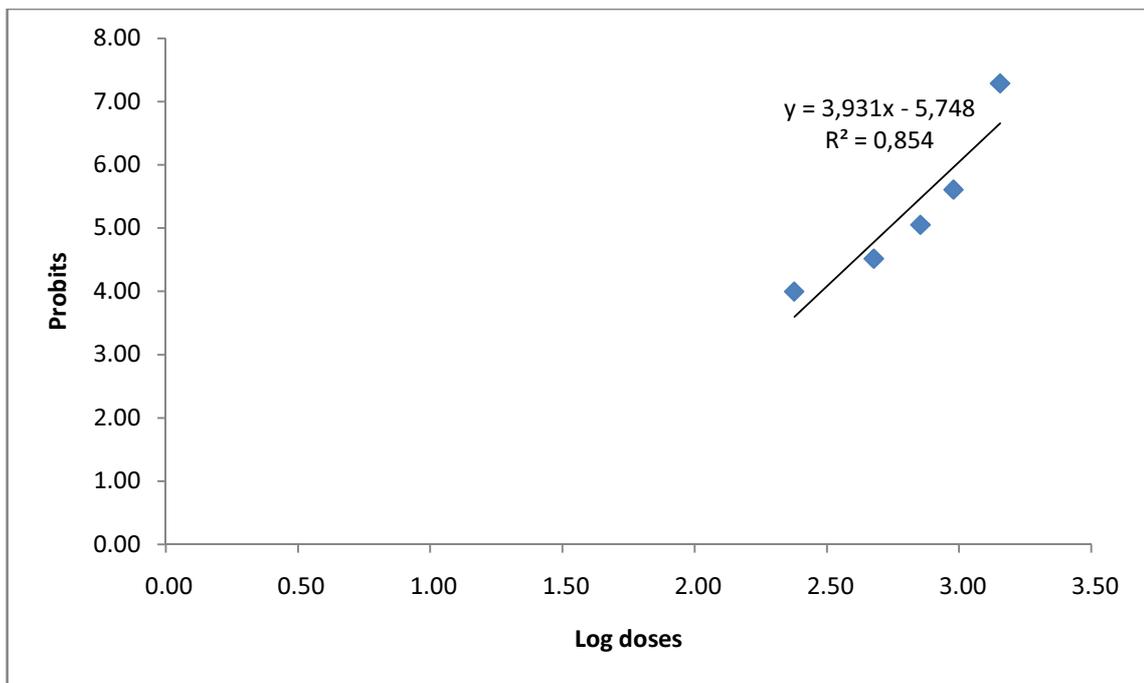
Doses ( $\mu\text{g/L}$ )	238	476	714	952	1428
Mortalités corrigées (%)	16,06	31,47	52,10	72,75	96,14
Probits	4,00	4,52	5,05	5,61	7,29

**Tableau 36 :** Effet du spiromesifène ( $\mu\text{g/L}$ ) appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex pipiens*, sur le taux de mortalité corrigée : transformation des doses ( $\mu\text{g/L}$ ) en logarithmes décimaux ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 individus).

<b>Doses (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>	<b>238</b>	<b>476</b>	<b>714</b>	<b>952</b>	<b>1428</b>
<b>Log doses (x)</b>	2,38	2,68	2,85	2,98	3,15

**Tableau 37 :** Efficacité du spiromesifène appliqué sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culex pipiens*, analyse des probits.

<b>Equation</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Slope</b>	<b>DL50 (<math>\mu\text{g/L}</math>) I C (95%)</b>	<b>DL 90 (<math>\mu\text{g/L}</math>) I C (95%)</b>
$y = 3,931x - 5,748$	$R^2 = 0,854$	4,10	<b>542,21</b> (511,72 - 574,49)	<b>1148.65</b> (998,43 - 1321,47)



**Figure 48 .** Droite de régression exprimant les probits en fonction des logarithmes décimaux Des doses ( $R^2$  : coefficient de détermination).

### 3.6. Impact du spiromesifène sur les biomarqueurs

L'impact du spiromesifène a été évalué sur un site cible de neurotoxicité, l'acétylcholinestérase (AChE), deux biomarqueurs du système de détoxication, le glutathion (GSH) et la glutathion S-transférase (GST) et deux enzymes du stress oxydatif malondialdéhyde (MDA) et la catalase chez les larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*.

Le spiromesifène a été appliqué (DL50 et la DL90) sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées. L'effet de cet insecticide a été évalué à différentes périodes (24, 48, 72 heures après traitement). Les résultats ont été exprimés par rapport à la quantité de protéines (mg).

### 3.6.1. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase

L'activité spécifique de l'AChE a été estimée chez les séries témoins et traitées par l'application de la formule d'Ellman *et al.* (1961), en utilisant les pentes des droites de régression, exprimant l'absorbance en fonction du temps. Les résultats relatifs à l'activité spécifique de l'AChE sont exprimés en micromoles par minutes et par milligramme de protéines ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines).

Chez les séries témoins de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, les résultats obtenus montrent que l'activité de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) augmente d'une manière significative ( $p < 0,001$  et  $0,045$  respectivement) à 48 heures, puis diminue par la suite à 72 heures chez les deux espèces.

Les séries traitées à la DL50 de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, marquent une augmentation non significative ( $p > 0,05$ ) à 48h, suivie d'une légère diminution ( $p > 0,05$ ) à 72 heures. Par ailleurs, les séries traitées à la DL90 chez *Culiseta longiareolata*, suit le même profil. Par contre, l'activité de l'AChE ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les traitées à la DL90 pour *Culex pipiens*, révèle une augmentation non significative ( $p > 0,05$ ) à 48h suivie d'une diminution significative à 72 heures (Tableaux 38 et 39).

La comparaison des moyennes par le test « t » de Student entre les séries témoins et traitées (DL50 et DL90), révèle une différence non significative à 24h ( $p > 0,05$ ) chez les deux espèces testées. Par contre à 48h, la comparaison indique que le spiromesifène induit chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, une inhibition significative ( $p = 0,05$  et  $0,025$  respectivement) de l'activité spécifique de l'AChE. A 72h, le traitement avec les deux doses, induit une inhibition significative ( $p = 0,001$  et  $0,004$ ) de l'activité spécifique de l'AChE chez *Culex pipiens* et avec la dose la plus élevée ( $p = 0,011$ ) chez *Culiseta longiareolata*.

**Tableau 38 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (AChE) ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps (heures)	Témoins	DL50	DL90
24	$0,0296 \pm 0,0001$ a A	$0,0299 \pm 0,0004$ a A	$0,0295 \pm 0,0004$ a A
48	$0,0323 \pm 0,0003$ a B	$0,0314 \pm 0,0001$ b A	$0,0301 \pm 0,0002$ c A
72	$0,0317 \pm 0,0001$ a B	$0,0313 \pm 0,0003$ a A	$0,0290 \pm 0,0004$ b A

**Tableau 39 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (AChE) ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culex pipiens* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps (heures)	Témoins	DL50	DL90
24	$0,0209 \pm 0,0006$ a A	$0,0210 \pm 0,0005$ a A	$0,0208 \pm 0,0007$ a A
48	$0,0226 \pm 0,0002$ a B	$0,0218 \pm 0,0003$ b A	$0,0210 \pm 0,0001$ c A
72	$0,0220 \pm 0,0005$ a B	$0,0212 \pm 0,0001$ b A	$0,0197 \pm 0,0003$ c B

### 3.6.2. Effet du spiromesifène sur le taux du GSH :

Le taux du GSH ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) a été estimé chez les séries témoins et traitées au spiromesifène (DL50 et DL90), selon la méthode de Weckberker & Cory (1988).

Chez les séries témoins et traitées à la DL90 de *Culiseta longiareolata*, les résultats obtenus montrent une augmentation non significative des taux du GSH ( $p > 0,05$ ) au cours de la période testée. Par contre chez les séries traitées à la DL50, les taux du GSH révèlent une diminution non significative à 48h et significative ( $p = 0,008$ ) à 72h.

Concernant *Culex pipiens*, les séries témoins et traitées à la DL90 marquent une augmentation non significative ( $p > 0,05$ ) à 48 et 72h. Par contre, les traitées à la DL50 révèlent une diminution significative du taux du GSH au cours des temps testés (24, 48 et 72h).

La comparaison des valeurs moyennes entre les séries témoins et traitées à la DL50 chez *Culiseta longiareolata*, indique une diminution significative des taux de GSH à 72 heures seulement ( $p=0,018$ ). Cependant, chez les séries traitées à la DL90, les valeurs marquent des différences significatives à tous les temps testés ( $p= 0,015$  à 24h ;  $0,003$  à 48h et  $0,004$  à 72h). Par contre chez *Culex pipiens*, les deux doses provoquent une diminution significative du taux de GSH à tous les temps testés ( $p= 0,011$  et  $<0,001$  à 24h ;  $p=0,012$  et  $<0,001$  à 48h; et  $p<0,001$  à 72h) respectivement.

**Tableau 40 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le taux du GSH ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps (heures)	Témoins	DL50	DL90
24	$1,00 \pm 0,09$ a A	$0,98 \pm 0,09$ a A	$0,31 \pm 0,11$ b A
48	$1,03 \pm 0,06$ a A	$0,91 \pm 0,06$ a A	$0,32 \pm 0,03$ b A
72	$1,15 \pm 0,03$ a A	$0,62 \pm 0,06$ b B	$0,35 \pm 0,04$ c A

**Tableau 41 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur le taux du GSH ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culex pipiens* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps (heures)	Témoins	DL50	DL90
24	$0,906 \pm 0,001$ a A	$0,803 \pm 0,015$ b A	$0,198 \pm 0,003$ c A
48	$0,907 \pm 0,002$ a A	$0,740 \pm 0,036$ b B	$0,203 \pm 0,010$ c A
72	$0,910 \pm 0,003$ a A	$0,469 \pm 0,007$ b C	$0,236 \pm 0,008$ c A

### 3.6.3. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de la glutathion S-transférase

L'activité spécifique de la GST a été déterminée selon la procédure de Habig *et al.* (1974), en utilisant les pentes des droites de régression exprimant l'absorbance en fonction du temps. Chez les séries témoins et traitées de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, les résultats obtenus montrent une augmentation très hautement significative de l'activité spécifique de la GST ( $p < 0,001$ ) aux différents temps 24, 48 et 72h.

La comparaison entre les séries témoins et traitées à la DL50 et la DL90, montre que le spiromesifène provoque une augmentation significative de l'activité spécifique de la GST durant les différentes périodes après traitement : 24 (p=0,001 et 0,001), 48 (p=0,004 et 0,011) et 72h (p=0,025 et 0,013) respectivement chez *Culiseta longiareolata*. Des résultats similaires sont observés chez *Culex pipiens* où on note une augmentation significative à 24 (p<0,001), 48 (p=0,003 et 0,002) et 72h (p=0,006 et 0,001) après traitement avec les doses testées, DL50 et DL90 respectivement (Tableaux 42 et 43).

**Tableau 42 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps (heures)	Témoins	DL50	DL90
24	0,0414 $\pm$ 0,0007 <b>a</b> <b>A</b>	0,0979 $\pm$ 0,0019 <b>b</b> <b>A</b>	0,1126 $\pm$ 0,0041 <b>c</b> <b>A</b>
48	0,1101 $\pm$ 0,0011 <b>a</b> <b>B</b>	0,1245 $\pm$ 0,0004 <b>b</b> <b>B</b>	0,1300 $\pm$ 0,0012 <b>c</b> <b>B</b>
72	0,1170 $\pm$ 0,0017 <b>a</b> <b>C</b>	0,1270 $\pm$ 0,0003 <b>b</b> <b>C</b>	0,1351 $\pm$ 0,0034 <b>c</b> <b>C</b>

**Tableau 43 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culex pipiens* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps (heures)	Témoins	DL50	DL90
24	0,0350 $\pm$ 0,0005 <b>a</b> <b>A</b>	0,0753 $\pm$ 0,0009 <b>b</b> <b>A</b>	0,0981 $\pm$ 0,0004 <b>c</b> <b>A</b>
48	0,0872 $\pm$ 0,0003 <b>a</b> <b>B</b>	0,0981 $\pm$ 0,0007 <b>b</b> <b>B</b>	0,1056 $\pm$ 0,0007 <b>c</b> <b>B</b>
72	0,0925 $\pm$ 0,0006 <b>a</b> <b>C</b>	0,1031 $\pm$ 0,0059 <b>b</b> <b>C</b>	0,1226 $\pm$ 0,0025 <b>c</b> <b>C</b>

### 3.6.4. Effet du spiromesifène sur le taux du malondialdéhyde

Le taux du MDA a été estimé chez les séries témoins et traitées selon Draper & Hadley (1990). Les résultats relatifs sont représentés dans les tableaux 44 et 45. Chez les séries témoins et traitées de *Culiseta longiareolata*, les résultats obtenus montrent que le taux du

malondialdéhyde augmente d'une manière non significative ( $p > 0,05$ ) au cours du temps (24, 48, 72 et 96h). Chez les témoins de *Culex pipiens*, le taux du MDA suit la même courbe d'évolution avec une augmentation non significative ( $p > 0,05$ ) aux différents temps 24, 48 et 72h. Tandis que, chez les traités de la même espèce, cette augmentation est significative pour les deux doses testées.

L'analyse statistique révèle une augmentation significative du taux du MDA à 24h ( $p=0,03$  et  $0,01$ ), 72h ( $p=0,01$  et  $0,008$ ) et 96h ( $p=0,01$  et  $<0,001$ ) avec les deux doses appliquées chez *Culiseta longiareolata*. De même chez *Culex pipiens*, l'augmentation du taux du MDA est significative à 24h ( $p=0,01$  et  $0,000$ ), 48h ( $p=0,005$  et  $<0,001$ ) et 72h ( $p=0,001$  et  $<0,000$ ) pour les deux doses testées (DL50 et DL90), respectivement.

**Tableau 44 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le taux du malondialdéhyde ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps (heures)	Témoins	DL 50	DL 90
24	$0,1207 \pm 0,0005$ a A	$0,1834 \pm 0,0255$ b A	$0,2353 \pm 0,0019$ c A
48	$0,1222 \pm 0,0010$ a A	$0,1951 \pm 0,0009$ b A	$0,2510 \pm 0,0034$ c A
72	$0,1264 \pm 0,0006$ a A	$0,2072 \pm 0,0008$ b A	$0,2602 \pm 0,0004$ c A

**Tableau 45 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90), sur le taux du malondialdéhyde (MDA) ( $\mu\text{M}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culex pipiens* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps (heures)	Témoins	DL 50	DL 90
24	$0,0899 \pm 0,0010$ a A	$0,1277 \pm 0,0019$ b A	$0,2032 \pm 0,0042$ c A
48	$0,0903 \pm 0,0079$ a A	$0,1482 \pm 0,0024$ b B	$0,2259 \pm 0,0024$ c B
72	$0,0905 \pm 0,0041$ a A	$0,1738 \pm 0,0082$ b C	$0,2358 \pm 0,0011$ c C

### 3.6.5. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de la catalase

L'activité spécifique de la catalase a été estimée chez les séries témoins et traitées (DL50 et DL90) à différents périodes selon la technique de Claiborne (1985). Les résultats relatifs à l'activité spécifique de la catalase sont exprimés en micromoles par minutes et par milligramme de protéines ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines). Les données du dosage sont représentées dans les tableaux 46 et 47. Chez les séries témoins, les résultats obtenus montrent une augmentation non significative de l'activité spécifique de la catalase à 48h suivie d'une diminution à 72h chez *Culiseta longiareolata*. Cependant, chez les séries traitées à la DL50 et la DL90, on note une augmentation significative ( $p=0,032$  et  $p=0,02$ ) de la catalase au cours de la période testée. Concernant *Culex pipiens*, l'activité de la catalase indique une augmentation non significative chez les séries témoins et significative chez les séries traitées à la DL50 ( $p= 0,045$ ) et la DL90 ( $p=0,02$ ).

La comparaison entre les séries témoins et traitées à la DL50 et DL90, montre que le spiromésifène provoque une augmentation significative de l'activité spécifique de la catalase durant les différentes périodes après traitement : 24 ( $p=0,016$  pour la DL50), 48 ( $p=0,007$  et  $0,003$ ) et 72h ( $p<0,001$ ) respectivement chez *Culiseta longiareolata*. De même chez *Cx pipiens*, cette augmentation est significative durant les différentes périodes après traitement : 24 ( $p=0,030$  et  $0,025$ ), 48 ( $0,012$  et  $0,001$ ) et 72h ( $p<0,001$  et  $0,002$ ) respectivement.

**Tableau 46 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur l'activité spécifique de la catalase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

Temps (heures)	Témoins	DL50	DL90
24	5,19 $\pm$ 0,10 <b>a</b> A	5,99 $\pm$ 0,08 <b>b</b> A	6,00 $\pm$ 0,02 <b>b</b> A
48	5,34 $\pm$ 0,01 <b>a</b> A	6,20 $\pm$ 0,10 <b>b</b> B	8,51 $\pm$ 0,21 <b>c</b> B
72	5,11 $\pm$ 0,09 <b>a</b> A	7,38 $\pm$ 0,05 <b>b</b> C	11,46 $\pm$ 0,07 <b>c</b> C

**Tableau 47 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur l'activité spécifique de la catalase ( $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$  de protéines) chez les larves du quatrième stade de *Culex pipiens* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 20 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

<b>Temps (heures)</b>	<b>Témoins</b>	<b>DL50</b>	<b>DL90</b>
<b>24</b>	3,98 $\pm$ 0,14 <b>a</b> <b>A</b>	4,42 $\pm$ 0,11 <b>b</b> <b>A</b>	4,76 $\pm$ 0,12 <b>c</b> <b>A</b>
<b>48</b>	4,16 $\pm$ 0,05 <b>a</b> <b>A</b>	5,08 $\pm$ 0,13 <b>b</b> <b>B</b>	6,44 $\pm$ 0,12 <b>c</b> <b>B</b>
<b>72</b>	4,19 $\pm$ 0,07 <b>a</b> <b>A</b>	5,67 $\pm$ 0,08 <b>b</b> <b>C</b>	7,61 $\pm$ 0,30 <b>c</b> <b>C</b>

**Impact du spiromesifène sur la  
croissance et la reproduction**

### 3.7. Impact du spiromesifène sur la croissance

Le spiromesifène appliqué avec les deux doses, DL50 et DL90 sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata* et de *Culex pipiens* affecte la croissance des individus et provoque des anomalies morphologiques.

#### 3.7.1. Anomalies morphologiques

L'examen des individus après traitement montre des aberrations morphologiques variées chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. On note un blocage de l'exuviation nymphale et imaginale qui se manifeste par une incapacité totale ou partielle des nymphes et des adultes à se dégager correctement des exuvies. De plus, d'autres malformations se manifestent, telles que la perte de l'un des deux ailes ainsi que la réduction de leur taille, la perte des pattes et la réduction de la taille des larves.



**Figure 49.** Métamorphose incomplète (larve - pupe) chez *Culex pipiens*.



**Figure 50.** Echec de la mue chez *Culex pipiens*.



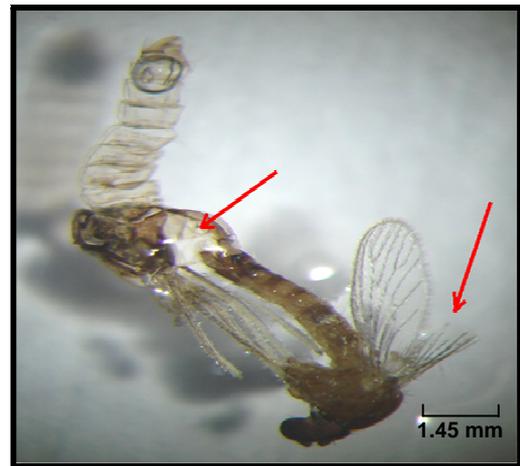
**Figure 51.** Echec de la mue chez *Culex pipiens*.



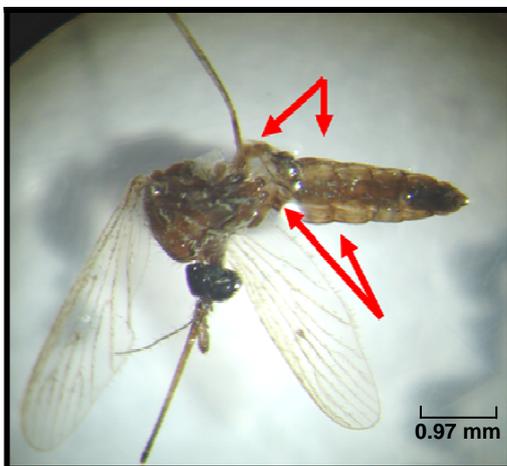
**Figure 52.** Absence d'une aile chez *Culex pipiens*.



**Figure 53.** Echec de l'exuviation imaginale (flèche) chez *Culiseta longiareolata*.



**Figure 54.** Echec de la mue avec réduction de la taille de l'aile (flèche) chez *Culiseta longiareolata*.



**Figure 55.** Perte de pattes (flèches) chez *Culiseta longiareolata*.



**Figure 56.** Taille réduite d'une larve 4 (flèche) chez *Culiseta longiareolata*.

### 3.7.2. Croissance pondérale

Les résultats de l'évolution du poids corporel des individus au cours des stades étudiés de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* sont mentionnés dans les tableaux 48 et 49. Pour les séries témoins et traitées, on remarque une augmentation significative ( $p < 0,001$ ) du poids corporel des individus du stade larvaire 4 au stade nymphal, suivie d'une diminution significative ( $p < 0,001$ ) au stade adulte pour les deux espèces. La comparaison des moyennes entre les séries témoins et traitées montre que le spiromesifène à la DL50, affecte le poids corporel des individus en le diminuant et cela chez les larves 4 ( $p = 0,017$ ), et les adultes femelles ( $p = 0,021$ ) pour *Culiseta longiareolata* et chez les larves 4 ( $p = 0,038$ ) et les pupes ( $p = 0,039$ ) pour *Culex pipiens* ; tandis que la dose la plus élevée (DL90) provoque une diminution significative du poids corporel des individus de tous les stades testés, les larves 4 ( $p = 0,007$ ), les pupes ( $p = 0,008$ ), les adultes mâles ( $p = 0,032$ ) et les adultes femelles

( $p=0,002$ ) chez *Culiseta longiareolata* et uniquement chez les larves 4 ( $p=0,012$ ) et les pupes ( $p=0,011$ ) pour *Culex pipiens*.

**Tableau 48 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le poids (mg) des individus de quelques stades chez *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

Stades	Témoins	DL50	DL90
Larve 4	5,23 $\pm$ 0,15 a A	4,13 $\pm$ 0,15 b A	3,20 $\pm$ 0,26 c A
Pupe	5,56 $\pm$ 0,47 a A	5,30 $\pm$ 0,17 a B	4,26 $\pm$ 0,35 b B
Adulte mâle	1,66 $\pm$ 0,15 a B	1,63 $\pm$ 0,05 a C	1,33 $\pm$ 0,15 b C
Adulte femelle	2,66 $\pm$ 0,15 a C	2,26 $\pm$ 0,15 b D	1,93 $\pm$ 0,15 c D

**Tableau 49 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le poids corporel (mg) des individus de quelques stades chez *Culex pipiens* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

Stades	Témoins	DL50	DL90
Larve 4	2,70 $\pm$ 0,08 a A	2,37 $\pm$ 0,05 b A	2,23 $\pm$ 0,05 c A
Pupe	3,23 $\pm$ 0,12 a B	2,93 $\pm$ 0,05 b B	2,87 $\pm$ 0,06 b B
Adulte mâle	1,33 $\pm$ 0,04 a C	1,23 $\pm$ 0,05 a C	1,17 $\pm$ 0,05 a C
Adulte femelle	1,77 $\pm$ 0,04 a D	1,60 $\pm$ 0,08 a D	1,53 $\pm$ 0,12 a D

### 3.7.3. Croissance linéaire

L'effet de cet insecticide (DL50 et DL90) a été évalué sur certains paramètres morphométriques : la largeur du thorax des larves 4 et pupes, la longueur des ailes des adultes mâles et femelles et le volume corporel (V) des individus témoins et traités.

#### 3.7.3.1. Largeur du thorax

La largeur du thorax marque une augmentation significative du stade larvaire L4 au stade nymphal pour les deux séries témoins et traitées (DL50 et DL90) aussi bien pour *Culiseta longiareolata* ( $p=0,001$  ; 0,001 et 0,001 respectivement) que pour *Culex pipiens*

( $p=0,003$  ;  $<0,001$  et  $<0,001$  respectivement). La comparaison des valeurs moyennes montre que le traitement provoque une diminution significative de ce paramètre chez les larves 4 et les pupes de *Culiseta longiareolata* avec les deux doses ( $p=0,031$  et  $0,019$ ) et *Culex pipiens* avec la dose la plus élevée ( $p= 0,042$ ).

**Tableau 50 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur la largeur du thorax (mm) des larves 4 et pupes chez *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

Stades	Témoins	DL50	DL90
Larve 4	$1,90 \pm 0,08$ a A	$1,62 \pm 0,03$ b A	$1,55 \pm 0,03$ b A
Pupe	$2,32 \pm 0,10$ a B	$2,24 \pm 0,02$ a B	$2,01 \pm 0,01$ b B

**Tableau 51 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur la largeur du thorax (mm) des larves 4 et pupes chez *Culex pipiens* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

Stades	Témoins	DL50	DL90
Larve 4	$1,45 \pm 0,01$ a A	$1,33 \pm 0,01$ a A	$1,28 \pm 0,01$ b A
Pupe	$1,62 \pm 0,01$ a B	$1,57 \pm 0,01$ a B	$1,53 \pm 0,02$ b B

### 3.7.3.2. Longueur des ailes

Concernant la longueur des ailes, les femelles présentent des valeurs relativement élevées par rapport aux mâles chez les séries témoins, traitées et pour les deux espèces étudiées. La comparaison des moyennes révèle une diminution non significative pour les mâles des deux espèces ( $p > 0,05$ ) traités avec la DL50, par contre cette diminution est significative pour les mâles traités avec la DL90 ( $p= 0,044$  et  $0,040$ ) chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, respectivement. Concernant les femelles, la longueur des ailes marque une diminution significative chez les traitées à la DL50 ( $p= 0,038$  et  $0,040$ ) et à la DL90 ( $p= 0,018$  et  $0,023$ ) chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, respectivement (Tableaux 52 et 53).

**Tableau 52 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur la longueur des ailes (mm) des adultes mâles et femelles chez *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

Stades	Témoins	DL50	DL90
Adulte mâle	3,81 $\pm$ 0,08 a A	3,63 $\pm$ 0,05 a A	3,47 $\pm$ 0,10 b A
Adulte femelle	4,42 $\pm$ 0,13 a B	3,93 $\pm$ 0,02 b B	3,71 $\pm$ 0,08 c B

**Tableau 53 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur la longueur des ailes (mm) des adultes mâles et femelles chez *Culex pipiens*. ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

Stades	Témoins	DL50	DL90
Adulte mâle	3,20 $\pm$ 0,02 a A	3,17 $\pm$ 0,01 a A	3,07 $\pm$ 0,02 b A
Adulte femelle	3,94 $\pm$ 0,05 a B	3,69 $\pm$ 0,01 b B	3,45 $\pm$ 0,02 c B

### 3.7.3.3. Volume corporel des individus

Les résultats obtenus (Tableaux 54 et 55) montrent que le volume corporel des individus témoins et traités (DL50 et DL90) augmentent significativement ( $p < 0,001$ ) au cours des stades étudiés chez les deux espèces. La comparaison des moyennes par le test  $t$  de Student montre que le traitement avec la DL50 provoque une diminution significative du volume corporel des adultes femelles chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* ( $p = 0,034$  et  $0,032$  respectivement). Par ailleurs, les séries traitées à la DL90 présentent une diminution significative du volume corporel à tous les stades testés, stade larvaire 4 ( $p = 0,042$  et  $0,012$ ), stade nymphal ( $p = 0,025$  et  $0,013$ ), stade adulte mâle ( $p = 0,009$  et  $0,005$ ) et stade adulte femelle ( $p = 0,01$  et  $0,009$ ) et cela chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. De plus, les femelles présentent des valeurs les plus élevées par rapport aux mâles chez les deux séries et pour les deux espèces.

**Tableau 54 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le volume corporel ( $\text{mm}^3$ ) des individus de quelques stades chez *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

Stades	Témoins	DL50	DL90
L4	6,97 $\pm$ 0,92 a A	4,47 $\pm$ 0,20 a A	3,78 $\pm$ 0,28 b A
Pupe	12,69 $\pm$ 1,78 a B	11,38 $\pm$ 0,36 a B	8,24 $\pm$ 0,20 b B
Adulte mâle	55,71 $\pm$ 3,68 a C	48,42 $\pm$ 2,22 a C	42,15 $\pm$ 3,98 b C
Adulte femelle	86,87 $\pm$ 8,16 a D	60,90 $\pm$ 1,36 b D	51,34 $\pm$ 3,49 c D

**Tableau 55 :** Effet du spiromesifène (DL50 et DL90) sur le volume corporel ( $\text{mm}^3$ ) des individus de quelques stades chez *Culex pipiens* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 10 individus). Comparaison des moyennes à différents stades pour une même série (lettres majuscules) et pour un même stade entre les différentes séries (lettres minuscules).

Stades	Témoins	DL50	DL90
L4	3,08 $\pm$ 0,05 a A	2,36 $\pm$ 0,01 a A	2,08 $\pm$ 0,06 b A
Pupe	4,31 $\pm$ 0,12 a B	3,76 $\pm$ 0,02 a B	3,36 $\pm$ 0,10 b B
Adulte mâle	33,12 $\pm$ 0,61 a C	30,92 $\pm$ 0,29 a C	28,93 $\pm$ 0,43 b C
Adulte femelle	61,19 $\pm$ 2,01 a D	50,58 $\pm$ 0,53 b D	47,88 $\pm$ 0,77 c D

### 3.8. Impact du spiromesifène sur la reproduction

#### 3.8.1. Effet sur la morphométrie de l'ovaire

L'effet du spiromesifène, appliqué avec la DL50 sur des larves du quatrième stade nouvellement exuviées, a été évalué à différentes périodes (2, 4 et 6 jours) durant la vie adulte, sur la longueur et la largeur des ovaires, le nombre d'ovocytes, la longueur (L), la largeur (l) et le volume (V) de l'ovocyte basal.

### 3.8.1.1. Effet sur la longueur de l'ovaire

L'examen des résultats révèle une augmentation significative de la longueur de l'ovaire avec l'âge des femelles chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* jusqu'au 4<sup>ème</sup> jour puis diminue significativement au dernier jour chez les séries témoins et traitées. En comparant les deux séries pour le même âge, on constate que la longueur de l'ovaire diminue significativement après le traitement (DL50) chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* à 2 (p= 0,019 et 0,002), 4 (p=0,001 et 0,0011) et 6 jours ( p<0,001) respectivement (Tableau 56).

**Tableau 56 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur la longueur (mm) de l'ovaire chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* (m ± SD, n = 3 répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Traitement Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	0,93 ± 0,030 a A	0,64 ± 0,04 b A	0,81 ± 0,10 a A	0,58 ± 0,07 b A
4	1,12 ± 0,025 a B	0,83 ± 0,05 b B	1,44 ± 0,08 a B	0,77 ± 0,10 b B
6	0,84 ± 0,036 a C	0,57 ± 0,02 b C	1,00 ± 0,06 a C	0,61 ± 0,10 b C

### 3.8.1.2. Effet sur la largeur de l'ovaire

Les résultats obtenus (Tableau 57), montre une augmentation significative de la largeur de l'ovaire vers le 4<sup>ème</sup> jour, puis diminue significativement au 6<sup>ème</sup> jour (p<0,001 et 0,002) chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* respectivement et chez les séries traitées et témoins. La comparaison des valeurs moyennes entre les deux séries pour le même âge révèle une diminution significative de la largeur de l'ovaire au 2<sup>ème</sup> (p= 0,032 et 0,022), 4<sup>ème</sup> (p=0,011 et 0,01) et 6<sup>ème</sup> jour (p=0,009 et 0,008) chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* respectivement.

**Tableau 57 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur la largeur (mm) de l'ovaire chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Traitement Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	0,27 ± 0,02 a A	0,20 ± 0,02 b A	0,23 ± 0,02 a A	0,16 ± 0,02 b A
4	0,34 ± 0,02 a B	0,22 ± 0,02 b B	0,36 ± 0,02 a B	0,20 ± 0,01 b B
6	0,25 ± 0,01 a C	0,18 ± 0,01 b C	0,26 ± 0,02 a C	0,18 ± 0,04 b C

### 3.8.1.3. Effet sur le nombre d'ovocytes

Les résultats mentionnés dans le tableau 58 montrent une augmentation du nombre d'ovocytes par paire d'ovaires à 4 jours suivie d'une diminution à 6 jours, aussi bien chez les témoins que chez les traités pour les deux espèces. En comparant les deux séries, on constate que le traitement provoque une réduction significative du nombre d'ovocytes aux différents temps testés ( $p = 0,012$  et  $0,009$  à 2 jours;  $p = 0,001$  et  $0,001$  à 4 jours;  $p = 0,001$  et  $p < 0,001$  à 6 jours), et cela pour *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. De plus, Les fortes valeurs sont observées chez *Culiseta longiareolata* par rapport à *Culex pipiens*.

**Tableau 58 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur le nombre d'ovocytes/paire d'ovaires enregistrés à différents temps au cours de la vie adulte chez les femelles de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Traitement Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	91,00 ± 5,57 a A	80,33 ± 7,37 b A	131,00 ± 5,57 a A	108,33 ± 4,16 b A
4	123,33 ± 4,16 a B	94,00 ± 7,55 b B	159,33 ± 4,04 a B	122,67 ± 5,86 b B
6	82,33 ± 3,06 a C	65,67 ± 4,16 b C	103,33 ± 6,66 a C	77,00 ± 7,02 b C

### 3.8.1.4. Longueur de l'ovocyte basal

L'examen des résultats révèle une augmentation significative de la longueur de l'ovocyte basal au cours des premiers jours de la vie adulte aussi bien chez les séries témoins que chez les séries traitées puis diminue à 6 jours. En comparant les deux séries pour le même âge, on constate que la longueur de l'ovocyte basal diminue significativement à 2 ( $p=0,030$ ), 4 ( $p=0,009$ ) et 6 jours ( $p=0,041$ ) pour *Culiseta longiareolata* et à 2 ( $p=0,019$ ), 4 ( $p=0,029$ ) et 6 jours ( $p=0,032$ ) pour *Culex pipiens* (Tableau 59).

**Tableau 59 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur la longueur de l'ovocyte basal ( $\mu\text{m}$ ) enregistrée à différents temps au cours de la vie adulte chez les femelles de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	97,67 $\pm$ 2,52 a A	76,50 $\pm$ 1,53 b A	84,33 $\pm$ 3,21 a A	71,00 $\pm$ 2,00 b A
4	107,00 $\pm$ 2,65 a B	94,33 $\pm$ 3,21 b B	155,00 $\pm$ 4,58 a B	97,75 $\pm$ 2,08 b B
6	82,50 $\pm$ 2,52 a C	70,67 $\pm$ 2,08 b C	65,18 $\pm$ 4,28 a C	57,50 $\pm$ 1,53 b C

### 3.8.1.5. Largeur de l'ovocyte basal

Les résultats mentionnés dans le tableau 60, révèlent une augmentation hautement significative de la largeur de l'ovocyte basal à 4 jours puis une diminution à 6 jours chez les deux espèces et pour les deux séries. La comparaison des moyennes des séries témoins et traitées du même âge, montre une diminution significative de ce paramètre pour presque toutes les catégories d'âge, 2 ( $p= 0,04$  et  $0,045$ ), 4 ( $p= 0,0021$  et  $0,003$ ) et 6 jours ( $p= 0,032$  et  $0,02$ ) pour *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* respectivement.

**Tableau 60 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur la largeur de l'ovocyte basal ( $\mu\text{m}$ ) enregistrée à différents temps au cours de la vie adulte chez les femelles de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Traitement Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	95,33 $\pm$ 2,52 a A	68,65 $\pm$ 3,21 b A	84,35 $\pm$ 4,04 a A	67,65 $\pm$ 2,52 b A
4	103,55 $\pm$ 4,04 a B	89,33 $\pm$ 3,06 b B	147,67 $\pm$ 3,52 a B	108,25 $\pm$ 10,41 b
6	78,67 $\pm$ 3,51 a C	66,35 $\pm$ 1,53 b C	112,30 $\pm$ 3,06 a C	90,35 $\pm$ 3,52 b C

### 3.8.1.6. Volume de l'ovocyte basal

Le tableau 61 rassemble les résultats du volume de l'ovocyte basal obtenus chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, et qui montre une augmentation significative à 4 jours suivie d'une diminution à 6 jours chez les séries témoins et traitées. En comparant les deux séries pour le même âge, on constate que le traitement marque une diminution significative du volume de l'ovocyte basal à 2 ( $p=0,010$  et  $0,016$ ), 4 ( $p=0,017$  et  $0,004$ ) et 6 jours ( $p=0,023$  et  $0,014$ ) chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* respectivement.

**Tableau 61 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur le volume ( $10^{-3} \cdot \text{mm}^3$ ) de l'ovocyte basal enregistré à différents temps au cours de la vie adulte chez les femelles de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Traitement Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	0,46 $\pm$ 0,03 a A	0,19 $\pm$ 0,02 b A	0,31 $\pm$ 0,02 a A	0,17 $\pm$ 0,02 b A
4	0,60 $\pm$ 0,06 a B	0,39 $\pm$ 0,03 b B	1,77 $\pm$ 0,11 a B	0,60 $\pm$ 0,10 b B
6	0,27 $\pm$ 0,03 a C	0,16 $\pm$ 0,03 b C	0,41 $\pm$ 0,04 a C	0,24 $\pm$ 0,01 b C

### 3.8.2. Effet sur la morphométrie des testicules

Les larves du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* ont été traitées avec les DL50 de spiromesifène. Dès leur exuviation imaginale, des dissections réalisées sur des mâles permettent de prélever les testicules à différents jours de la vie adultes (2, 4 et 6 jours).

#### 3.8.2.1. Effet sur la longueur des testicules

L'analyse des résultats indique une augmentation progressive de la longueur des testicules au cours des différents jours de la vie adulte aussi bien chez les séries témoins que chez les séries traitées pour les deux espèces. En comparant les deux séries pour le même âge, on constate que la longueur des testicules diminue de façon significative uniquement au 6<sup>ème</sup> jour ( $p= 0,019$ ) chez les séries traitées de *Culex pipiens*, et au 4<sup>ème</sup> ( $p= 0,038$ ) et 6<sup>ème</sup> jours ( $p= 0,028$ ) chez *Culiseta longiareolata*.

**Tableau 62 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur la longueur (mm) des testicules chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire des testicules). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Traitement Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	0,96 ± 0,07 a A	0,80 ± 0,01 a A	1,25 ± 0,05 a A	1,08 ± 0,08 a A
4	1,11 ± 0,07 a B	0,91 ± 0,20 a B	1,39 ± 0,04 a B	1,09 ± 0,08 b A
6	1,31 ± 0,03 a C	1,12 ± 0,02 b C	1,64 ± 0,09 a C	1,16 ± 0,04 b A

#### 3.8.2.2. Effet sur la largeur des testicules

Les résultats obtenus montrent que l'évolution de la largeur des testicules en terme d'âge ne montre aucune différence chez les deux séries et pour *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. Par contre, le traitement provoque une diminution significative de ce paramètre à 2 ( $p=0,025$  et  $0,021$ ), 4 ( $p=0,019$ ) et 6 jours ( $p=0,022$  et  $0,020$ ) pour *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* respectivement (Tableau 63).

**Tableau 63 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur la largeur (mm) des testicules chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire des testicules). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	0,13 ± 0,003 a A	0,11 ± 0,001 b A	0,20 ± 0,004 a A	0,18 ± 0,009 b A
4	0,14 ± 0,002 a A	0,12 ± 0,002 b A	0,22 ± 0,012 a A	0,20 ± 0,012 b A
6	0,16 ± 0,002 a A	0,14 ± 0,003 b A	0,23 ± 0,008 a A	0,21 ± 0,019 b A

### 3.8.3. Effet sur la biochimie ovarienne

#### 3.8.3.1. Effet sur le contenu en protéines ovariennes

Le contenu en protéines ovariennes chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* augmente significativement avec l'âge jusqu'à 4 jours puis diminue significativement à 6 jours pour les séries témoins et traitées. La comparaison entre les deux séries pour le même âge, montre une diminution significative de ce contenu pour tous les âges testés chez *Culex pipiens*, 2<sup>ème</sup> ( $p= 0,010$ ), 4<sup>ème</sup> ( $p= 0,006$ ) et 6<sup>ème</sup> jours ( $p= 0,012$ ) et au 4<sup>ème</sup> ( $p=0,025$ ) et 6<sup>ème</sup> jour ( $p=0,020$ ) chez *Culiseta longiareolata*. De plus les deux espèces marquent des valeurs presque similaires au cours de la période testées et chez les deux séries (Tableau 64).

**Tableau 64:** Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en protéines ovariennes ( $\mu\text{g/paire}$  d'ovaires) à différents temps au cours de la vie adulte chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	12,23 ± 0,39 a A	9,19 ± 0,63 b A	12,13 ± 0,81 a A	11,49 ± 0,48 a A
4	15,99 ± 0,31 a B	10,18 ± 0,50 b B	19,08 ± 0,96 a B	14,38 ± 1,21 b B
6	9,86 ± 0,66 a C	7,20 ± 0,30 b C	12,63 ± 1,02 a C	8,70 ± 0,30 b C

### 3.8.3.2. Effet sur le contenu en glucides ovariens

Les résultats obtenus (tableau 65) marquent une augmentation significative du contenu en glucides ovariens de 2 à 4 jours suivie d'une diminution à 6 jours pour les deux séries et chez les deux espèces. La comparaison des deux séries pour le même âge montre que le contenu de ce métabolite marque une diminution non significative au cours de 2<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jours ( $p > 0,05$ ) et significative au 6<sup>ème</sup> jour ( $p = 0,016$  et  $0,026$ ) chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* respectivement.

**Tableau 65 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en glucides ovariens ( $\mu\text{g/paire}$  d'ovaires) enregistrés à différents temps au cours de la vie adulte chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Traitement Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	18,45 $\pm$ 0,50 a A	16,90 $\pm$ 0,40 a A	17,04 $\pm$ 0,46 a A	15,51 $\pm$ 0,50 a A
4	21,22 $\pm$ 0,97 a B	17,98 $\pm$ 0,59 a B	18,58 $\pm$ 0,45 a B	17,06 $\pm$ 0,18 a B
6	16,03 $\pm$ 0,61 a C	11,55 $\pm$ 0,71 b C	14,64 $\pm$ 0,84 a C	11,01 $\pm$ 0,58 b C

### 3.8.3.3. Effet sur le contenu en lipides ovariens

Le contenu en lipides ovariens chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* (Tableau 66), augmente de 2 à 4 jours aussi bien dans la série témoin que la série traitée puis diminue à 6 jours. En comparant les deux séries, on constate que le spiromesifène diminue significativement le contenu en lipides ovariens durant tous les âges étudiés, ( $p = 0,008$ ) et ( $p = 0,009$ ) au cours du 2<sup>ème</sup> jour, ( $p = 0,008$ ) et ( $p = 0,004$ ) au cours du 4<sup>ème</sup> jour, ( $p = 0,006$ ) et ( $p = 0,003$ ) au cours du 6<sup>ème</sup> jour chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* respectivement.

**Tableau 66 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en lipides ovariens ( $\mu\text{g/paire}$  d'ovaires) enregistrés à différents temps au cours de la vie adulte chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire d'ovaires). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	10,20 $\pm$ 0,61 a A	7,26 $\pm$ 0,18 b A	15,01 $\pm$ 0,28 a A	10,63 $\pm$ 0,81 b A
4	11,68 $\pm$ 0,55 a B	8,88 $\pm$ 0,46 b B	17,59 $\pm$ 0,45 a B	12,61 $\pm$ 0,55 b B
6	8,53 $\pm$ 0,46 a C	5,13 $\pm$ 0,09 b C	13,62 $\pm$ 0,31 a C	9,13 $\pm$ 0,20 b C

### 3.8.4. Effet sur la biochimie testiculaire

#### 3.8.4.1. Effet sur le contenu en protéines testiculaires

Le contenu en protéines testiculaire chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* augmente significativement avec l'âge pour les séries traitées et témoins. La comparaison entre les deux séries, ne montre aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) de ce contenu et cela pour tous les âges testés chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. (Tableau 67).

**Tableau 67 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en protéines testiculaires ( $\mu\text{g/paire}$  de testicules) à différents temps au cours de la vie adulte chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm SD$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire de testicules). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	CL50	Témoin	CL50
2	7,80 $\pm$ 0,63 a A	7,07 $\pm$ 0,17 a A	8,83 $\pm$ 0,64 a A	7,48 $\pm$ 0,39 a A
4	9,55 $\pm$ 0,48 a B	8,69 $\pm$ 0,32 a B	11,77 $\pm$ 0,68 a B	9,63 $\pm$ 0,66 a B
6	11,73 $\pm$ 0,99 a C	10,84 $\pm$ 0,60 a C	13,18 $\pm$ 0,34 a C	11,58 $\pm$ 0,50 a C

### 3.8.4.2. Effet sur le contenu en glucides testiculaires

Le contenu en glucides testiculaires chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* augmente significativement avec l'âge pour les séries traitées et témoins. La comparaison entre les deux séries pour le même âge, montre une diminution non significative de ce contenu pour tous les âges testés, à 2, 4 et 6 jours ( $p > 0,05$ ) chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* (Tableau 68).

**Tableau 68 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en glucides testiculaires ( $\mu\text{g/paire}$  de testicules) à différents temps au cours de la vie adulte chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire de testicules). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	11,59 $\pm$ 0,45 a A	10,79 $\pm$ 0,47 a A	15,27 $\pm$ 0,75 a A	14,39 $\pm$ 0,52 a A
4	13,40 $\pm$ 0,76 a B	12,93 $\pm$ 0,53 a B	16,87 $\pm$ 0,45 a B	16,57 $\pm$ 0,51 a B
6	14,66 $\pm$ 0,63 a C	13,92 $\pm$ 0,31 a C	18,24 $\pm$ 0,43 a C	16,82 $\pm$ 0,32 a C

### 3.8.4.3. Effet sur le contenu en lipides testiculaires

Le contenu en lipides testiculaires chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* augmente significativement avec l'âge pour les séries traitées et témoins. La comparaison entre les deux séries, montre une diminution significative de ce contenu pour tous les âges testés, ( $p=0,006$  et  $0,001$ ) à 2 jours, ( $p=0,005$  et  $0,008$ ) à 4 jours, et ( $p=0,009$  et  $0,004$ ) à 6 jours chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* respectivement (Tableau 69).

**Tableau 69 :** Effet du spiromesifène (DL50) sur le contenu en lipides testiculaires ( $\mu\text{g}$ /paire de testicules) à différents temps au cours de la vie adulte chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ( $m \pm \text{SD}$ ,  $n = 3$  répétitions comportant chacune 25 paire de testicules). Comparaison des moyennes à différents temps pour une même série (lettres majuscules) et pour un même temps entre les différentes séries (lettres minuscules).

Age (jours)	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	Témoin	DL50	Témoin	DL50
2	5,99 $\pm$ 0,28 a A	4,09 $\pm$ 0,03 b A	8,71 $\pm$ 0,43 a A	5,95 $\pm$ 0,25 b A
4	7,10 $\pm$ 0,14 a B	5,15 $\pm$ 0,10 b B	10,64 $\pm$ 0,60 a B	7,21 $\pm$ 0,31 b B
6	8,45 $\pm$ 0,46 a C	6,28 $\pm$ 0,27 b C	12,10 $\pm$ 0,20 a C	8,47 $\pm$ 0,46 b C

# DISCUSSION

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Etude taxonomique

L'analyse de la composition du peuplement Culicidien des sites d'études à savoir, : El Aouinet, Morssot, Boulhef Dyr, Tébessa ville et Elma Labiod, révèle la présence de 8 espèces appartenant à une seule sous-famille; celle des Culicinae, avec 3 tribus, la tribu des Aedini représentée par une seule espèce: *Aedes caspius*, la tribu des Culicini avec un seul genre, celui des *Culex* qui contient 5 espèces (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex perexiguus* et *Culex laticinctus*) et la tribu des Culisetini avec 2 espèces (*Culiseta longiareolata* et *Culiseta annulata*). Boudemagh *et al.* (2013) ont signalés la présence de 13 espèces de Culicidae appartenant à 2 sous-familles, celle des *Anophelinae* et celle des *Culicinae*. Il s'agit de *Culex pipiens*, *Culex latincintus*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex impudicus*, *Culex pusillus*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta ochroptera*, *Culiseta glaphyroptera*, *Anopheles maculipennis sacharovi*, *Orthopodomyia pulcripalpis* et *Uranotaenia unguiculata*, dans la région de Collo willaya du Skikda (Nord-Est de l'Algérie). Dans la région de Constantine, Berchi (2000b), a noté la présence de 7 espèces de Culicidae appartenant à 2 sous-familles, celle des *Anophelinae* et celle des *Culicinae*. Il s'agit de *Culex pipiens*, *Culex mimeticus*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culiseta longiareolata*, *Anopheles Labranchiae* et *Uranotaenia unguiculata*. D'après Hassaine (2002), le peuplement Culicidien de l'Afrique méditerranéenne est composé de 67 espèces appartenant à deux sous-familles et à sept genres différents.

Senevet & Andarelli (1960) ont recensé sur une période de trente années de travail sur le terrain, un total de 27 espèces de Culicidae dans la région d'Alger, appartenant à deux sous-familles, celles des *Anophelinae* et celle des *Culicinae*. Dans la première sous-famille sept espèces d'*Anopheles* ont été inventoriées appartenant toutes au genre *Anopheles*. Parmi ces espèces, on notera *Anopheles maculipennis* qui d'après Senevet & Andarelli (1955 a, b) constitue un complexe et seule la variété *labranchiae* existe en Algérie. Hassaine (2002), dans la région Ouest d'Algérie (Tlemcen), a noté 20 espèces de Culicidae, ce nombre d'espèces qui est relativement important peut être expliqué par le grand nombre d'échantillonnages réalisés dans cette région, ainsi que la période de prospection sur terrain qui est étalée sur une durée de deux années. En effet, selon Faurie *et al.* (1980), le nombre d'espèces inventoriées est fonction du nombre d'individus récoltés. Les espèces Culicidiennes retrouvées simultanément dans la région Ouest Algérien et la région orientale de l'Algérois sont: *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae*, *Culex modestus*, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Ces espèces

sont représentées à la fois dans des régions caractérisées par un climat semi-aride comme celui de Tébessa et dans les régions situées dans l'étage bioclimatique subhumide.

Senevet & Andarelli (1960) ont affirmé l'existence de ces espèces également dans le Tassili et le Sahara algérien. De son côté, Brunhes *et al.* (2000), rapportent que la faune Culicidienne d'Algérie est riche de 48 espèces. Cette diversité réside dans la climatologie et la diversité des biotopes offerts au développement des Culicidae. Les recherches menées sur la biosystématique des Culicidae dans quatre stations de la région orientale d'Alger, du marais de Réghaia et de l'oued Sébaou de Tizi Ouzou ont permis de recenser 13 espèces appartenant à deux sous-familles. Ce sont *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae*, *Culex mimeticus*, *Culex perexiguus*, *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex impudicus*, *Culex territans*, *Culex hortensis*, *Culex modestus*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta subochrea* et *Uranotaenia unguiculata* (Lounaci, 2003). De plus, 50 espèces de Culicidae, réparties entre sept genres et 15 sous-genres, ont été signalées au Maroc depuis le début de ce siècle. Cependant, dix d'entre elles sont restées douteuses ou signalées d'une manière incertaine. Les travaux réalisés par Himmi *et al.* (1995), ont permis de mettre en évidence 47 espèces au Maroc. Ainsi, dans la région de Rabat (Maroc), 9 espèces de Culicidae ont été inventoriées (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex impudicus*, *Culiseta longiareolata*, *Culex subochrea*, *Uranotaenia unguiculata*, *Anopheles Labranchiae*, *Aedes caspius* et *Aedes detritus*).

De même Schaffner (1998) signale la présence de 63 espèces de Culicidae récoltées en France. Elles se répartissent en sept genres: *Anopheles* (14 espèces), *Aedes* (27 espèces), *Culex* (10 espèces), *Culiseta* (8 espèces), *Coquillettia* (2 espèces), *Orthopodomyia* (1 espèce) et *Uranotaenia* (1 espèce). Bourassa *et al.* (1992), ont inventorié dans le Sud du Québec (Canada) six espèces de Culicidae colonisant les creux d'arbres et les pneus usagés.

#### **4.2. Etude écologique**

L'analyse de la composition en espèces de Culicidae dans les différents sites d'étude montre en premier lieu que chaque milieu présente une particularité faunistique. En effet, d'après les résultats obtenus, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* se développent dans tous types de gîtes qu'ils soient artificiels ou naturels. Leur probabilité de rencontre est élevée et leur pouvoir de dispersion est considérable. Il existe des espèces communes pour la plupart des gîtes d'études, c'est le cas de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, d'autres sont propres à certains gîtes (naturel). Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Senevet & Andarelli (1960), qui mentionnent la présence de ces espèces dans la région d'Alger, d'Oran, de Constantine, dans les Hauts plateaux, la région de Collo willaya de Skikda et le Sahara. Le site de Boulhef Dyr héberge une faune Culicidienne plus diversifiée avec 8 espèces dont deux

propres à ce type de milieu. Ce sont *Culiseta annulata* et *Aedes Caspius*, ce qui traduit bien l'affinité très marquée de ces espèces pour le milieu riche en végétation car la structure de la végétation assure un microclimat thermique et lumineux favorables. Selon Seguy (1947), l'abondance en espèces de Culicidae diminue lorsque le couvert végétal et l'ombre qui sont créés par les arbres diminuent. Les travaux de Maire (1980), ont permis de montrer qu'à chaque groupement végétal correspond un peuplement de moustiques relativement stable. Concernant la richesse totale, les valeurs les plus élevées sont observées au niveau du site de Boulhef Dyr où les conditions sont favorables à l'installation de la faune Culicidienne. Ce gîte est caractérisé par sa surface importante et un couvert végétal plus développé et diversifié. La végétation est doublement importante car les larves de Culicidae se nourrissent de phytoplanctons et de consommateurs primaires à qui la biomasse végétale est indispensable.

Par ailleurs, la végétation peut conditionner indirectement la présence d'un invertébré dans un gîte donné en modifiant la qualité physico-chimique de l'eau (Roux, 1981). Ainsi, la décomposition de la végétation qui enrichi le milieu en matière organique serait indispensable à la prolifération de plusieurs espèces aquatiques en particulier les Culicidae. Les stations du site de Tébessa ville sont des milieux artificiels, la richesse spécifique de ces gîtes est relativement moins importante. Ils comprennent des stations dont les conditions sont hostiles à l'installation d'une faune Culicidienne diversifiée. Ces gîtes sont de petites dimensions dépourvues de végétation. L'eau de ces gîtes est généralement bien oxygénée et rarement polluée. Il semblerait que ce type de gîtes artificiel ne soit pas le biotope idéal recherché par les moustiques. Hassaine (2002) a signalé que la richesse spécifique des Culicidae en Afrique méditerranéenne diminue en fonction de l'altitude. En effet, elle est de 48 espèces entre 0 et 100 m d'altitude et de 20 espèces entre 1000 et 1500 m d'altitude, il utilise le terme «Afrique méditerranéenne» pour désigner les cinq pays d'Afrique qui ont une façade sur la méditerranée, il s'agit du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie, de la Libye et de l'Égypte. Par ailleurs, la richesse spécifique baisse considérablement à une altitude supérieure à 2500 m pour atteindre une valeur de 2. Les espèces vivant dans les hautes altitudes s'adaptent plus facilement à ce type de milieu que d'autres espèces. Selon le même auteur, les forêts et les zones agricoles hébergent une faune Culicidiennes plus diversifiée où la richesse spécifique atteint 39 que celle qui se trouve en milieu ouvert où les conditions du milieu sont plus sévères.

Les résultats de l'abondance relative révèle que *Culiseta longiareolata* est l'espèce qui présente l'effectif le plus élevé au niveau des différents sites, suivie de *Culex pipiens* et *Culex theileri*. Les autres taxons tels que *Culiseta annulata* et *Aedes caspius* ont des fréquences faibles. Ces résultats corroborent ceux de Berchi (2000b) qui a observé dans la région de

Constantine que les Culicidae représentent 98,5 % des diptères recensés au niveau des gîtes péri-urbains. L'espèce *Culex pipiens* est la plus dominante avec une fréquence de 91,36% dans la station d'Ain Smara et de 98,8 % à Didouche Mourad. De même, dans les gîtes urbains de cette région, *Culex pipiens* représente 99 % des diptères recensés ou cette espèce semble avoir une fréquence très marquée pour les gîtes pollués. Hassaine (2002) a classé *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* parmi les espèces à très large répartition au niveau de l'Afrique méditerranéenne. Ainsi, *Culex pipiens* présente une abondance relative de 22,26 % et *Culiseta longiareolata* a un taux de 24,41 %. Manga *et al.* (1992) rapportent que dans la région de Yaoundé (Cameroun), la composition de la faune Culicidienne agressive pour l'homme est très variable avec une nette prédominance de *Culex quinquefasciatus* qui présente un taux de 84 %, par contre, la faune anophélienne représente moins de 7 % des effectifs et est composée d'*Anopheles gambiae* (6 %) et *Anopheles funestus* (1 %).

L'indice de diversité de Shannon- Weaver calculé au niveau des sites d'études varie de 0,996 bits noté dans les stations (station3 de Boulhef Dyr, station 1 de Morssot, station 2 d'El Aouinet) à 2,01 bits noté dans la station 2 de Boulhef Dyr. D'après Blondel (1979), lorsque les conditions de vie dans un milieu sont favorables, on trouve de nombreuses espèces. Dans ce cas,  $H'$  est alors élevé, dans le cas contraire, on n'observe qu'un petit nombre d'espèces. D'après les résultats de Brunel *et al.* (1990), l'indice de diversité de Shannon-Weaver appliqué aux diptères Dolichopodidae le long d'un transect milieu humide/milieu sec au niveau de la vallée de la Somme (France), montre qu'en milieu humide,  $H'$  est égal à 4,01 alors qu'en milieu sec  $H'$  est de 2,98. L'indice décroît nettement du milieu le plus humide vers le milieu le plus sec, ce qui traduit l'affinité très marquée des Dolichopodidae pour les zones humides.

Concernant l'équitabilité, quand celle-ci tend vers 0, elle traduit un déséquilibre entre les effectifs des différentes espèces. A ce moment 1 à 2 espèces sont dominants. C'est le cas de la station 1 et 2 du site de Boulhef Dyr qui présente une équitabilité de 0,65 et 0,67 respectivement ou *Culiseta longiareolata* reste l'espèce la plus dominante. Il en est de même pour la station 3 d'El Aouinet et la station 2 de Morssot, ces dernières présentent respectivement des valeurs de 0,67 et 0,68 ou *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* sont les espèces qui prolifèrent le mieux. Les différentes espèces colonisant alors ces milieux, sont en déséquilibre entre elles. En ce qui concerne la fréquence d'occurrence, la valeur la plus élevée est notée pour *Culiseta longiareolata* pour les sites: El Aouinet, Morssot, Tébessa, Boulhef Dyr, Elma Labiod, elle est considérée dans ces milieux de constante. La seconde place est occupée par *Culex pipiens*. Au niveau du site de Boulhef dyr, trois espèces est relativement rares : *Culex laticinctus*, *Culiseta annulata* et *Aedes caspius*. Dans le même site, les espèces *Culex theileri*, *Culex hortensis* et *Culex perexiguus* ont accidentelles. *Culiseta longiareolata*

est l'espèce commune dans la région de Tébessa puisqu'elle est présente toute l'année avec un maximum au printemps dans les hauts plateaux, alors que dans les régions sahariennes, elle est plutôt hivernale et printanière (Himmi *et al.*, 1998). Les études dans le Nord-Ouest du Maroc ont permis de ressortir trois types de stratégies démographiques adoptées par les Culicidae dans cette région : un développement automno-hiverno-printanier continu, avec des espèces polyvoltines à 4-11 phases d'éclosion (*Culex pipiens*, *Culiseta annulata* et *Culiseta longiareolata*); un développement automno-printanier, interrompu en hiver avec 3-6 phases d'éclosion par an (*Culex theileri*, *Culiseta subochrea* et *Uranotaenia unguiculata*), et un développement automno - hivernal avec un maximum de 4 phases d'éclosion par an (*Aedes caspius* et *Aedes detritus*) (Himmi *et al.*, 1998). *Culiseta subochrea* et *Culex theileri* ont été identifiés dans l'extrême Sud de la Tunisie et leur abondance est évidemment lié à l'existence d'un vaste lac qui s'étend à travers le Sahara (Rioux *et al.*, 1969).

#### 4.3. Caractérisation morphométrique des espèces

Le volume corporel a été évalué à partir de la valeur cubique de la largeur du thorax des larves, la largeur céphalothoracique des pupes et la longueur des ailes des adultes. Ce paramètre augmente significativement au cours du développement post – embryonnaire chez les espèces examinées: *Aedes caspius*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta annulata*, *Culex pipiens*, *Culex theileri* et *Culex perexiguus*. Nijhout (1975) est le premier auteur qui a décrit des paramètres morphométriques de *Manduca sexta* et leur seuil critique pour contrôler la libération des hormones indispensables à certaines activités physiologiques. Le volume corporel des moustiques peut influencer quelques paramètres essentiels tels que le volume du repas sanguin consommé, le degré de son utilisation dans les voies métaboliques et le nombre d'œufs qui arrive à la maturation (Hosoi, 1954 b; Van Den Heuvel, 1963). Colless & Chellapah (1960) ont démontré la relation entre la fécondité d'*Aedes aegypti* et la quantité de sang ingéré qui sont tous deux sous le contrôle du volume corporel, déterminant d'une part l'ovogenèse et d'autre part, le nombre d'œufs produits.

Par ailleurs, Landry *et al.* (1988) ont montré une variation saisonnière significative du volume corporel chez *Aedes triseriatus* et une corrélation positive entre le volume corporel et les réserves nutritives telles que le glycogène et les lipides. Les résultats de la comparaison des valeurs moyennes montre une différence significative dans le même stade pour les espèces testées car on note de fortes valeurs chez *Culiseta longiareolata* et des faibles valeurs chez *Culex pipiens*.

Le processus de la croissance larvaire et le contrôle endocrine de la métamorphose ont été étudiés chez les Lépidoptères, essentiellement *M. sexta* (Nijhout, 1994). De sa part, Briegel

(1990) a signalé l'existence d'une forte corrélation entre la valeur cubique de la longueur des ailes et les réserves en protéines, lipides et glucides totaux à l'éclosion. Chez *Aedes taeniorhynchus*, la malnutrition larvaire, provoque une diminution de la longueur des ailes et des réserves nutritives réduisant l'autogénéité (Lea, 1964). Une corrélation positive entre le volume corporel et la fécondité a été observée chez certaines espèces de moustiques incluant *Aedes sierrensis* (Hawley, 1985 a, b), *Aedes triseriatus* (Grimstad & Haramis, 1984; Haramis, 1985) et *Aedes albopictus* (Hien, 1976).

Les variations du volume corporel des imagos résultent des conditions d'élevage des larves (surpeuplement, jeûn et alimentation). La taille des adultes d'*Aedes aegypti*, déterminée par les conditions nutritives durant la période larvaire, a un effet sur le pouvoir des femelles de stocker et de synthétiser les réserves et de les utiliser dans la reproduction. La capacité de se nourrir sur les vertébrés est deux fois plus grande chez les grosses femelles que chez les petites, de ce fait, la fécondité est 4 - 5 fois plus élevée (18 contre 118 œufs). Les travaux réalisés sur *Aedes aegypti* par Nasci (1986) ont démontré que les grosses femelles avec un grand stock énergétique à l'éclosion ont un potentiel de vol très grand leur permettant de contacter plusieurs hôtes et devenir un meilleur vecteur.

#### **4.4. Caractérisation biochimique des espèces**

Chez les insectes, l'hémolymphe subit des modifications métaboliques diverses, au cours du développement (larve, puppe et adulte). En effet, ces fluctuations sont liées aux différents états physiologiques de l'insecte tels que la mue, la nymphose et la diapause (Nowosielski & Patton, 1965). Les mêmes auteurs ont remarqué de forts changements des concentrations de protéines, d'acides aminés et de lipides dans l'hémolymphe d'un cricket *Acheta domesticus* L, à différents âges. Selon Galois (1987), les fortes variations des différents métabolites s'observent pendant le cycle de mue, la vitellogénèse et l'embryogénèse. En effet, durant ses différents stades évolutifs (stade larvaire, nymphal, imaginal), des modifications métaboliques intenses liées aux différents systèmes hormonaux et neurosécrétoires sont observées (Buck, 1953 ; Lamy, 1964 a ; Lamy, 1964 b ; Marty, 1968 ; Lamy, 1969).

Le dosage des principaux constituants biochimiques réalisés dans le corps entier des larves L4, les pupes et des adultes mâles et femelles chez les espèces inventoriées révèle que le genre *Culiseta* est le plus riche en réserves nutritives comparativement aux autres espèces inventoriées.

Les travaux réalisés sur des lépidoptères *Diatraea grandiosella* (Chippendale, 1970) et *Pieris brassicae*, indiquent que les fortes concentrations de protéines sont observés au cours du stade larvaire et diminuent par la suite au stade nymphal (Van Der Geest & Borgsteede,

1969). Par ailleurs, on remarque une accumulation des réserves protéiques au cours du stade larvaire chez *Cydia pomonella* (Sieber & Benz, 1978). En effet, les valeurs élevées des protéines enregistrées durant le stade larvaire sont en rapport probablement au transport important de ces protéines dans l'hémolymphe et à une mobilisation des réserves, pour la synthèse de la nouvelle cuticule (Bourguet & Exbrayat, 1977). Des résultats similaires sont observés chez la mouche domestique car les protéines proviendraient en grande partie des réserves du tissu adipeux accumulées au cours de la vie larvaire (Weismann, 1963). Les travaux de Stemberger & Gilbert (1985, 1987) ont montré que le contenu en protéines est faible quand le volume corporel des espèces est petit.

Les mêmes observations ont été faites au cours de notre travail où on a noté une augmentation des protéines totales au stade nymphal suivie d'une diminution chez les adultes mâles pour les espèces étudiées. De plus, les fortes valeurs sont signalées chez *Culiseta longiareolata* comparativement aux autres espèces, puisqu'elle présente un poids et un volume corporel le plus élevé. D'après les travaux de Briegel (1990) sur *Aedes aegypti*, les protéines et les glucides totaux sont fortement corrélés avec le volume corporel. De plus, Briegel (1985) a démontré que la concentration d'un acide aminé, isoleucine, est très importante pour la vitellogénèse en tant que facteur limitant de l'ovogénèse.

Le tréhalose est la fraction la plus importante des glucides circulants. Il joue un rôle métabolique de premier plan dans le cycle de développement (Steele, 1981) et constitue une source énergétique essentielle en libérant le glucose sous l'action d'une enzyme, tréhalase (Wyatt, 1967). Sa concentration dans l'hémolymphe est déterminée par la vitesse de deux processus: son retrait pour les besoins énergétiques de l'insecte et son stockage dans le corps gras. Chez l'abeille, le glucose constitue la plus grande fraction des glucides hémolympatiques circulants. La concentration de glucose chez les ouvrières d'*Apis mellifera carnica* est importante dans l'hémolymphe et varie avec l'âge des abeilles et les saisons (Beaker & Leher, 1974; Bounias, 1978). Chez la mouche *Musca domestica*, la glycémie varie selon l'âge (Le Bras & Echaubard, 1980). La quantité de glycogène varie largement selon le stade, l'état nutritionnel et les besoins énergétiques de l'insecte. Nayar & Van handel (1971) ont trouvé que le glycogène est utilisé comme combustible pour le vol. L'étude biochimique réalisée sur deux sous-espèces de moustiques, *Culex pipiens pipiens* et *Culex pipiens molestus*, a permis de mettre en évidence des différences des contenus en principaux métabolites et une augmentation de ces teneurs du premier stade larvaire au stade nymphal (Bendali *et al.*, 2001).

Concernant le contenu en glucides, nos résultats montrent des différences entre les espèces étudiées et une augmentation au cours des stades larvaires suivie d'une diminution au stade nymphal puis il remonte au stade adulte.

Les lipides représentent la principale source d'énergie chez les insectes (Beenakers *et al.*, 1985). Ils sont transportés du corps gras, site de leurs synthèse et stockage (Keely, 1985 ; Van Hensden & Law, 1989) vers les organes utilisateurs, notamment les ovaires (Kilby, 1963 ; Wigglesworth, 1972 ; Chino *et al.*, 1981) via l'hémolymphe pour être utilisés lors de la vitellogénèse (Downer, 1985 ; Keely, 1985). Plusieurs études ont démontrées que les triglycérides, dont le corps gras est le site majeur de stockage chez les insectes, sont une réserve métabolique importante. Dans le cas de lipides, on remarque des différences entre les espèces surtout au niveau du stade larvaire où on note des valeurs supérieures chez *Culiseta longiareolata* et les faibles valeurs chez les mâles pour *Culex pipiens*. Chez *Tribolium confusum* (in Beaudoin & Lemonde, 1970), les résultats indiquent que le maximum d'acide gras est observé au stade larvaire et au stade adulte. C'est justement à ces deux âges que l'activité métabolique est la plus intense. En effet, en plus du métabolisme basal chez la larve, il y a une activité locomotrice ; chez l'adulte il y a activité locomotrice et maturité sexuelle. Les résultats obtenus sur *Bombyx mori* montrent que le contenu en lipides augmente durant la métamorphose. Notons aussi qu'il y'a relativement peu de variations durant la période larvaire, alors que chez les pupes on note une forte diminution. Sachant que cet âge correspond à la période où l'insecte commence à utiliser ses réserves lipidiques.

Briegel (1990), a trouvé que les moustiques femelles avec un grand volume corporel synthétisent plus de lipides que les petites femelles. Les études de Van Handel (1984) ont montré qu'en absence de repas sanguin, les besoins énergétiques pour le métabolisme de base sont fournis par l'oxydation des lipides.

#### **4.5. Essai insecticide**

La toxicologie s'intéresse à la composition chimique et aux effets de toutes les substances toxiques connues, ainsi qu'à leurs effets post mortem. Les tests toxicologiques sont pour intérêt de caractériser le pouvoir insecticide d'une matière active à l'égard d'un insecte donné, ils sont nécessaires pour évaluer les doses létales (DL50 et DL90).

Le spiromesifène est un insecticide/acaricide avec un nouveau mode d'action, il inhibe la biosynthèse des lipides. Il est utilisé surtout pour la protection des cultures contre les acariens et les aleurodes, très actif et toxique contre les stades immatures ; larves, nymphes et même contre les adultes (Prabhaker *et al.*, 2008). Cette toxicité est évaluée à partir du taux de mortalité enregistrée après traitement et qui dépend des concentrations administrées.

Notre étude a pour but de tester la toxicité du spiromesifène à l'égard des larves du quatrième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* dont les résultats montrent une activité insecticide avec une relation dose-réponse.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés après application du spiromesifène sur les larves, les nymphes et les adultes de *Bemisia tabaci* (Kontsedalov *et al.*, 2008b ; Ghanim & Kontsedalov, 2009), et sur *Bemisia argentifolii bellows* et *perring* (Homoptera) (Prabhaker *et al.*, 2008). De plus, l'application du spiromesifène et buprofezin sur *Bemisia tabaci* et *Bemisia argentifolii*, provoque une réduction du nombre de population particulièrement au stade nymphal (Palumbo, 2009).

Les extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata*) appliqués sur les larves du deuxième et quatrième stade de quatre espèces de moustiques : *Culex pipiens*, *Aedes caspius*, *Culiseta longiareolata* et *Anopheles maculipennis*, montrent des résultats comparables entre les espèces testées, sauf que *Culiseta longiareolata* est l'espèce la plus sensible comparativement aux autres avec des DL50 de 110 mg/L pour l'extrait de ricin et 250 mg/L pour le bois de thuya, contrairement à *Anopheles maculipennis* où ces extraits sont moins toxiques (Aouinty *et al.*, 2006). Les travaux réalisés sur d'autres espèces de moustiques, montrent l'effet toxique de plusieurs produits utilisés tels que l'alsystine sur *Culex pipiens pipiens* (Rehimi & Soltani, 1999), l'extrait de 5 plantes (*Ammi visnaga* Lam., *Tetraclinis articulata* L., *Ricinus communis* L., *Nerium oleander* L. et *Inula viscosa*) sur la même sous espèce (Aouinty *et al.*, 2006), un bactério-insecticide *Bti* (0,025 mg/l) sur les larves 4 d'*Aedes aegypti* (Todorova, 2007) et une plante médicinale, *Mentha pulegium* (Labiée) sur les larves du deuxième et quatrième stade de culicidés (Aouinty *et al.*, 2006) . Les mêmes observations ont été faites après application des composés allélochimiques des *Allium* avec des doses variant de 0,02 mg/l à 1,23 mg/l sur cinq espèces d'insectes : *Callosobruchus maculatus*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granarius* appartenant à l'ordre des coléoptères, et *Ephestia kuehniella* et *Plodia interpunctella* appartenant à l'ordre des lépidoptères (Auger *et al.*, 2002). Maggi. (1973), indique que les crustacés, dont la physiologie présente beaucoup d'analogies avec celle des insectes, manifestent une sensibilité particulière pour les organophosphorés (fénitrothion et l'abate) avec des doses comprises entre 20 et 30 ppm.

Cependant, les résultats obtenus au cours de notre travail révèlent des doses létales du spiromesifène de 555,37 et 1366,7 µg/L, correspondant à la DL50 et la DL90 et qui sont identiques à celles trouvées chez *B. tabaci* (500 et 1400 µg/L) (Kontsedalov *et al.*, 2008a). Par ailleurs, la même molécule, utilisée à différentes doses (0,0024; 0,024; 0,24; 2,4 et 24 mg/L) a induit une mortalité des nymphes chez *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae)

(Tucuch *et al.*, 2010). L'application de deux mimétiques de l'hormone de mue, le méthoxyfénoside et l'halofénoside a pu mettre en évidence des toxicités à l'égard de deux espèces de moustiques ; *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* avec une relation dose-réponse (Tine-Djebbar, 2009). D'autre part, l'application de quatre insecticides organophosphorés (diméthoate, parathion, malathion, fenthion) sur deux prédateurs *Anthocoris nemoralis* (Hétéroptère, Anthocoridae) et *Pullus mediterraneus* (Coléoptère, Coccinellidae) présente des DL50 et DL90 qui sont respectivement : 105,3 et 165 ng/insecte pour le fenthion chez *Pullus mediterraneus*, et 16,5 et 31 ng/insecte chez *Anthocoris nemoralis* (M'hamed & Chemseddine, 1998). Les travaux d'Amira *et al.* (2013), démontrent l'effet d'un régulateur de croissance des insectes (halofénoside) sur les hydrocarbures cuticulaires chez les larves de *Culex pipiens* avec les doses létales suivantes : CL50=12,58 et CL90=28,58µg/l.

Dans un test de l'activité résiduelle du spiromesifène, Kontsedalov *et al.* (2008b) trouve que la dose la plus efficace est 5000 µg/L, qui provoque une mortalité de 60% après 2 semaines, et 80% on devrait trouver plus de mortalité après 3 semaines. Ainsi, que l'ordre de la demi vie des résidus d'insecticides était: Lambdacyhalothrin (12,45 h) < Spiromesifène (19,99 h) < endosulfane (27,49 h) (Choudhary & Sharma, 2008). Sharma *et al.* (2007), révèlent que les résidus du spiromesifène n'ont pas été détectés dans les échantillons de cultures et dans le sol après 15 jours de son application. De plus, les travaux de Palumbo, (2009) montrent que le spiromesifène et le buprofezin ne sont pas des contaminants pour la végétation.

#### **4.6. Effets du spiromesifène sur les biomarqueurs**

La lutte chimique contre les organismes nuisibles (rongeurs, arthropodes vecteurs de maladies ou destructeurs de récoltes) se traduit invariablement par la sélection d'individus résistants, c'est à dire capable de survivre et de se reproduire malgré la présence dans leur environnement de composés toxiques pouvant tuer des individus dits sensibles (Magnin *et al.*, 1985).

Plus de 500 espèces d'arthropodes sont maintenant résistantes à au moins, un insecticide ou acaricide. En dépit des diversités chimiques des insecticides et biologiques des ravageurs, seulement un petit nombre de mécanismes de résistance sont capable de détoxifier les insecticides en métabolites moins toxiques (Soderlund, 1997).

Pour contribuer à une compréhension de ces mécanismes, nous avons évalué l'effet du spiromesifène sur l'activité d'une enzyme cible, l'acétylcholinestérase, d'une enzyme de détoxification, Glutathion -S-transférase et une protéine, le Glutathion, un biomarqueur de

stress oxydatif, le malondialdéhyde et la Catalase chez deux espèces de moustiques, *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*.

#### 4.6.1. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de l'AChE

Plus de 90 % des insecticides de synthèse sont des organophosphorés, des carbamates et des pyréthriinoïdes, avec des sites d'action localisés dans le système nerveux, dont l'acétylcholinestérase (AChE) est le plus important (Haubruge & Amichot, 1998).

En effet, l'exposition à des doses données d'insecticide, peut conduire progressivement à une inhibition irréversible de l'AChE, et produit un effet toxique ; neurotoxicité qui est définie par un changement structural ou une altération fonctionnelle du système nerveux (Braquenier, 2009 ; Samuel & Laurent, 2005).

L'analyse des résultats obtenus après dosage de l'activité enzymatique de l'AChE des larves du quatrième stade chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* traitées par le spiromesifène à deux concentrations létales : DL50 (555,37 µg/L) et DL90 (1366,7 µg/L) à différents temps 24, 48 et 72 heures, révèle une diminution significative de l'activité de l'AChE chez les séries traitées comparativement aux témoins. Cette diminution est probablement due à l'inhibition de cette enzyme par le spiromesifène. L'altération des sites cibles de l'AChE est citée chez *B. germanica*, après traitement par l'acide borique, insecticide inorganique (Sifi, 2002 ; Gore & Schal, 2004 ; Habes *et al.*, 2006), l'acétamipride, un néonicotinoïde (Morakchi *et al.*, 2005), ou encore le bendiocarbe (Valles, 1998) et chez *Periplaneta americana* traitée au diflubenzuron et au diméthylsulfoxyde (Wutting *et al.*, 1991). Chez l'abeille, *Apis mellifera*, le traitement par le malaoxon, le paraoxon, et le deltaméthrine induit une inhibition de 95% d'AChE (Badiou, 2007). L'AChE a été aussi inhibée chez les pucerons traités par les organophosphorés et les carbamates (El Fadl & Chtaina, 2010). Par ailleurs, Ishaaya, (2001) a montré que le téméphos, insecticide organophosphoré, est neurotoxique bloquant l'activité de l'AChE des insectes avec une efficacité de 95%. L'inhibition de l'AChE a été largement utilisée comme diagnostic de l'empoisonnement par les organophosphorés et les carbamates.

Cette inhibition a été rapportée chez de nombreuses autres espèces d'Arthropodes telles que les crustacés comme la crevette *Penaeus stylirostris* traitée au fenithion (Lingnot *et al.*, 1998), l'isopode terrestre *Porcellio dilatatus* soumis à l'action du parathion (Ribeiro *et al.*, 1999), le copepode *Tigriopus brevicornis* et *L. accuminata* (Varanka, 1968 ; Singh & Agarwal, 1983) et les nématodes (Edwards & Fisher, 1991) ou des espèces vertébrés comme les poissons (Day & Scott, 1990 ; Straus & Chambers, 1995), les oiseaux (Fossi *et al.*, 1992 ;

Hart, 1993 ; Corson *et al.*, 1998) et les rats et les souris (Braquenier, 2009 ; Samuel & Laurent, 2005 ).

Certaines études récentes ont mis en évidence que l'activité spécifique de l'AChE peut être inhibée par des contaminants environnementaux autres que les insecticides incluant les hydrocarbures combustibles, les métaux lourds tels que cuivre, arsenic, cadmium, zinc, plomb... (Bocquené *et al.*, 1997). Ces études concernent principalement les métaux lourds et leur effet sur les organismes aquatiques (Herbert *et al.*, 1995) tels que les crustacés *Daphnia magna* et *T. brevocornis* traités à l'arsenic, le cadmium et le cuivre (Guilhermino *et al.*, 1996 ; Forget *et al.*, 1999), les mollusques *Mytilus galloprovincialis* traités au cadmium, cuivre, plomb, zinc (Dellali *et al.*, 2001), *Perna perna* soumis à l'action du cadmium, cuivre et zinc (Najimi *et al.*, 1997), *Ruditapes decussatus* traité essentiellement au cuivre, cadmium et plomb (Hamza-Chaffi *et al.*, 1998 ; Dellali *et al.*, 2001) et enfin *Donax trunculus* exposé à certains polluants (Sifi, 2009). L'inhibition de l'AChE est donc de plus en plus utilisée comme un bioindicateur de pollution par ces contaminants. Tandis que l'effet de trois polluants (dichloréthane, trichloréthylène et le tétrachloréthylène) ne provoque aucune inhibition de l'activité spécifique de l'AChE chez *Drosophila pseudoobscura* (Dannau *et al.*, 2003).

D'autres travaux suggèrent une possible relation entre l'induction d'activités enzymatiques et l'augmentation de résistance chez les insectes avec l'hypothèse que la résistance aux insecticides peut être influencée par des types de produits chimiques autres que des insecticides (Boyer, 2006). La résistance des insectes provient soit d'une augmentation de la quantité d'AChE soit d'une diminution de l'affinité de celle-ci avec ces insecticides (Cédric, 2008). Donc ces derniers ne sont pas toujours des inhibiteurs de l'AChE, parfois les mutations affecteraient la structure de l'enzyme de telle sorte que l'accès au site catalytique est rendu plus difficile pour l'insecticide comme chez *Drosophila melanogaster* et *Musca domestica*. Quatre points de mutations situés sur le gène *Ace-2* rendent l'acétylcholinestérase moins sensible à l'action inhibitrice des insecticides (Cédric, 2008).

#### **4.6.2. Effet du spiromesifène sur le taux de GSH**

Le glutathion est un biomarqueur non-enzymatique joue un rôle central dans le processus de défense intracellulaire. C'est le principal système impliqué dans la détoxification des ions peroxyde et dans la lutte contre le stress oxydatif (Gannagé-Yared *et al.*, 1998). Le glutathion existe sous deux formes, oxydée GSSG et réduite GSH, et ces enzymes comprennent la glutathion peroxydase (GPx) et la glutathion S-transférase (GST) qui sont impliqués dans la détoxification (Yu, 1994 ; Kizek *et al.*, 2004 ; Zehnalek *et al.*, 2004). L'oxydation du

glutathion réduit se fait par la glutathion peroxydase et la réduction du glutathion oxydé par la glutathion réductase (Gannagé-Yared *et al.*, 1998). Certains insecticides agissent sur un nombre très limité d'espèces, en augmentant l'activité des différents enzymes impliquées dans la détoxification.

L'analyse de nos résultats obtenus après dosage de GSH des larves du quatrième stade chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* traitées par le spiromesifène à deux concentrations létales DL50 et DL90 à différentes périodes, 24, 48 et 72 heures, révèle une diminution significative du taux de GSH chez les séries traitées comparativement aux séries témoins. En accord avec nos résultats, plusieurs travaux obtenus aident à mieux expliquer la relation entre la diminution du taux de GSH et l'administration des molécules exogènes. Meghlaoui & Mansouri, (2010), ont rapporté une diminution significative du taux de GSH chez les adultes de *B. germanica* traités par le spinosad comparativement aux séries témoins. Des résultats similaires sont observés chez *D. trunculus* exposés aux polluants environnementaux (Sifi, 2006), *Galleria mellonella* traitée par le malathion (Buyukguzel, 2009), et *Eurytemora affinis* traitée au cadmium (Souissi *et al.*, 2008). Outre, le stress oxydatif par l'arsenic conduit à une diminution du taux de GSH chez *S. cerevisiae* (Todorova, 2007). La diminution du GSH pourrait être expliquée par une consommation accrue de ce cofacteur par les GSTs afin de détoxifier l'organisme. De plus, cette diminution du GSH traduit également une réduction du système antioxydant non enzymatique. Toutefois, le traitement par l'acide borique chez *B. germanica* montre une augmentation du taux de GSH par rapport aux témoins (Kilani-Morakchi, 2000), *Epiphyas postvittana* traité au méthylaziphos (Armstrong & Suckling, 1998) et *Tribolium castaneum* sous l'effet du cyfluthrine (Reidy *et al.*, 1990). La diminution de cette petite molécule est une conséquence répandue de la formation accélérée des espèces d'oxygène réactives durant les activités cellulaires soutenues (Bounous, 1991).

#### **4.6.3. Effet du spiromesifène sur l'activité spécifique de la GST**

Les GSTs sont des enzymes multifonctionnelles impliquées dans l'étape de conjugaison du « glutathion réduit » à un grand nombre de xénobiotiques (Boyer, 2006). Elles sont surtout localisées dans le cytoplasme des cellules, du corps gras et des muscles alaires (Haubruge & Amichot, 1998). Ils ont un rôle important dans la détoxification de substances xénobiotiques et interviennent en catalysant la conjugaison de ces substances avec le groupement thiol du glutathion endogène (Jakoby & Habig, 1980). Ceci résulte en synthèse d'un acide mercapturique qui est ensuite facilement éliminable. Donc, le rôle majeur du glutathion est de convertir des composés lipophiles en molécules hydrophiles facilement excrétables (Habig *et*

*al.*, 1974). Les GSTs permettent le développement de la résistance envers les agents chimiothérapeutiques, les insecticides, les herbicides et les antibiotiques microbiens. Elles jouent un rôle important dans la physiologie du stress, le transport intracellulaire et dans les différentes voies de biosynthèse (George, 1994), elle est largement distribuée chez les organismes vivants, comme les Mammifères, notamment l'homme (Baars & Beimer, 1980 ; Warholm *et al.*, 1981) et chez les espèces marines (Jakoby & Habig, 1980). Le rôle physiologique de la GST dans la protection de l'organisme contre de nombreux toxiques a été démontré chez les poissons (Gallagher *et al.*, 2001 ; Ait Aissa *et al.*, 2003), et les bivalves (Hugget *et al.*, 1992 ; Bainsy *et al.*, 2000).

L'activité spécifique de la GST chez les larves témoins et traitées du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* a été évaluée à 24, 48 et 72h. Les résultats obtenus montrent une augmentation très significative après traitement au spiromesifène comparativement aux témoins. L'augmentation de l'activité de la GST traduit une mise en place du processus de détoxification qui est une forme de défense de l'insecte contre le pesticide (Clark, 1989). Cette observation a été également signalée chez *Eylais hamata* (Acari : Hydrachnidia) et *Physa marmorata* (Gastropoda: physidae) traitée par *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* CL50=0,08 µg/ml (Mansouri *et al.*, 2013), aussi bien chez *B. germanica* traitée par l'acide borique (Habes *et al.*, 2006), un pyréthroïde la cyperméthrine (Valles *et al.*, 1999), l'azadirachtine (Saci, 2006), le spinosad (Meghlaoui & Mansouri, 2010), mais aussi par le propoxur (Lee *et al.*, 2000).

Une augmentation de l'activité spécifique de la GST a été également remarquée chez *Donax trunculus* exposés aux polluants environnementaux (Sifi, 2006). Une augmentation de l'activité de l'enzyme de détoxification (GST), signalée chez *Drosophila pseudoobscura* exposée aux hydrocarbures halogénés (dichloréthane, trichloréthylène, tétrachloréthylène) est en fonction des concentrations utilisées (116% pour 83 g/m<sup>3</sup>, 141 pour 1,67g/m<sup>3</sup> et 149 pour 3,35 g/m<sup>3</sup>) (Dannau *et al.*, 2003). De plus, les recherches ont montré que la résistance aux insecticides est associée à une augmentation de l'activité de la GST et de cytochrome P450 chez les larves de moustiques ; *Aedes aegypti*, *Ochlerotatus cataphylla*, *Aedes rusticus* traitées par un bactério-insecticide *Bti* (Boyer, 2006). Ainsi, l'application topique d'une dose sublétales de lindane chez les larves du quatrième stade de *Spodoptera littoralis* provoque une augmentation de l'activité de la GST (Lagadic *et al.*, 1997). D'autre part, l'application du spiroadiclofen sur *Tetranychus urticae* affecte l'activité de la GST (Van-Pottelberge *et al.*, 2009). *Saccharomyces cerevisiae*, traitée par l'arsenic, présente une résistance à ce produit qui se traduit par une élévation de l'activité enzymatique de la GST (Todorova, 2007).

Néanmoins, la GST ne semble pas exercer d'effet sur le mécanisme de résistance au cyperméthrine et au chlorpirifos appliqués sur *B. germanica* (Scharf *et al.*, 1998). Chez cette même espèce, Limoe *et al.* (2007) ont également démontré la faible implication du système de la GST dans la résistance de différentes souches au perméthrine. Des résultats identiques ont été également signalés chez *Musca domestica* traitée par un organochloré, le DDT (Sohail *et al.*, 1998)

L'accroissement de l'activité spécifique de la GST peut provenir soit d'une modification de la conformation de l'enzyme la rendant plus efficace soit d'une production accrue de protéine, pouvant parfois représenter jusqu'à 12% des protéines totales d'un individu. La surproduction d'enzymes peut être due à une modification d'un gène régulateur contrôlant le degré d'expression de l'enzyme, et à une augmentation du nombre de copies du gène qui code pour ces enzymes (Cédric, 2008).

#### **4.6.4. Effet du spiromesifène sur le taux du MDA**

Le MDA est dérivé de la peroxydation lipidique des acides gras polyinsaturés, ce processus commence par une élimination de l'atome d'hydrogène de l'acide gras polyinsaturé pour former ensuite, via les radicaux libres, un produit primaire stable lipide-hydroperoxide qui sera décomposé pour former un deuxième produit plus stable le malondialdéhyde, produit final de la peroxydation lipidique qui peut réagir avec des groupes amines libres, des peptides, des phospholipides et des acides nucléiques (Storey, 1996 ; Stohs *et al.*, 2000).

Actuellement l'expression d'une peroxydation lipidique par un taux élevé du MDA est utilisée comme biomarqueur du stress oxydatif chez les organismes aquatiques bioindicateurs de la pollution (Dewes *et al.*, 2006 ; Oruc & Usta, 2007).

Le taux du MDA a été évalué à 24, 48, 72 et 96h chez les larves témoins et traitées du quatrième stade de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. Les résultats obtenus montrent une augmentation très significative après traitement par le spiromesifène comparativement aux témoins.

En accord avec nos résultats, (Bensafi-Gheraibia *et al.*, 2013) ont trouvés que le spiromesifène provoque une augmentation très significative ( $p < 0,01$ ) uniquement après 1 jour avec la CL25 chez les pupes *Drosophila melanogaster*. Mleiki & Trigui El Menif (2010), trouvent un taux élevé du MDA chez *Cantaraeus apertus* contaminée par le plomb et le cadmium, l'accumulation de ce dernier augmente la production du MDA chez *Pistia stratiotes* (Yong *et al.*, 2012). De plus, une augmentation du taux du MDA a été signalé dans les tissus des poissons *Cyprinus carpio* L traités par deux doses létales (50 et 100  $\mu\text{g/L}$ ) de carbofuran (Ensibil *et al.*, 2010). Une exposition aux métaux lourds induit une peroxydation lipidique,

cette observation est signalée chez la moule *M. galloprovincialis* exposée au cuivre, cadmium et au mercure (Viarengo *et al.*, 2007), et chez *Donax trunculus* (Sifi, 2009 ; Nadir & Mukrim, 2012). De plus, la marée noire de l'Erika provoque une perturbation de la teneur du MDA chez la moule *Mytilus edulis* (Gilles *et al.*, 2004). Une augmentation de la peroxydation lipidique contre une réduction du système antioxydant a été également signalée chez *Ruditapes deccusatus* (Roméo & Gnassia-Bareli, 1997), *Unio tumidus* (Cossu *et al.*, 1997), *Crassostrea virginica* (Connors & Ringwood, 2000) et *Bathymodiolus azoricus* (Company *et al.*, 2004).

Les résultats de plusieurs travaux renforcent l'implication du stress oxydatif et, en particulier, la peroxydation lipidique dans la toxicité des pesticides. L'effet combiné du chlorpyrifos et du endosulfan sur les rats provoque une augmentation du taux du MDA (Chebab *et al.*, 2009).

#### **4.6.5. Effet du spiromesifène sur la catalase**

Les catalases sont des hémoprotéines tétramériques qui, avec un atome de fer par sous-unité, ont une masse d'environ 240 Kda. Elles catalysent la réduction du peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) en eau et en oxygène moléculaire. Les catalases sont des enzymes peroxysomales dont le rôle est de prévenir les peroxydations des molécules biologiques induites par l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ).

Les catalases sont présentes dans tout le règne animal et se retrouvent aussi chez les végétaux. Elles sont sensibles à certains contaminants inducteurs de stress oxydatif au niveau des membranes cellulaires, comme les HAP, PCB ou certains pesticides (Livingstone, 1992) et les métaux (Labrot *et al.*, 1996a). Cependant, les résultats sont parfois contradictoires *in vivo*, certains auteurs montrent une induction de l'activité (Di Giulio *et al.*, 1993). Une hypothèse retenue est que cette activité enzymatique serait très sensible aux facteurs environnementaux d'origine anthropique ou naturelle (Pellerin & Massicote, 1994) et pourrait résulter d'un équilibre fragile entre induction et inhibition par les composés à cycle redox.

L'analyse des résultats obtenus après dosage de l'activité de la catalase des larves du quatrième stade chez *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* traitées par le spiromesifène à deux doses létales : DL50 et DL 90 et aux différents temps 24, 48, 72, 96 heures, révèle une augmentation significative de l'activité de la catalase chez les séries traitées comparativement aux témoins. Cette augmentation de l'activité traduit une mise en place du processus de détoxification qui est une forme de défense de l'insecte contre le pesticide (Clark, 1989).

Les principaux systèmes de défense antioxydante ont été mis en évidence chez les invertébrés aquatiques (Winston & Di Giulio, 1991 ; Lemaire, 1993). En particulier, chez la

moule *Mytilus edulis* l'activité catalase (CAT) est principalement peroxysomiale, l'activité superoxyde dismutase SOD est cytosolique (SOD a cuivre et zinc) et mitochondriale (SOD a manganèse) et les activités de glutathion peroxydase (GPXs sélénium\_ dépendante et sélénium\_ indépendante) sont principalement cytosoliques (Livingstone *et al.*, 1992).

L'augmentation de l'activité de la catalase a déjà été relevée chez des poissons et des bivalves exposés à des polluants organiques (HAP, PCB, pesticides et engrais chimiques) (Cossu *et al.*, 1997).

#### **4.7. Impact du spiromesifène sur la croissance**

Les concentrations sublétales des insecticides conduisent à des modifications comportementales, biochimiques et physiologiques chez les cibles, tels que l'échec de la mue, problème de la croissance.

Pendant plusieurs années, les pesticides proposées par les firmes chimiques présentent des spectres d'activités très larges, dont les insecticides induisent en effet, une réduction de la population d'une part, et résultent des troubles morphologiques et comportementales d'une autre part (M'hamed & Chemseddine, 1998).

Le poids corporel chez les insectes dépend généralement de la présence de la nourriture dans leurs habitats, des conditions environnementales et surtout des caractères héréditaires de chaque espèce (Braquenier, 2009).

Nos résultats montrent que le traitement par le spiromesifène (DL50 et DL90) chez les différents stades de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, cause une réduction de divers paramètres biométriques comme ; la largeur du thorax des larves quatrième stade, la largeur céphalothoracique des pupes, la longueur des ailes des adultes, le poids et le volume corporel. Des résultats similaires ont été obtenus par un dérivé de benzoylphenylurea Novarulon qui affecté le poids corporelle chez les larves d'une espèce de moustiques *Culex pipiens* (Djehader *et al.*, 2013). Aussi bien Chez les même espèces Tine-Djebbar, (2009) révèle que l'halofénozide appliqué sur les larves du quatrième stade perturbe les paramètres biométriques des individus. Les deux agonistes : RH-2485 et RH-0345 utilisés contre le dernier stade larvaire de *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae), provoquent, une chute de poids des larves, des mues larvaires prématurées et des nymphoses incomplètes des larves affectées (Carton *et al.*, 2003). Le diflubenzuron (DFB), inhibiteur de la synthèse de la chitine, affecte aussi les paramètres morphométriques chez les femelles de *Phyllonorycter blancardella* (Marshall *et al.*, 1988), *Cydia pomonella* (Lepidoptères) (Soltani & Soltani-Mazouni, 1992), *Oxya japonica* (Orthoptères) (Lim & Lee, 1982) et *T. molitor* (Coleoptères) (Soltani-Mazouni, 1994 ; Soltani-Mazouni & Soltani, 1995). Des résultats similaires ont été obtenus

par le flucycloxyron (FCX), un autre inhibiteur de la synthèse de la chitine, testé in vitro sur des femelles de *T. molitor* (Taibi *et al.*, 2003). En effet, la consommation des abeilles *Apis mellifera* de petites quantités de l'imidaclopride entraîne des effets toxiques sub-létaux perturbant les capacités cognitives (apprentissage, capacité d'orientation) et comportementales, la perte de poids et la mort rapide (Darrouzet, 2006).

Une diminution de gain de poids corporel a été remarquée également chez les rats *Sprague-dawley* traités par le malathion et le resmethrine avec des doses de 800 et 500 mg/kg/jour respectivement (Samuel & Laurent, 2005). Par contre, Le RH-0345 n'entraîne aucune modification de la croissance pondérale chez *T. molitor* (Lakbar, 2000), tout comme le RH-5849 et le RH-5992 chez *S. exigua* (Smagghe & Degheele, 1994a), *Podissus nigrispinus* et *P. maculiventrus* (Smagghe & Degheele, 1995), ou encore le KK-42 chez *T. molitor* (Amrani *et al.*, 2004). De plus, aucun changement n'est observé concernant le poids du corps et des organes, chez les lapins blancs de *Nouvelle-Zélande*, traités par le malathion ; et chez les souris traitées par la perméthrine (Samuel & Laurent, 2005).

#### **4.8. Impact du spiromesifène sur la morphométrie des gonades**

Nos résultats montrent que le traitement par le spiromesifène, cause une réduction, non seulement du nombre d'ovocytes, mais aussi de divers paramètres biométriques comme ; la largeur, la longueur et le volume de l'ovocyte basal chez les femelles et diminution de la largeur et longueur des testicules à différents jours de la vie adultes (2, 4 et 6 jours) chez les deux espèces de moustiques étudiées, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Ceci concorde avec les résultats obtenus après traitement par application de RH-2485 et le RH-0345 sur les femelles de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. (Tine-Djebbar, 2009). Même résultats obtenus après traitement par application topique des femelles de *B. germanica* avec le RH-0345 (Rouibi, 2002). Le RH-5849 perturbe également le développement des ovaires chez diverses espèces de lépidoptères (Aller & Ramsay, 1988 ; Salem *et al.*, 1997), coléoptères (Wing & Ramsay, 1989) ou encore chez les diptères (Smagghe & Degheele, 1992a ; Smagghe & Degheele, 1994b). Un autre agoniste des ecdystéroïdes, le tebufenozide (RH-5992), inhibe également le développement ovarien de *Spodoptera exigua* et *L. decemlineata* (Smagghe & Degheele, 1994a) mais ne présente pas d'effet chez les femelles de *Bombyx mori* (Kumar *et al.*, 1999) ou *Chrysoperla carnea* (Medina *et al.*, 2001).

Le nombre total des œufs pondus par les femelles témoins et traitées par le RH-2485 est similaire, ainsi que leurs poids et leurs dimensions chez *Schistocerca gregaria* (Wang & Sehna, 2002). Ces perturbations qui affectent la morphométrie des ovaires sont également observées chez *T. molitor* après application topique du RH-0345 (Soltani- Mazouni *et al.*,

2001) mais aussi chez *L. decemlineata* (Farinos *et al.*, 1999). Le KK42, antagoniste des ecdystéroïdes, utilisé chez *T. molitor in vivo* (Soltani- Mazouni *et al.*, 2001) et *in vitro* (Soltani *et al.*, 1997), entraîne une réduction dans le poids frais des ovaires, le nombre d'ovocytes, la taille de l'ovocyte basal ou encore dans l'épaisseur de l'épithélium folliculaire. Le pyriproxifène, un agoniste de l'HJ testé sur des femelles adultes de *B. germanica*, supprime la croissance des ovaires et entraîne l'immaturation de l'oothèque (Kawada, 1988) et il inhibe aussi l'embryogénèse chez *Bemisia tabaci* (Ishaaya & Horowitz, 1992). Les inhibiteurs de la synthèse de la chitine, comme le DFB affecte également les paramètres morphométriques chez les femelles de *P. blancardella* (Marshall *et al.*, 1988), *Cydia pomonella* (Soltani & Soltani- Mazouni, 1992), *O. japonica* (Lim & Lee, 1982) et enfin *T. molitor* (Soltani-Mazouni, 1994; Soltani-Mazouni & Soltani, 1995). Des résultats similaires ont été obtenus par le FCX, un autre inhibiteur de la synthèse de la chitine, testé *in vivo* sur des femelles de *T. molitor* (Taibi, 2000). Le methoxyfenozone affecte la reproduction de *L. botrana* en réduisant la fertilité et la fécondité (Saenz-de-Cabeson *et al.*, 2005); par contre, il provoque une augmentation significative de la fécondité chez *Spodoptera littoralis* (Ishaaya *et al.*, 1995).

Le RH-2485 et le RH-5992 affectent la fécondité et la fertilité chez *Argyrotaenia velutinana* (Walker) et *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Sun *et al.*, 2000). L'application d'un inhibiteur de la synthèse de chitine, Novaluron affecte la reproduction par le nombre d'œufs pondus et le pourcentage de l'éclosion décroissant chez une espèce de moustiques *Culex pipiens* (Djehader *et al.*, 2014).

#### **4.9. Impact du spiromesifène sur la biochimie des gonades**

Chez les insectes, la vitellogénèse correspond à l'accumulation des matériaux plastiques et énergétiques. Selon Laverdure (1972) et Goltzene (1979), les protéines du vitellus se forment à partir des protéines exogènes provenant du corps gras ou de protéines endogènes synthétisées par l'ovocyte lui-même, les plaquettes vitellines sont constituées de glycoprotéines ou de mucoprotéines, et d'autres réserves se trouvent sous forme de glycogène. Les lipides représentent aussi une partie importante de ces réserves, une faible partie est synthétisée par l'ovocyte et les cellules folliculaires, et autre partie provient de l'hémolymphe sous forme de lipoprotéines (Raccaud-Schoeller, 1980). La maturation des ovocytes dépend donc des métabolites prélevés de l'hémolymphe, mais essentiellement des protéines, composé majeur du vitellus (Telfer *et al.*, 1981).

Une réduction du taux des métabolites ovariens chez *T. molitor* a lieu après traitement avec le DFB (Soltani-Mazouni & Soltani, 1992); il augmente également la résorption des ovocytes

chez *O. japonica* et diminue le poids sec ainsi que le contenu ovariens en métabolites (Lim & Lee, 1981). Ce qui confirme nos résultats concernant la composition biochimique des ovaires et des testicules qui révèlent une diminution significative des contenus en métabolites (protéines, glucides et lipides) à différents âges dans les séries traitées par rapport aux témoins, chez les deux espèces testées. Des résultats similaires sont obtenus à la suite d'un jeûn. En effet, ce dernier inhibe le dépôt du vitellus chez *Shcistocerca gregaria* (Highnam & Mordue, 1966). Cependant, le RH-0345 affecte les concentrations des métabolites ovariens au cours de la maturité sexuelle de *B. germanica* avec un effet dose - réponse (Rouibi, 2002). Le RH-0345 réduit les concentrations des protéines ovariennes (Soltani-Mazouni *et al.*, 2001) chez *T. molitor*, mais aussi chez un poisson larvivoire, *Gambusia affinis* ou il affecte les concentrations en protéines, glucides et lipides dans les ovaires et dans l'hépatopancréas (Bouzioukh, 2000).

Le KK42, dérivé de l'imidazole, utilisé chez *T. molitor* in vivo (Soltani-Mazouni *et al.*, 2001) et in vitro (Benlabiod- Boudraa, 1997) réduit aussi les concentrations des protéines ovariennes. Les protéines exogènes ou vitellogénine, précurseurs du vitellus chez les insectes (Harnish & White, 1982) sont généralement élaborées par le corps gras et acheminées par l'hémolymph, et sont ensuite captées par endocytose à la surface de l'ovocyte (Kunkel & Nordin, 1985; King & Buning, 1985; Keely, 1985; Kanost *et al.*, 1990; Raikhel & Dhadialla, 1992; Zeng *et al.*, 1997). Plusieurs facteurs endocrines et neuro endocrines, sont impliqués dans ce processus de captation comme l'HJ (Bell & Barth, 1971; Wilhelm & Luscher, 1974; Giorgi, 1979; Davey, 1981; Wilson, 1982), l'ecdysone (Perrière *et al.*, 1993), des neuropeptides (Goudey-Perrière *et al.*, 1994) ou encore des amines biogéniques (Goudey-Perrière *et al.*, 1991).



**CONCLUSION**

## 5. CONCLUSION

La première partie a été consacrée à l'identification systématique et à l'étude morphométrique et biochimique des espèces de moustiques inventoriées. Des inventaires ont été effectués dans cinq sites différents (El Aouinet, Morssot, Boulhef Dyr, Tébessa ville et Elma Labiod). Les prospections menées sur terrain, ont permis d'inventorier 8 espèces de Culicidae appartenant à 3 genres (*Culex*, *Culiseta* et *Aedes*). L'identification systématique a été complétée par une étude morphométrique concernant le stade larvaire 4, nymphal et le stade adulte mâle et femelle des espèces qui présentent soit un intérêt médical (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex perexiguus* et *Aedes caspius*), soit une importance vétérinaire (*Culiseta annulata* et *Culiseta longiareolata*), et une étude biochimique a permis de déterminer les contenus des différents métabolites.

La détermination des indices écologiques a révélé l'abondance de l'espèce *Culiseta longiareolata* dans les différents sites d'études, et d'autre part, la richesse du peuplement Culicidien en espèces dans la région de Tébessa.

Le spiromesifène est un inhibiteur de la synthèse des lipides a été testés sur deux espèces de moustiques, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Leur action a été évaluée sur les aspects toxicologiques, biomarqueur, morphométriques, biochimiques et la reproduction.

Les essais toxicologiques a permis de déterminer la DL50 et la DL90 de ce insecticide à l'égard de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. Ils révèlent un effet insecticide avec une relation dose-réponse.

L'évaluation des biomarqueurs indique que le spiromesifène exerce une action neurotoxique chez les larves de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* se traduisant par une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE. De plus, ce produit provoque une réduction du taux de GSH comparativement aux témoins, aux différents temps testés (24, 48 et 72 h).

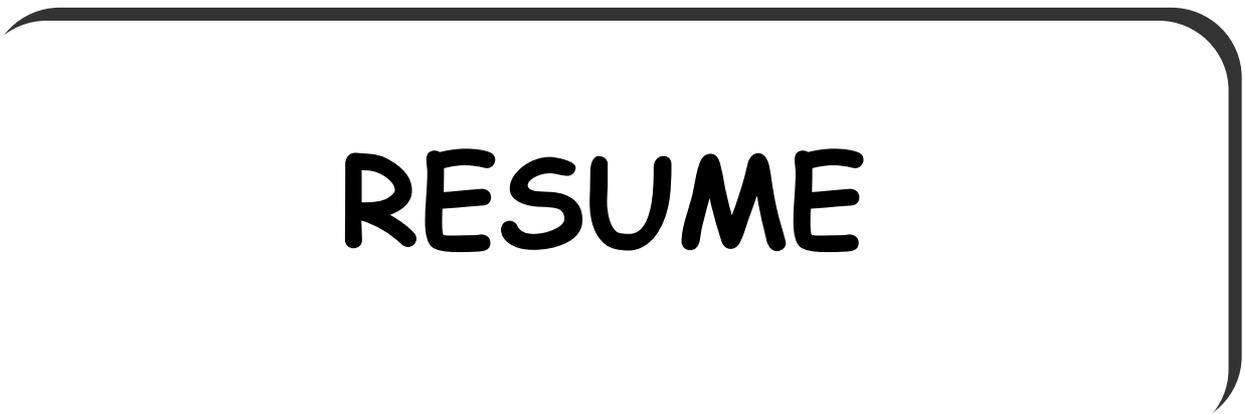
Cependant, il induit l'activation du système de détoxification par le biais d'une augmentation significative de l'activité de la GST, à 24, 48 et 72 heures de traitement, mettant en évidence la mise en place d'un mécanisme de résistance D'autre part, un biomarqueur de stress oxydatif, le MDA a été influencé et présente une augmentation significative chez les séries traitées comparativement aux témoins, et une augmentation du taux de la catalase comparativement aux témoins à 24, 48 et 72 heures de traitement cette élévation est due à la mise en place d'un système de détoxification.

L'étude morphométrique montre que le spiromesifène perturbe la croissance linéaire et pondérale. Ils réduisent le volume corporel des stades étudiés où on note des différences

significatives entre les témoins et les traités au cours des différents stades chez *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*.

Le traitement par le spiromesifène provoque une réduction de la morphométrie des gonades (ovaires et testicules) la largeur, la longueur ainsi que le nombre d'ovocytes et le volume de l'ovocyte basal.

Le dosage des métabolites (protéines, glucides et lipides) ovariens et testiculaires, montre aussi un effet traitement, puisque leur évolution a été perturbée; on note une réduction des contenus. Ceci suggère un effet dépressif de l'insecticide sur la reproduction qui est un facteur de pullulation des moustiques.



# RESUME

## 6. Résumé

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche sur l'inventaire des moustiques dans divers biotopes du Nord Est algérien et la lutte avec des insecticides sélectifs à faibles risques écotoxicologiques. Les recherches menées sur terrain et en laboratoire traitent plusieurs aspects complémentaires :

**Aspect taxonomique :** L'étude systématique a porté sur les Culicidae capturés aux stades nymphal et larvaire au niveau de cinq sites différents (El Aouinet, Morsot, Boulhef Dyr, Tébessa ville et Elma Labiod) d'une région semi-aride, Tébessa. Les indices écologiques ont été déterminés pour connaître l'abondance et la répartition des espèces Culicidiennes dans les sites d'études. *Culiseta longiareolata* est l'espèce la plus dominante dans la région.

**Aspect biochimique :** Une caractérisation biochimique des espèces identifiées a été réalisée par un dosage des protéines, lipides et glucides dans le corps entier. Les résultats ont mis en évidence des différences significatives dans la composition biochimique entre les espèces testées au cours du cycle de vie.

**Aspect toxicologique :** Une série d'expériences a permis d'évaluer les effets du spiromesifène, un inhibiteur de la synthèse des lipides (détermination des doses létales et mesure de biomarqueurs l'acétylcholinestérase, le glutathion-S-transférase (GST) et son cofacteur, le glutathion, le malondialdéhyde et la catalase).

**Aspect physiologique :** L'impact du spiromesifène sur la morphométrie et la biochimie du corps et des gonades a été également considéré.

L'ensemble des résultats met en évidence une diversité de la faune culicidienne qui varie selon les sites, ont signalés la présence de 8 espèces de Culicidae appartenant à une seule sous-famille, celle des *Culicinae*. Il s'agit des espèces d'importance médicale (*Culex pipiens*, *Aedes caspui*, *Culex theileri*, *Culex perexiguus*) et vétérinaire (*Culiseta longiareolata*, *Culiseta annulata*). Les essais toxicologiques révèlent une activité insecticide avec une relation dose-réponse. Les biomarqueurs confirment le mécanisme d'action primaire du spiromesifène sur la synthèse des lipides.

**Mots clés :** Inventaire, Systématique, Moustiques, Lutte, Pesticides, Spiromesifène, Biochimie, Gonades, Reproduction, Développement.

## Abstract

This current study is part of a research program on the inventory of mosquito species across different habitats in North east Algeria and the control of mosquito population with selective insecticides of low ecotoxicological risk. The experiments were carried out on field and laboratory deal with several complementary aspects:

**Taxonomic aspect:** The systematic study focused on Culicidae captured during nymphal and larval stages at five different sites (El Aouinet, Morssot, Boulhef Dyr, Tébessa and Elma Labiod) of semi-arid region Tébessa. Ecological indices were applied to determine the abundance and distribution of Culicidae species in study sites. *Culiseta longiareolata* is the most dominant Species in the region.

**Biochemical aspect:** Biochemical characterization of the identified species was performed by an assay of proteins, lipids and carbohydrates in the whole body. Results showed significant differences in the biochemical composition between tested species the during their life cycle.

**Toxicological aspect:** A bioassays were down to evaluate the effects of spiromesifene, an inhibitor of lipid biosynthesis (determination of lethal dose and measurement of biomarkers such as: acetylcholinesterase, glutathione -S- transferase (GST) and its cofactor, glutathione, Malondialdehyde and catalase).

**Physiological aspect:** The impact of Spiromesifene on morphometry and biochemistry of the body and gonads was also considered.

All of the results revealed a diversity of Culicidae fauna that varies by sites. The survey revealed the presence of 8 species of Culicidae belonging to a single sub-family (Culicinae). Several species are medically important (*Culex pipiens*, *Aedes caspui*, *Culex theileri*, *Culex perexiguus*) and veterinary (*Culiseta longiareolata*, *Culiseta annulata*). Toxicological tests showed insecticidal activity with a dose-response relationship. Biomarkers confirm the primary mechanism of action of action of spiromesifene on lipid synthesis.

**Key words:** Inventory, Systematics, Mosquito Control, Pesticides, Spirmesifene, Biochemistry, gonads, Reproduction, Development.

## الملخص

هذه الدراسة هي جزء من برنامج بحث للتعرف على أنواع البعوض في البيئات الحويبية المختلفة للشمال الشرقي الجزائري و المكافحة الانتقائية بالمبيدات الحشرية منخفضة المخاطر السمية على البيئة .

الأبحاث التي تمت في الميدان و المختبر عالجت عدة جوانب مكملة لهذا البحث:

**الجانب التصنيفي:** أجريت الدراسة التصنيفية على البعوض المصطاد في أطواره اليرقية والكاملة على مستوى خمس مواقع مختلفة (العوينات، مرسط، بولحاف الدير، تبسة والماء الأبيض) في منطقة شبه جافة. وقد تم تعيين المؤشرات البيئية لمعرفة وفرة وتوزيع أنواع البعوض في المواقع المدروسة، حيث لاحظنا أن *Culiseta longiareolata* هو النوع السائد في هذه المنطقة.

**الجانب البيوكيميائي:** الخصائص البيوكيميائية لهذه الأنواع تمت من خلال معايرة البروتينات، الليبيدات والسكريات في الجسم، النتائج أظهرت اختلافات معنوية في التركيبة البيوكيميائية بين الأنواع المدروسة خلال دورة الحياة.

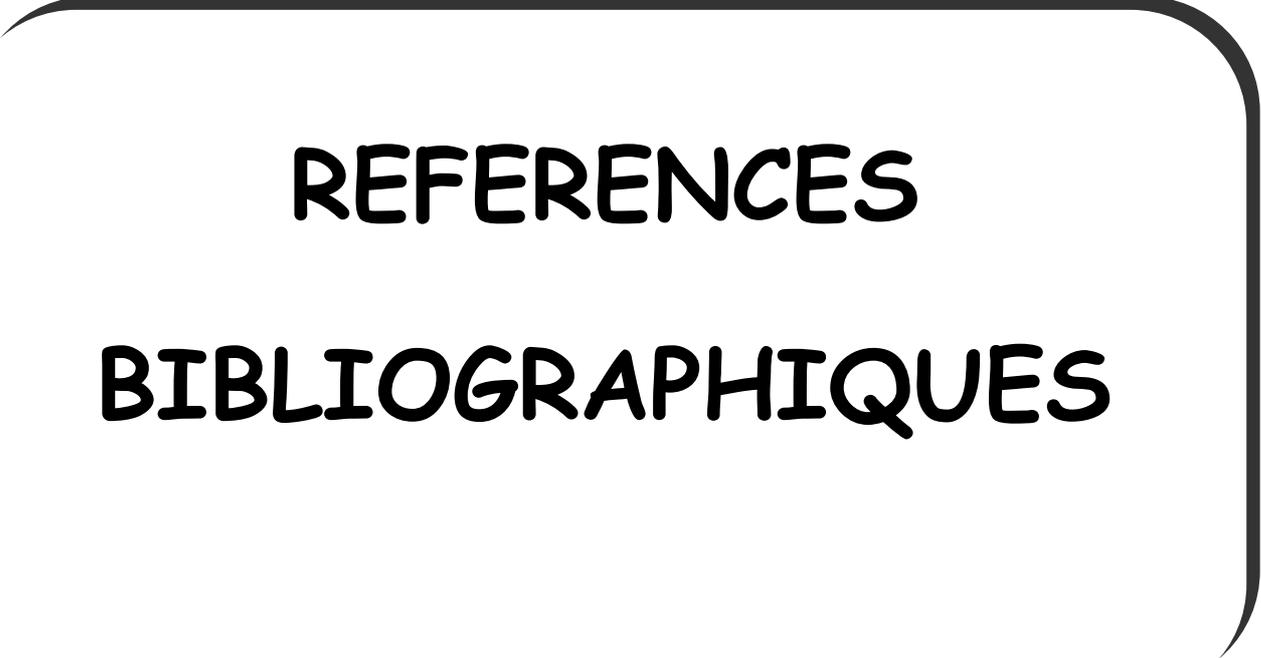
**الجانب السمي :** تم إجراء سلسلة من التجارب لتقييم آثار Spiromesifène مثبط لتخليق الدهون (تقدير الجرعات المميتة وقياس المؤشرات الحيوية الاستيل كولين استراز AChE، GST، العامل المساعد له GSH، MDA والكتلاز. .

**الجانب الفيزيولوجي :** يهدف إلى تقييم تأثير Spiromesifène على الجانب القياسي و البيوكيميائي للجسم و الأعضاء التناسلية.

جميع النتائج تكشف عن تنوع مجموعة البعوضيات التي تختلف باختلاف المواقع. سجلنا وجود 8 أنواع للبعوض تنتمي لتحت عائلة واحدة هي *Culicinae*. الأنواع ذات الأهمية الطبية:

(*Culiseta longiareolata*, ) والبيطرية: (*Culex theileri*, *Culex perexigus*, *Aedes caspui*, *Culex pipiens*)  
(*Culiseta annulata*). تظهر اختبارات السموم نشاط المبيد بوجود علاقة تعتمد على الجرعة. تؤكد المؤشرات الحيوية إن Spiromesifène له تأثير أولي على آلية تخليق الليبيدات.

**الكلمات المفتاحية :** الجرد، التصنيف، البعوض، المبيدات، Spiromesifène بيوكيمياء، الأعضاء التناسلية، النكاث، التطور.



**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbott, W. B.** (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, **18**: 265 -267.
- Ait Aissa, S., Palluel, O. & Porcher, J.M.** (2003). Biomarqueurs précoce d'écotoxicité. INERIS, rapport final DRC,100-102. 49 p.
- Aitken, T. H. G.** (1954). The Culicidae of Sardinia and Corsica (Diptera). *Bull. Ent. Res.*, **45**: 437 - 494.
- Aller, H. E. & Ramsay, J. R.** (1988). RH-5849: a novel insect growth regulator with a new mode of action. *Proceedings Brighton Crop Protection Conference on Pest and Diseases*, **5**: 511-518.
- Amira, K., Boudjelida, H & J.P. Farine, J.P.** (2013). Effect of an insect growth regulator (halofenozide) on the cuticular hydrocarbons of *Culex pipiens* larvae. *African Entomology*, **21(2)**: 343–348
- Amrani, L., Zerguine, K., Farine, J.P., Smaghe, G. & Soltani–Mazouni, N.** (2004). Imidazole derivative KK-42 reduces ecdysteroid titers and interfere with reproductive processes in adult females of *Tenebrio molitor*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, **80**: 163-172.
- Anonyme.** (1983). Informal consultation on insect growth regulators. WHO / VBC / 83.
- Aouinty, B., Oufara, S., Mellouki, F. & Mahari, S.** (2006). Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **10 (2)**: 67 – 71.
- Armstrong, K.F. & Sukung D.M.** (1998). Correlation of azinphomethyl resistance with detoxification enzyme activity in the light brown apple moth *Epiphyas postvittana* (Lepoptera: Tortricidae). *Pest. Biochem. Physiol.*, **36**: 281-289.
- Auger, J., Sébastien, D., Armelle, N., Ahmed, AG., Dominique, P. & Eric, T.** (2002). Utilisation des composés allelochimiques des *Allium* en tant qu'insecticides. *Faculty of Sciences and Technique France*, **25**: 1-13.
- Baars, A.J. & Beimer, D.D.** (1980). The glutathione S-transferase, their role in detoxification and toxification of xenobiotics. *Ann. Biol.*, **38**: 49-56.
- Badiou, A.** (2007). Caractérisation cinétique et moléculaire du biomarqueur Acétylcholinestérase chez l'Abeille, *Apis mellifera*. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Université de Paul Cezanne AIX-MARSEILLE III. 147 p.
- Bainy, A.C.D.** (2000). Biochemical reponses in peneids caused by contaminants. *Aquaculture.*, **191**: 163- 168.
- Beaker, R. J. & Leher, Y.** (1974). Influence of diet on sugars found by thin-layer chromatography in thoraces of honeybees, (*Apis mellifera*). *J. Exp. Zool.*, **188**: 157 – 164.
- Beaudoin & Lemonde.** (1970). Evolution des glycérides et des acides gras durant la croissance et la métamorphose de *Tribolium confusum*. *J. Insect. Physiol.*, **16**: 71–78.

- Beenakers, A. M. T. H., Vander Host, D. G. & Van Marrewijk, W. J. A.** (1985). Insect lipids and lipoproteins and their role in physiological process. *Prog. Lipid. Res.*, **24**: 19-67.
- Bell, W. J. & Barth, R. H.** (1971). Initiation of yolk deposition by juvenile hormone. *Nature*, **230**: 220 – 222.
- Bendali, F.** (1989). Etude de *Culex pipiens pipiens* anautogène, Systématique et lutte bactériologique thuringiensis israéliensis sérotype H14. *B. sphaericus* 1593 et deux espèces d'hydracariens. Thèse de magister en Arthropodologie. Université d'Annaba. Algérie.
- Bendali, F., Djebbar, F. & Soltani, N.** (2001). Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* L. dans des conditions de laboratoire. *Parasitica*, **57(4)**: 255 - 265.
- Bendali F.** (2006). Etude bioécologique, systématique et biochimique des Culicidae (Diptera : Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte biologique anticulicidienne. Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Université d'Annaba. Algérie.
- Benlabiod-Boudraa, I.** (1997). Activité in vitro d'un inhibiteur de la biosynthèse des ecdystéroïdes, KK42, sur le développement des ovaries de *Tenebrio molitor* : aspects morphométriques et biochimiques. Thèse de magister en physiologie animale. Option, Ecotoxicologie. Université d'Annaba. Algérie.
- Bensafi-Gheraibia, H., Menail, A.H. & Soltani, N.** (2013). Activité d'un inhibiteur de la synthèse des lipides (spiromesifen) chez *drosophila melanogaster* : taux et peroxydation lipidiques et effet sur la descendance., *bull. soc. zool. fr.*, **138 (1-4)**: 189-199.
- Berchi, S.** (2000b). Bioécologie de *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte. Thèse de doctorat es Sciences, Université de Constantine. 133p.
- Blondel, J.** (1979). Biogéographie et écologie. Ed. Masson. Paris, 173p.  
et *Molesta grapholita* (B.) (Lepidoptera : Tortricidae). *J. Entomol. Econom.*, **97 (11)**: 1342-1352.
- Bocquené, G., Galgani, F. & Walker, H.** (1997). Les cholinestérases, biomarqueurs de neurotoxicité. In: Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, J.C. and Ramade, F., (eds), Biomarqueurs en écotoxicologie-Aspects fondamentaux. *Masson, Paris*, pp. 209 – 240.
- 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 (2)**: 94-99
- Boudjelida, H., Bouaziz, A., Soin, T., Smaghe, G. & Soltani, N.** (2005). Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, **83**: 115-123.
- Boulkenafet, F.** (2006). Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera : Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera : Culicidae) dans la région de Skikda. Présentation pour l'obtention du Diplôme de Magister en entomologie (option ; application agronomique et médicale). 191 p.
- Bounias, M.** (1978). Intraglycémie relations occurring the development of honey bee workers (*Apis mellifera*). *Comp. Biochem. Physiol.*, **61 (a)**: 13 - 18.

- Bounous G.** (1991). The biological activity of undenatured dietary whey proteins: role of glutathione. *Clin. Invest. Med.*, **14**: 296-309.
- Bourassa, J. P., Maire, A. & Belloncik, S.** (1992). Espèces Culicidiennes colonisant les pneus abandonnés dans l'environnement québécois et impact potentiel sur la santé humaine et animale. *Mém. Soc. R. Belge. Entomol.*, **35**: 89-95.
- Bourguet, J. P. & Exbrayat, J. M.** (1977). Quelques aspects de la croissance, du développement sexuel et du métabolisme chez *P. japonicus*. Influence des facteurs externes et internes. Thèse doctorat de spécialité. Université USTL, Montpellier France. 128 p.
- Bouzioukh, F.** (2000). Effets secondaires de quelques insecticides nouveaux sur la croissance, le métabolisme et la reproduction chez un poisson larvivoire *Gambusia affinis*: aspects morphologique, histologique et biochimique. Thèse de magister en physiologie animale. Option, Applications agronomiques et médicales. Université d'Annaba. Algérie.
- Boyer, S.** (2006). Résistance Métabolique des Larves de Moustiques aux Insecticides : Conséquences Environnementales. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat, Laboratoire d'Ecologie Alpine. 78 p.
- Bradford, M. M.** (1976). A rapid and sensitive method of the quantitation microgram quantities of Protein utilising the principale dye binding. *Analytic. Biochem.*, **72**: 248 - 254.
- Braquenier, J-B.** (2009). Etude de la toxicité développementale d'insecticides organophosphorés : Analyse comportementale de la souris CD1. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Université de Liege. 217 p.
- Briegel, H.** (1985). Mosquito reproduction, incomplete utilization of the blood meal protein for oogenesis. *J. Insect. Physiol.*, **31**: 15 - 21.
- Briegel, H.** (1990). Metabolic relationship between female body size reserves and fecundity of *Aedes aegypti*. *J. Insect. Physiol.*, **36**: 165 – 172.
- Brunel, C., Brunel, E., & Frontier, S.** (1990). Structure spatio- temporelle d'un peuplement de diptères Dolichopodides le long d'un transect culture/coteau calcaire/ Vallée humide (Vallée de la Somme). *Bull. Ecol.*, **21 (2)**: 97-117.
- Brunhes, J., Rhaim, A., Geoffroy, B., Angel, G. & Hervy, J. P.** (1999). Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne. Logiciel de l'institut de recherche et de développement de Montpellier (France).
- Brunhes, J., Hassaine, K., Rhaim, A. & Hervy, J. P.** (2000). Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne: espèces présentes et répartition (Diptera: Nématocera). *Bull. Soc. Ent. France.*, **105 (2)**: 195-204.
- Buck, J. B.** (1953). Physical properties and chemical composition of insect blood. *Insect. Physiol.* (ED, by Roeder K.D.). John Wiley. New York., 147-190.
- Buyukguzel, E.** (2009). Evidence of oxidative and antioxidative responses by *Galleria mellonella* larvae to malathion. *J. Econ. Entomol.*, **102**: 152-159.
- Carton, B., Smaghe, G. & Tirry, L.** (2003). Toxicity of two ecdysone agonists, halofenozide and methoxyfenozide, against the multicoloured Asian lady beetle *Harmonica axyridis* (Col : Coccinellidae). *J. Applied. Entomol.*, **127**: 240 p.
- Cassida, J. & Quistad, B.** (1998). Golden age of insecticide research: past present or future? *Annu Rev. Entomol.*, **43**: 1-16.

- Cédric, P.** (2008). Interactions entre insecticides non pyréthriinoïdes et répulsifs pour la lutte contre *Anopheles gambiae* : Mécanismes, efficacité et impact sur la sélection de la résistance. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat. Université de Montpellier I. *Formation doctorale* : Parasitologie. 207 pages.
- Chebab, S., Belli, N., Leghouchi, E. & Lahouel, M.** (2009). Stress oxydatif induit par deux pesticides : l'endosulfan et le chlorpyrifos. *Environnement, Risques & Santé*, **8** (5): 425-432.
- Chino, H., Katase, H., Downer, R. C. & Hard Takahashi, K.,** (1981) Diacylglycerol-carrying lipoprotein of hemolymph of the American cockroach: Purification, Characterization and Function. *J. Lipid. Res.*, **22**: 7-15.
- Chippendale, G.M.** (1970). Metamorphic changes in Fat body proteins of the southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*. *J. Insect. Physiol.*, **16**: 1057 - 1068.
- Choudhary, A & Sharma DC.** (2008). Dynamics of 1.pesticide residues in nectar and pollen of mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern.) grown in Himachal Pradesh (India). *Environ Monit. Assess.*, **144**: 143-150.
- Claiborne, A.** (1985) Catalase activity. In: Greenwald RA (eds) *Handbook of Methods for Oxygen Radical Research* Boca Raton, FL: CRC 283–284 p.
- Clark, AG.** (1989). The comparative enzymology of GST from non-vertebrate organisms. *Comp. Biochem. Physiol.*, **92**: 419-446.
- Clastrier, J.** (1941). Sur la présence en Algérie d'*Orthopodomyia pulchripalpis*. *Rodani. Arch. Inst. Pasteur. Alg.*, **19** (4): 443 - 446.
- Colless, D. H. & Chellapah, W. T.** (1960). Effects of body weight and size of blood-meal upon egg production in *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera : Culicidae). *Ann. Trop. Med. Parasitol. Dec.*, **54**: 475 - 482.
- Company, R., Serafim, A., Bedianno, M. J., Cosson, R., Shillito, B. & Fiala-Medioni, A.** (2004). Effect of cadmium, copper and mercury on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in the gills of the hydrothermal vent mussel *Bathymodiolus azoricus*. *Mar. Environ. Res.*, **58**: 377-381.
- Connors, D. E. & Ringwood, A. H.** (2000). Effects of glutathione depletion on copper cytotoxicity in oyster (*Crassostrea virginica*). *Aqua. Toxicol.*, **50**: 341-349.
- Corson, M.S., Mora, M.A. & Grant, W.E.** (1998). Stimulating cholinesterase inhibition in birds caused by dietary insecticide exposure. *Ecological Modelling*, **105**: 299 – 323.
- Cossu, C., Doyotte, A., Jacquin, M. C., Babut, M., Exinger, A. & Vasseur, P.** (1997). Glutathione reductase, selenium-dependent glutathione peroxidase, glutathione levels, and lipid peroxidation in freshwater bivalves, *Unio tumidus*, as biomarkers of aquatic contamination in field studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **38** : 122-131
- Daget, P.** (1976). Les modèles mathématiques en écologie. (Ed). Masson. Paris. p 172.
- Dajoz, R.** (1971). Précis d'écologie. (Ed.) Dunod. Paris, 434p.
- Dannau, M., Leenaers, L., Amichot, M. & Haubruge, E.** (2003). Biomarqueurs d'exposition en milieu terrestre : impact d'hydrocarbures halogénés sur l'activité de trois systèmes enzymatiques chez *Drosophila pseudoobscura*. *Environnement, Risque et Santé*, **2** (6) : 344 - 349.
- Darrouzet, E.** (2006). Insecticides et mortalité des Abeilles domestiques. *Insecte*, **142** (3): 15-17.

- Davey, K.G.** (1981). Hormonal control of vitellogenin uptake in *Rhodnius prolixus* Stal. *Am. Zool.*, **21**: 701 – 705.
- Day, K.E. & Scott, I.M.** (1990). Use of acetylcholinesterase activity to detect sublethal toxicity in stream invertebrates exposed to low concentration of organophosphates insecticides. *Aquat. Toxicol.*, **18**: 101 - 114.
- De Lagarde, J.** (1983). Initiation à l'analyse des données, Bordas, Paris. 158p.
- Dellali, M., Barelli, M.G., Romeo, M & Aissa, P.** (2001). The use of acetylcholinesterase activity in *Ruditapes decussatus* and *Mytilus galloprovincialis* in the biomonitoring of Bizerta lagoon. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C.*, **130**: 227 – 235.
- Dewes, L.J., Sandrin, J.Z., Monserra, J.M. & Yunes, J.S.** (2006). Biochemical and physiological responses after exposure to microcystins in the crab *Chasmagnathus granulatus* (Decapod, Brachyura). *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **65**: 201-208.
- Dhadialla TS, Retnakaran A, Smagghe G.** (2010). Insect growth- and developmental-disturbing insecticides. In: *L.I. Gilbert, and S.S Gill (eds). Insect Control. Elsevier, New York*, 121-184.
- Di Giulio, R. T., Habig, C., Gallagher, E. P.** (1993). Effets of black Roock Harbor sediments on indices of biotransformation, oxidative stress and DNA integrity in channel fish. *Aquatic Toxicology*, **26**: 1-22
- Djebbar, F.** (2000). Composition biochimique et profil hormonal (20-hydroxyecdysone) des stades larvaires et nymphal chez deux sous-espèces de moustiques *Culex pipiens molestus* et *Culex pipiens pipiens*. Thèse de Magister en physiologie animale, option, applications agronomiques et médicales. Université d'Annaba, Algérie.
- Djeghader, N.E.H., Aïssaoui, L., Amira., K & Boudjelida, H.** (2014). Impact of a Chitin Synthesis Inhibitor, Novaluron, on the Development and the Reproductive Performance of Mosquito *Culex pipiens*. *World Applied Sciences Journal*, **29 (7)**: 954-960.
- Djeghader. N. E. H., Boudjelida. H., Bouaziz. A & Soltani. N.** (2013). Biological effects of a benzoylphenylurea derivative (Novaluron) on larvae of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Advances in Applied Science Research*, **4(4)**: 449-456.
- Downer, R. G. H.,** (1985). Lipid metabolism. In *Compr. Insect. Physiol. Biochem. and Pharm.* (G. A. Kerkert et L. I. Gilbert, eds). Pergamon Press. Oxford, **10**: 77-113.
- Draper, H. H. & Hadley, M.** (1990). Malondialdehyde determination as index of lipid peroxydation. *Meth. Enzymol.*, **186**: 241 – 431.
- Dreux, P.** (1980). Précis d'écologie. Ed. Presses Univ. France, Paris, 231p.
- Duchateau, G. & Florkin, M.** (1959). Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. *Arch. Insect. Physiol. Biochem.*, **67**: 306-314.
- Dyar, H. G. & Knab, F.** (1906). The larvae of Culicidae classified as independent organisms. *J. N. Y. Ent. Soc.*, XIV, p 169.
- Edwards, F. W.** (1913). Diptera of the Lake of Tiberias and Damascus. *Journal of the Asiatic Society of Bengal, (N. S.)*, **9**: 48 - 51.
- Edwards, C.A. & Fisher, S.W.** (1991). The use of cholinesterase measurements in assessing the impacts of pesticides on terrestrial and aquatic invertebrates. In: Mineau P. (ed). Cholinesterase inhibiting insecticides. *Elsevier, Amsterdam*. pp. 255 – 275.

- El Fadl, A. & Chtaina, N.** (2010). Etude de base sur la culture de la tomate au Maroc. (Integrated Pest Management) au Proche Orient (ONSSA). Programme régional de lutte intégrée contre les organismes nuisible. (*Integrated Pest Management*) au Proche Orient (Projet GTFS/REM/070/ITA). Maroc. 120 pages.
- Ellman, G. L., K. D. Courtney., V. Andres & R. M. Featherstone** (1961): A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity.. *Biochem. Pharmacol.*,**7**: 88-95.
- Ensibi, C., Hernández Moreno, C., Soler Rodríguez, D., Míguez Santiyán, F., Daly Yahya, P., & Pérez-López, M.N.** (2010). Modulatory effects of carbofuran on antioxidant defense mechanisms and lipid peroxidation in *Cyprinus carpio* liver. 2<sup>ème</sup> Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et 4<sup>èmes</sup> Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie.
- Farinós, G.P., Smagghe, G., Tirry, L. & Castañera, P.** (1999). Action and pharmacokinetics of a novel insect growth regulator, halofenozide, in adult beetles of *Aubeonymus mariaefranciscæ* and *Leptinotarsa decemlineata*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, **41**: 201-213.
- Faurie, C., Ferra, C. & Medori, P.** (1980). Ecologie. (eds.) Baillièrre J. B., Paris, 1091.
- Ficalbi, E.** (1889). Descrisione di una specie nuova. (Notixie preventive sulle zanzare italiane. II. Nota preventiva). *Bulletino della Societa Entmologican Italiana*, **21**: 50 - 53.
- Finney, D. J.** (1971). Probit Analysis, *Cambridge Univ. Press, UK*. 333p.
- Fisher, R. A. & Yates.** (1957). Statical tables for biological, agricultural and medical research. 5 ème édition, Olivier et Boyd. London, pp. 64 – 66.
- Forget, J., Pavillon, J.F., Beliaeff, B. & Bocquené, G.** (1999). Joint action of pollutant combinations (pesticides and metals) on survival (LC 50 Values) and acetylcholinesterase activity of *Tigriopus brevicornis* (Copepoda, Harpacticoida). *Envir. Toxicol. Chemis.*, **5**: 912 – 918.
- Fossi, M.C., Leonzio, C., Massi, A., Lari, L. & Casini, S.** (1992). Serum esterase inhibition in birds : A non-destructive biomarker to access organophosphorus and carbamate contamination. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **23**: 99 – 104.
- Gallageher, E.P., Gross, T.S. & Sheehy, K.M.** (2001). Decreased glutathione S-transferase expression and activity altered sex steroids in lake Apoka brown bulheads (*Ameriurus nebulosus*). *Aqua. Toxicol.*, **55**: 223-237.
- Galois, R.** (1987). Les lipides neutres chez les crustacés Décapodes : métabolisme et besoins. *Océanis. Fasc.*, **2(13)**: 197-215.
- Gannagé-Yared, M., Khneisser, I., Salem, N., Gouyette, A., Loiselet, J., Halaby, G.** (1998). Glutathion et glutathion S-transférase sanguins et leucocytaires : relation avec la cholestérolémie chez des volontaires sains. *Annales de Biologie Clinique*, **56** (3): 321-327.
- George S. G.** (1994). Enzymology and molecular biology of phase II xenobiotic conjugating enzymes in fish. In: malins, D.C., Ostrander, G.K. (Eds.), *Aquatic. Toxicology, Molecul. Biochem and Cell.Perspect.* Lewis, Boca Raton, FL, pp 37-85.
- Ghanim, M. & Kontsedalov, S.** (2009). Susceptibility to insecticides in the Q biotype of *Bemisia tabaci* is correlated with bacterial symbiont densities. Society of Chemical Industry. *Pest Manag Sci.*, **65** (9): 939 - 42.

- Gilles, B., Sébastien, C., Christelle, C., Emilie, B., Dominique, M., Bernard, R., Christophe, M., Thierry, B., Annie, P.L. & Jean-François, N. (2004). Biological effects of the “Erika” oil spill on the common mussel (*Mytilus edulis*). *Aquat. Living Resour.*, **17**: 309–316.
- Giorgi, F. (1979). In vitro induced pinocytotic activity by a juvenile hormone analogue in oocytes of *Drosophila melanogaster*. *Cell. Tiss. Res.*, **203**: 241 – 247.
- Goldsworthy, A. C., Mordue, W. et Guthkelch, J. (1972). Studies on insect adipokinetic hormone. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **18**: 306-314.
- Goltzene, F. (1979). Etude ultrastructurale du développement normal des ovocytes et des cellules folliculaires chez l’Orthoptère *Locusta migratoria* (L.) *Arch. Hist. Embr. Norm. and Exp.*, **62**: 55-72.
- Gore, J.C. & Schal, C. (2004). Laboratory evaluation of boric acid-sugar solution as baits for management of German cockroaches infestation. *J. Econ. Environ. Entomol.*, **97** (2): 581 – 587.
- Goudey- Perrière, F., Perrière, C., Baly, F., Gayral, P. & Brousse-Gaury. (1991). Indolamines and onset of vitellogenesis in the imaginal molt decapitated cockroach *Blaberus craniifer* Burm., In: Dahmani F. Z., Brousse-Gaury P., Perrière C., Breton P. & Goudey-Perrière F. Lindane's effects on the ovarian response of the cockroach *Blaberus craniifer* Br. (Insecta: Dictyoptera). *Pest. Biochem. Physiol.*, **60**: 59 – 70.
- Goudey-Perrière, F., Perrière, C. & Brousse-Gaury. (1994). Proctoline promotes vitellogenesis onset in the imaginal molt decapitated cockroach *Blaberus craniifer*. In: Dahmani F. Z., Brousse-Gaury P., Perrière C., Breton P. & Goudey-Perrière F. Lindane's effects on the ovarian response of the cockroach *Blaberus craniifer* Br. (Insecta: Dictyoptera). *Pest. Biochem. Physiol.*, **60**: 59 – 70.
- Grimstad, P. R. & Haramis, L. D. (1984). *Aedes triseriatus* (Dipt: Culicidae) and La Crosse virus. III. Enhanced oral transmission by nutrition-deprived mosquitoes. *J. Med. Ent.*, **21**: 249 – 256.
- Guilhermino, L., Lopes, M.C., Carvalho, A.P. & Soares, A.M.V.M. (1996). Acetylcholinesterase activity in juvenils of *Daphnia magna* staus. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **57**: 979 – 985.
- Guitsevitch, A. V., Monchadski, A. & Sktakel’Berg, A. A. (1974). Fauna of Diptera. *U. S. Departement of Commerce Natiolal Technical Inforamation, Va.* pp: 22-51.
- Habes, D., Kilani-Morakchi, S., Aribi, N., Farine, J.P. & Soltani, N. (2006). Boric acid toxicity to the German cockroach, *Blattella germanica*: Alterations in midgut structure, and acetylcholinesterase and glutathion S-transferase activity. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **84**: 17-24.
- Habig, WH., Pabst, MJ. & Jakoby, WB. (1974). Glutathione S-Tranferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.*, **249**: 7130-7139.
- Halliwell, B. & Gutteridge, J.M.C. (1999). Free radicals in biology and medicine, third Eds. *Oxford University Press, Oxford*.
- Hamza-Chaffi, A., Romeo, M., Gnassia-Barelli, M. & El Abed, A. (1998). Effect on copper and lindane on some biomarkers measured in the clam *Ruticipes decussates*. *Bull. Environ. Toxicol.*, **61**: 397 – 404.
- Hao, L., & Chen, L. (2012). Oxidative stress responses indifferent organs of carp (*Cyprinus carpio*) with exposure to ZnO nanoparticles. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **80**: 103-110.

- Haramis, L. D.** (1985). Larval nutrition, adult body size, and the biology of *Aedes triseriatus*. In Ecology of mosquitoes (Edited by Lounibos L. P., Rey J. R. and Frank J. H.), pp. 431 – 437. *Florida Medical Entomology Laboratory, Vero Beach, Fla.*
- Harnish, DG. & White, B. N.** (1982). Insect vitellins, Identification, Purification and characterization from eight orders. *J. Exp. Zool.*, **220**: 1- 10.
- Hart, A.D.M.** (1993). Relationships between behavior and the inhibition of acetylcholinesterase in birds exposed to organophosphorus pesticides. *Environ. Toxicol. Chem.*, **12**: 312 – 336.
- Hassaine, K.** (2002). Bioécologie et biotypologie des Culicidae (Diptera: Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Biologie des espèces les plus vulnérantes (*Ae. Caspius*, *Ae. Detritus*, *Ae. mariae* et *Cx. pipiens*) dans la région occidentale algérienne. Thèse Doc. es-Sciences, Université de Tlemcen, 191p.
- Haubruge, É. & Amichot, M.** (1998). Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. France. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **2** (3): 161–174.
- Hawley, W. A.** (1985a). The effect of larval density on adult longevity of a mosquito, *Aedes sierrensis*: epidemiological consequences. *J. Anim. Ecol.*, **54**: 955 – 964.
- Hawley, W. A.** (1985b). A high fecundity aedine; factors affecting egg production of the western treehole mosquito *Aedes sierrensis* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.*, **22**: 220 – 225.
- Herbert, A., Guilhermino, L., Assis, H.C.S. & Hansen, P.D.** (1995). Acetylcholinesterase activity in aquatic organisms as pollution biomarker. *Zeitschrift Angewandte Zoologie*, **3**: 1 – 15.
- Hien, D. S.** (1976). Biology of *Aedes aegypti* (L. 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) (Diptera: Culicidae). *Acta. Parasitol. Pol.*, **24**: 37 – 55.
- Highnam, K. C. & Mordue, W.** (1966). The endocrine system and oocyte growth in *Schistocera gregaria* in relation to starvation and frontal gonglonectiony. *J. Insect. Physiol.*, **12**: 977-994.
- Himmi, O., Dakki, M., Trari, B. and Elagbani, M A.** (1995). Les Culicidae du Maroc. Clés d'identification avec données biologiques et écologiques. *Trav. Inst. Sci., séries Zool.*, 44, Rabat : **50 p.**
- Himmi, O., Trari, B., Elagbani, M A. & Dakki, M.** (1998). Contribution à la connaissance de la cinétique et des cycles biologiques des moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région de Rabat - Kénitra ( Maroc). *Bull. Inst. Sci. Rabat.*, **21**: 71 - 79.
- Hosoi, T.** (1954 b). Egg production in *Culex pipiens pallens* coquillett. I V. Influence of breeding conditions on wing length, body weight and follicule production. *J. Med. Sci. Biol.*, **7**: 129 - 134.
- Horowitz A.R. & Ishaaya I.** (2004). Biorational insecticides – mechanisms, selectivity and importance in pest management programs. *Insect Pest Management*, Springer, Berlin, 1-28.
- Hugget, R.J., Kimerle, R.A., Mehler, P.M. & Bergman, H.L.** (1992). Biomarkers: biochemecals, physiological and histological markers of anthropogenic stress. *Boca Raton, Lewis Publisher*, 347 pages.

- Hui JHL, Benena WG, Tobe SS.** (2013). Future perspectives for research on the biosynthesis of juvenile hormones and related sesquiterpenoids in Arthropod endocrinology and ecotoxicology. In: J. Devilliers (Ed.), *Juvenile hormone and juvenoids. Modeling biological effects and environmental fate. CRC Press Taylor & Francis Group, New York.* 15-30.
- Ishaaya, I. & Horowitz, A. R.** (1992). Novel phenoxy juvenile hormone analog (pyriproxyfen) suppresses embryogenesis and adult emergence of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.*, **85** (6): 2113 – 2117.
- Ishaaya, I., Yablonski, S. & Horowitz, A. R.** (1995). Comparative toxicology of two ecdysteroid agonists, RH-2485 and RH-5992, on susceptible and pyrethroid-resistant strains of the Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*. *Phytoparasitica*, **32**: 139 – 145.
- Ishaaya, I.** (2001). Biochemical sites of insecticide action and resistance. *Berlin Heidelberg, New York, Springer-Verlag.* Pages 323-338
- Ishaaya I. & Horowitz A.R.** (2007). In focus: IPM using novel insecticides and other approaches. *Pest. Manag. Sci.*, **63**:729.
- Jacoby, W.B. & Habig, W.H.** (1980). Glutathion transferase. In: Jacoby, W.B (Eds). Enzymatic basis of detoxification. *Academic press. New York.*, **2**: 63-94.
- Kammenga, J.E., Dallinger, R., Donker, M.H., Kohler, H.R., Simonsen, V., Triebkorn, R. & Weeks, J.M.** (2000). Biomarkers in terrestrial invertebrates for ecotoxicological soil risk assessment. In: warz, G.W. (Eds). *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 175 Fifth Ave/New York/NY 10010/USA, Springer-Verlag., **146**: 93 – 147 pp.
- Kanost, M.R.M., Kawooya, J.K., Lan, J.H., Ryan, R.O., Van Heudsdan, M.C. & Ziegler, R.** (1990). Insect hemolymph proteins. In Evans, P.D. & Wigglesworth, V.B. (eds.): *Adv. Insect. Physiol.*, 22 Academic Press, London. 299-369.
- Kaufman P.E, Mann R.S. & Butler J.F.** (2011). Insecticidal potency of novel compounds on multiple insect species of medical and veterinary importance. *Pest.Manag. Sci.*, **67**: p. 26-35.
- Kawada, H.** (1988). An Insect growth regulator against cockroaches. In: Ishaaya & Horowitz A. R. (eds). Novel phenoxy juvenile hormone analog (pyriproxyfen) suppresses embryogenesis and adult emergence of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.*, **85** (6): 2113 – 2117.
- Keely, L.L.** (1985). Physiology and biochemistry of Fat body, pp. 211 – 248. In GA Kerkut & L.I. Gilbert (eds): *Comprehensive Insect Biochemistry, physiology and pharmacology*, vol. 3, Pergamon Press, Oxford.
- Kilani-Morakchi, S.** (2000). Evaluation de l'activité d'un insecticide inorganique, l'acide borique à l'égard de *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae): aspects toxicologie, résidu, structurale et biochimique. Thèse de Magister en Biologie Animale option Physiologie animale, applications agronomique et médicale. Université d'Annaba, Algérie.
- Kilby, B. A.** (1963). The biochemistry of the insect. *Fact. Adv. Insect. Phys.*, **1**: 112-174.
- King, R. C. & Buning, J.** (1985). The origin functioning of insect oocytes and nurse cells In: Kerkut G. A. and Gilbert L. I. *Comp. Insect Physiol. Biochem and Pharmacol.*, **3**: 37 – 82. Pergamon press. Oxford.

- Kirkpatrick, T. W.** (1925). The mosquitoes of Egypt. *Government. Press. Cairo*, 224 p.
- Kisek, R., Vacek, J., Trnkova, L. & Jelen, F.** (2004). Cyclic voltammetric study of the redox system of glutathione using the disulfide bond reductant tris (2-carboxethyl) phosphine. *Bioelectrochemistry*, **63**: 19 – 24.
- Kontsedalov, S., Einat, Z-F., Chiel, E., Gottlieb, Y., Moshe, I & Ghanim M.** (2008a). The presence of *Rickettsia* is associated with increased susceptibility of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides. Society of Chemical Industry. *Pest. Manag. Sci.*, **64** (8): 789 - 792.
- Kontsedalov, S., Gottlieb, Y., Ishaaya, I., Nauen, R., Horowitz, R & Ghanim. M.** (2008b). Toxicity of spiromesifen to the developmental stages of *Bemisia tabaci* biotype B. *Pest Manag Sci.*, **65** (1): 5 - 13.
- Kumar, V. S., Santhy, M. & Krishnan, M.** (1999). RH-5992, An ecdysone agonist on model system of the silkworm *Bombyx mori*. *Indian Journal of Experimental Biology*, **38**: 137-144.
- Kunkel, J. G. & Nordin, J. H.** (1985). Yolk proteins. In: G. A. Kerkut & L. I. Gilbert (eds). *Comprehensive. Insect. Biochemistry, Physiology and Pharmacology*, **3**: 83 – 111. Pergamon Press, Oxford.
- Labrot, F. R. D., Tisnerat, G., Cabridenc, R., Narbonne, J. F.** (1996a). Le plomb dans l'environnement: sources, mécanismes de transfert et effets biologiques. Dans : « Aspects analytiques du plomb dans l'environnement ». *Coordonateur M. Morlot, Lavoisier Tec & Doc editions*, 3-15.
- Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, JC & Ramade, F.** (1997). Biomarqueurs en écotoxicologie « Aspects fondamentaux ». Masson. Paris. 419 p.
- Lakbar, C.** (2000). Effets de deux régulateurs de croissance, le RH-0345 et le Pyriproxifène sur le développement de *Tenebrio molitor* (Coleoptera : Tenebrionidae). Magistère en Développement et Reproduction. Université d'Annaba. Algérie.
- Lambreas, C. I., Galante, F. & Mena, I.** (1991). Ovarian condition as an indicator of the phenology of *Bubas bubas* (Coleoptera: Scarabeidae). *Ann. Entomol. Sco. Am.*, **84** (2): 190-194.
- Lamy, M.** (1964a). Etude par électrophorèse en gel d'amidon des protéines de l'hémolymphe du *Bombix mori* normal ou privé de ses gonades, *C. R. Acad. Sciences Fr.*, **259**: 1905 – 1908.
- Lamy, M.** (1964b). Electrophorèse des protéines de l'hémolymphe de la piéride du chou (*Pieris brassicae*) au cours de son cycle biologique et de sa diapause nymphale, *P. V. Soc. Sc. Phys. et Nat. Bordeaux.*, 241 – 246.
- Lamy, M.** (1969). Etude électrophorétique des protéines de l'hémolymphe chez les lépidoptères. Thèse Doc. *Nat. Fac. Sc. Bordeaux*. 151 p.
- Landry, S. V., De Foliart, G. R. & Hogg, D. B.** (1988). Adult body size and survivorship in a field population of *Aedes triseriatus*. *J. Am. Mosq. Contr. Ass.*, **4**: 121 – 128.
- Laouabdia-Sellami, N.** (1992). Lutte biologique contre *Culex pipiens pipiens* (Diptera : Culicidae) : effet de la reculture et de la conservation de *Bacillus sphaericus* sur la toxicité à l'égard des moustiques. Mémoire de Magister en Biologie et Physiologie des Invertébrés, option Arthropodologie. ISN, Université d'Annaba.
- Laverdure, A.M.** (1972). Evolution de l'ovaire chez la femelle adulte de *Tenebrio molitor*: la prévitellogenèse. *J. Insect. Physiol.*, **18**: 1369-1385.

- Le Bras, S., Echaubard, M.** (1980). Effet des agents sterilisants hempa et rayons X sur les glucides de l'hémolymphe de la mouche domestique *Musca domestica* (Dipt: Muscidae) *Annl. Soc. Ent. Fr.*, **17 (1)**: 89 – 97.
- Lea, A. O.** (1964). Studies on the dietary and endocrine regulation of autogenous reproduction in *Aedes teaniorhynchus* (Weid). *J. Med. Ent.*, **1**: 40 – 44.
- Lee, C.Y., Hemingway J., Yap, H.H. & Chong, N.L.** (2000). Biochemical characterization of insecticide resistance in German cockroach, *B. germanica*, from Malaysia. *Medical Veterinary Entomol*, **14**: 11-18.
- Legendre, P. & V. Legendre.** (1984). Postglacial dispersal of freshwater fishes in the Québe peninsula. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **41**: 1781-1802.
- Lemaire, P. L. D.,** (1993). Pro-oxidant/ antioxidant processes and organic xenobiotic interactions in marine organisms, in particular the flounder *Platichthys flesus* and the mussel *Mytilus edulis*. *Trends in Comparative Physiology*, **1**: 1119-1150.
- Lim, S. J. & Lee, S. S.** (1981). The effect of starvation on hemolymph metabolites, fat body and ovarian development in *Oxya japonica* (Acrididae: Orthoptera). *J. Insect. Physiol.*, **27**: 93-96.
- Lim, S. J. & Lee, S. S.** (1982). Toxicity of diflubenzuron to grasshopper *Oxya japonica*: Effects on reproduction. *Entomol. Exp. Appl.*, **31 (2)**: 154 – 158.
- Limoe, M., Enayati, A.A., Ladonni, H., Vatandoost, H., Baseri, H. & Oshaghi, M.A.** (2007). Various mechanisms responsible for permethrin metabolic resistance in seven field-collected strains of German cockroach from Iran, *B. germanica* (L.) (Diptera: Blattellidae). *Pest. Biochem. Physiol.*, **87**: 138-146.
- Lingnot, J.H., Chamantier, G. & Cochard, J.C.** (1998). Effects of an organophosphorus insecticide, fenitrothion, on survival osmoregulation, and acetylcholinesterase activity in different life stages of two panaeid shrimps: *Penaeus stylirostris* and *Penaeus vannamei* (Crustacea Decapoda). *J. Shellfish. Res.*, **17**: 1251 – 1258.
- Linné, C.** (1758). *Systema naturae per regna tria naturae*. Edition 10. Vol. 1. Holmiae: 824 p.
- Lounaci, Z.** (2003). Biosystématique et bioécologie des Culicidae (Diptera: Nematocera) en milieu rural et agricole. Thèse de magister en Sciences agronomiques, option, Entomologie Appliquée. INA, El Harrach.
- Livingstone, D., Lips, F., Garcia Martinez, P., Pipe, R, K.** (1992). Antioxidant enzymes in the digestive gland of the common mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, **112**: 265-276.
- M'hamed, T. & chemseddine, M.** (1998). Effets secondaires du traitement chimique sur *Anthocoris nemoralis* (Hétéroptère, Anthocoridae) et *Pullus mediterraneus* (Coléoptère, coccinellidae). pp 40-44.
- Maggi, P.** (1973). Toxicité relative de deux insecticides organophosphorés l'abate et le fénitrothion. *Inst. Pêches. Macit.*, **37 (1)**: 137-144.
- Magnin, M., Fournier, D. & Pasteur N.** (1985). Mécanismes physiologiques de la résistance des insectes aux insecticides. *Entomol. Medical et Parasitol.*, **4**: 273-280.
- Maire, A.** (1980). Ecologie comparée des espèces de moustiques holarctiques (Diptera: Culicidae). *J. Can. Zool.*, **58 (9)**: 155 – 160.

- Manga, L., Robert, V., Messi, J., Desfontaine, M. & Carnavale, P.** (1992). Le paludisme urbain à Yaoundé, Cameroun. 1. Etude entomologique dans deux quartiers centraux. *Mém. Soc. R. Belge. Ent.*, **35**: 155 – 162.
- Mansouri, M., Bendali-Saoudi, F., Benhamed, D & Soltani, N.** (2013). Effect of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* against *Culex pipiens* (insecta : Culicidae). Effect of *Bti* on two non-target species *Eylais hamata* (Acari: Hydrachnidia) and *Physa marmorata* (Gastropoda: physidae) and Dosage of their GST biomarker., *Annals of Biological Research*, **4** (11): 85-92.
- Marshall, D.B., Pree, D.J. & Mc Garvey, B.D.** (1988). Effects of benzoylphenylurea insect growth regulators on eggs and larvae of the spotted tentiform leafminer *Phyllonorycter blancardella*., *Can. J. Entomol.*, **120**: 49-62.
- Marty, R.** (1968). Recherches écologique et biochimique sur les orthoptères des pyrénées. Thèse Doc. *ESSC. Nat. Fac. Sc. Toulouse*. N° 326.
- Matile, L.** (1993). Les diptères d'Europe occidentale. Tome I. *Societe Nouvelle des Editions Boubee, Paris*, 439p.
- Medina, P., Budia, F., Tirry, L., Smaghe, G. & Viñuela, E.** (2001). Compatibility of spinosad, tebufenozide and azadirachtin with eggs and pupae of the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens) under laboratory conditions. *Biocontrol Sci. Technol.*, **11**: 597-610.
- Meghlaoui, Z & Mansouri, K.** (2010). Effet d'un bio-insecticide, le spinosad sur *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae) : Activité spécifique de la GST et du GSH. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master Université de Badji Mokhtar. Annaba. pp 7-21.
- Mleiki, A & Trigui El Menif, N.** (2010). Effet d'une alimentation contaminée par le plomb et le cadmium sur l'activité enzymatique du gastéropode terrestre : *Cantareus apertus* en milieu contrôlé. 2<sup>ème</sup> Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et 4<sup>èmes</sup> Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie.
- Morakchi, S., Maïza, A., Farine, J.P., Aribi, N & Soltani, N.** (2005). Effects of a neonicotinoid insecticide (acetamiprid) on acetylcholinesterase activity and cuticular hydrocarbons profil in german cockroaches. *Comm. Appl. Biol. Sci. Ghent University.*, **70** (4): 843-848.
- Nadir, M. & Mukrim, A.** (2012). Impact des eaux usées traitées du grand Agadir : techniques d'évaluation utilisées. 2<sup>ème</sup> Colloque International sur la Gestion et la Préservation des Ressources en Eau, Meknès. *Faculté des Sciences. Université Moulay Ismail*.
- Najimi, S., Bouhaimi, A. & Danbeze, M.** (1997). Use of acetylcholinesterase in *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* as a biomarker of pollution of Agadir marine bay (South of Morocco). In: Dellali, M., Barelli, M.G., Romeo, M & Aissa, P. (2001). The use of acetylcholinesterase activity in *Ruditapes decussatus* and *Mytilus galloprovincialis* in the biomonitoring of Bizerta lagoon. *Comparative. Biochemistry. Physiology, Pat C.*, **130**: 227 – 235.
- Nasci, R.** (1986). The size of emerging and host-seeking *Aedes aegypti* and the relation of size to blood– feeding success in the field. *J. Am. Mosq. Contr. Ass.*, **2**, 61- 62.
- Nayar, J. K. & Van Handel, E.** (1971). The fuel for sustained mosquito flight. *J. Insect. Physiol.*, **17**: 471- 481. In: Reisen, W. K., Meyer, R. P. & Milby M. M. (1986) Patterns of fructose feeding by *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Ent.*, **23**: 366 – 373.

- Neveu-Lemaire, M.** (1902). Sur la classification des Culicidés. *C. R. Soc. Biol.*, IV, pp. 1329 - 1334.
- Nijhout, H. F.** (1975). A threshold size for metamorphosis in the tobacco hornworm *Manduca sexta* (L.). *Biol. Bull.*, **149**: 214 -225.
- Nijhout, H. F.** (1994). Insect Hormones. *In*: Princeton University Press, New Jersey, USA.
- Nowosielski, J.W. & Patton, R. L.** (1965). Variation in the hameolymph protein, amino acid, and lipid levels in adult house crickets, *Acheta domesticus* L., of different ages. *J. Insect Physiol.*, **11**: 263 - 270.
- Oruc, E.O. & Usta, D.** (2007). Evaluation of oxidative stress responses and neurotoxicity potential of diazinon in different tissues of *Cyprinus carpio*. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, **95**: 48-55.
- Ozmen, N., Sener, S., Mete, A. & Kucukbay, H.** (1999). *In vitro* and *In vivo* acetylcholinesterase inhibition effect of new class of organophosphorus compounds. *Environ. Toxicol. Chem.*, **18**: 241- 246.
- Pallas, P.S.** (1771). Reise durch verschiedene Provinzen des Russishen Reichs, Vol. 1. St. Petersburg : 504 p.
- Palumbo, J C.** (2009). Spray Timing of Spiromesifen and Buprofezin for Managing *Bemisia* Whiteflies in Cantaloupes . *Plant. Health. Progress.*, **88**: 1393-1400
- Parant, M.** (1998). Le métabolisme des xénobiotiques chez les bivalves. *Sci. Life.*, 321: 485-494.
- Paoletti, G & Pimentel, D.** (2000). Environmental risks of pesticides versus genetic engineering for agricultural pest control, **12(3)**: 279-303.
- Pellerin & Massicotte, J.** (1994). Oxidative processes as indicators of chemical stress in marine bivalves. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, **3**: 101-111.
- Perrière, C., Brousse-Gaury, P. & Goudey-Perrière, F.** (1993). Ecdysone but not 20-hydroxyecdysone induces onset of vitellogenesis in imaginal molt decapitated cockroach *Blaberaus craniifer* Burm. Immunocytochemical study of ovaries. *In*: Dahmani F. Z., Brousse-Gaury P., Perrière C., Breton P. & Goudey-Perrière F. Lindane's effects on the ovarian response of the cockroach *Blaberus craniifer* Br. (Insecta: Dictyoptera). *Pest. Biochem. Physiol.*, **60**: 59 – 70.
- Prabhaker, N., Castle, SJ., Buckelew, L & Toscano, NC.** (2008). Baseline susceptibility of *Bemisia tabaci* B biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) populations from California and Arizona to spiromesifen. *J Econ. Department of Entomology, University of California*, **101(1)**:174 - 81.
- Raccaud-Schoeller.** (1980). Les insectes. Physiologie, Développement. *Edition Masson, Paris*, 296 p.
- Raikhel, A.S. & Dhadialla, T.S.** (1992). Accumulation of yolk proteins in insect oocytes. *Ann. Rev. Entomol.*, **37**: 217-251.
- Ramade, F.** (1984). Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale, *Mac-Graw-Hill, Paris*, 397 p.
- Rehimi, N.** (1993). Activité biologique de trios molécules dérivées de la benzoylurée (Dart, Andalin, Alsystin) à l'égard de *Culex pipiens pipiens*. Thèse de Magister en Biologie et physiologie des invertébrés, option Arthropodologie. ISN Université d'Annaba.

- Rehimi, N. & Soltani, N.** (1999). Laboratory evolution of alsystine. A chitin synthesis inhibitor agonist *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). Effects on development and cuticle secretion. *J. Appl. Ent.*, **123**: 437-441.
- Reidy, G.F., Rose, H. A., Visetson, S. & Murray, M.** (1990). Increased glutathione S-transferase activity and glutathione content in an insecticide-resistant strain of *Tribolium castaneum* (Herbst). *Pestic. Biochem. Physiol.*, **36**: 269 - 276.
- Ribeiro, S., Guilhermino, L., Sousa, J. P. & Soares, A. M. V. M.** (1999). Novel bioassay based on acetylcholinesterase and lactate dehydrogenase activities to evaluate the toxicity of chemicals to soil isopods. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, **44**: 287 - 293.
- Rioux, J.A., Dedet J.P. and Ben Osman, F.** (1969). Présence de *Culiseta subochrea* et *Culex theileri* dans l'extrême sud de la Tunisie. *Arch. Inst. Pasteur Tunisie*.
- Roméo, M. & Gnassia-Bareli, M.** (1997). Effects of heavy metals on lipid peroxidation in the mediterranean clam *Ruditapes decussatus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **118 C**: 33.
- Rouibi, A.** (2002). Evaluation d'un mimétique des ecdystéroïdes (RH-0345) sur *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae) : Aspects morphométriques et Biochimiques. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Magister, Université de Badji Mokhtar Annaba. 95p.
- Roux, A. L.** (1981). Dynamique des populations de crustacés et qualité de l'eau, 160 – 189. In: Hoestland H., 1981: Dynamique des populations et qualité de l'eau. Ed. Gauthier - Villars, Paris: 275p.
- Saci-Messiad, R.** (2006). Effet d'un régulateur de croissance, l'azadrachine chez *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae) : physiologie, activité enzymatique et comparaison de la détoxification avec d'autres groupes de pesticides. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master Université de Badji Mokhtar- Annaba-. 94 p.
- Saenz-de-Cabeson, F. J., Marco, V., Zalom, F. G. & Perez-Moreno, I.** (2005). Effects of methoxyfenozide on *Lobesia botrana* Den and Schiff (Lepidoptera: Tortricidae), egg, larval and adult stages. *Pest. Manag. Sci.*, **61**: 1133-1137.
- Salem, H., Smaghe, G. & Degheele, D.** (1997). Effects of tebufenozide on oocyte growth in *Plodia interpunctella*. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*, **62 (1)**: 9-13
- Samuel, O. & Laurent, L S.** (2005). Profil toxicologique des insecticides retenus pour le contrôle des insectes adultes impliqués dans la transmission du virus du Nil occidental au Québec. Institut national de santé publique du Québec. Canada. N° 378. Vol 86.
- Schaffner, F.** (1998). Biodiversité et dynamique des moustiques de France (Diptera: Culicidae). IV ème conférence internationale francophone d'entomologie, Saint Malo, 5 – 9 juillet, 1p.
- Schaffner, F., Angel, G., Geoffroy, B., Hevry, J.P., Rhaiem, A. & Brunhes, J.** (2001). Moustiques d'Europe. Institut de recherche pour le développement IRD. Logiciel d'identification.
- Scharf, M.E., Neal, J.J. & Bennett, G.W.** (1998). Changes of insecticide resistance levels and detoxication enzymes following insecticide selection in the German cockroach, *B. germanica*. *Pest. Biochem. Physiol.*, **40**: 150-156.
- Schrank, F. von P.** (1770). *Beitrage zur Naturgeschichte*. Leipzig. Fritsch: 137 p.
- Seguy, E.** (1930). Contribution à l'étude des diptères du Maroc. *Mém. Oc. Sc. Nat. Maroc*, n° 24, 206p.

- Seguy, E.** (1947). La vie des mouches et des moustiques. (eds) P. Lechevalier. Paris, 252p.
- Seguy, E.** (1951). Ordre des diptères (Diptera, Linné, 1758): 449 – 744 in: Grasse P. P., 1951. Traité de Zoologie, anatomie, système nerveux, biologie. Insectes supérieurs et Hémipteroïdes. Tome X, fasc. I., 975p.
- Senevet, G.** (1935). Les Anophèles de la France et ses colonies. *Encycl. Entomol. Lechevalier. Paris.* 361 p.
- Senevet, G.** (1947). Le genre *Culex* en Afrique du Nord, I (les larves) et I bis. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie.*, **25**: 107 - 136 et 212 - 213.
- Senevet, G.** (1949) Le genre *Culex* en Afrique du Nord, II- Les armures génitales mâles. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **27 (1)**: 48 - 65.
- Senevet, G.** (1954). Le genre *Culex* en Afrique du Nord, III : Les adultes. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **32 (1)**: 36 - 70.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1954). Présence d'*Aedes punctator* en Algérie. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **32**: 309.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1955a). Races et variétés de l'*Anopheles claviger* Meigen, 1804. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **33 (3)**: 128 – 137.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1955b). A propos de *Anopheles algeriensis*. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **33 (3)**: 269 – 272.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1956). Les Anophèles de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen. *Encycl. Entomol. Lechevalier. Paris. (ed.)*, **33**: 280 p.
- Senevet, G.** (1958). Les Anophèles du Globe. Révision générale. *Encycl. Entomol. Lechevalier.* 215 p.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1958). Le genre *Aedes* en Afrique du Nord, II : Les nymphes. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **36 (2)**: 266 - 292.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1959a). I : Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen : Les genres *Culex*, *Uranotaenia*, *Theobaldia*, *Orthopodomyia* et *Mansonia*. *Encycl. Entomol. Lechevallier, Paris.*, **37**: 384 p.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1960). Contribution à l'étude de la biologie des moustiques en Algérie et dans le Sahara Algérien. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **38 (2)**: 306 – 326.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1963a). Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen, III : Les *Aedes*, 1 ère partie : Généralités. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **41**: 115 - 141.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1963b). Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen, III : Les *Aedes*, 2 ème partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe B. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **41**: 142 - 172.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1964a). Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen, III : Les *Aedes*, 2 ème partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe E. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **42**: 94 - 144.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1964b). Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen, III : Les *Aedes*, 2 ème partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe G. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **42** : 145 - 192.
- Senevet, G. & Andarelli, L.** (1966). Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen, III : Les *Aedes*, 2 ème partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe H. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **44**: 51 - 74.

- Shaoyong, K., Tingting, S., Zhigang, Z., Ya-Ni, Z., Ying L., Kaimei, W & Ziwen, Y.** (2010). Spirodiclofen Analogues as Potential Lipid Biosynthesis Inhibitors: A Convenient Synthesis, Biological Evaluation, and Structure-Activity Relationship. *Bull. Korean. Chem. Soc.*, Vol. 31, No. 8.
- Sharma, KK., Rao CS., Dubey, JK., Patyal, SK., Parihar, NS., Battu, RS., Sharma, V., Gupta, P., Kumar, A., Kalpana, J M., Singh, B., Sharma, ID., Nath, A. & Gour, TB.** (2007). Persistence and dissipation kinetics of spiromesifen in chili and cotton. *Environ. Monit. Assess.*, **132**: 25 - 31.
- Shibko, S., Koivistoinen, P., Tratnyneck, C., New Hall, & Feidman, L.** (1966). A method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. *Analyt. Biochem.*, **19**: 415-528.
- Sieber, K. & Bens, G.** (1978). The influence of juvenile hormone on the feeding behaviour of last instar larvae of the codling moth *Laspeyresia pomonella* (Lep: Tortricidae); reared under different photoperiods. *Experientia*, **34**: 1647 – 1650.
- Sifi, K.** (2002). Evaluation de l'effet d'un xénobiotique, l'acide borique sur la structure du tube digestif, l'inhibition d'un site cible, l'acétylcholinestérase (AChE) et l'activité d'une enzyme de détoxification, le lactate déshydrogénase (LDH) chez *Blattella germanica* (Dictyoptera : Blattellidae). Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Magister Université de Annaba. 64 p.
- Sifi, K.** (2009). Biosurveillance de la qualité des eaux du Golf d'Annaba : croissance, composition biochimique et dosage de biomarqueurs du stress environnementale chez *Donax trunculus* (Mollusque : Bivalve). Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Université de Annaba. 229 p.
- Singh, D.D. & Agarwal R.A.** (1983). *In vitro* and *In vivo* studies on synergism with acetylcholinesterase pesticides in the snail *Lymnaea acuminata*. *Arch Environ. Contam. Toxicol.*, **12**: 483 – 487.
- Smaghe, G. & Degheele, D.** (1992a). Effect of nonsteroidal ecdysteroid agonist RH-5849 on reproduction of *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lepidoptera: Noctuidae). *Parasitica*, **48**: 23 -29.
- Smaghe, G. & Degheele, D.** (1994a). Action of novel nonsteroidal ecdysteroid mimic tebufenozide (RH 5992), on insects of diffrents orders. *J. Pestic. Sci.*, **42**: 85-92.
- Smaghe, G. & Degheele, D.** (1994b). The significance of pharmacokinetics and metabolism to the biological activity of RH 5992 (Tebufenozide) in *Spodoptera exigua* and *Leptiotarsa decemlineata.*, *Pest. Biochem. Physiol.*, **49**: 224-234.
- Smaghe, G. & Degheele, D.** (1995). Biological activity and receptor binding of ecdysteroid agonists RH 5849 and RH 5992 in imaginal wing discs of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Eur. J. Entomol.*, **92**: 333-340.
- Soderlund, D.M.** (1997). Molecular mechanisms of insecticide resistance. *In situ* V (Ed). Molecular mechanisms of resistance to agrochemicals, Chemistry of plant protection. *Springer, Berlin Heidelberg New York.*, **13**: 21-56.
- Sohail, A., Wilkins, R.M. & Mantel, D.** (1998). Comparison of proteolytic enzyme activities in adults of insecticide resistance and susceptible strains of the housefly *M. domestica* (L.). *Insect. Biochem. Mol. Biol.* **28**: 629 - 639.
- Soltani N. & Soltani-Mazouni N.** (1992). Diblubenzuron and oogenesis in colding moth, *Cydia pomonella* (L.) *Pest. Sci.*, **34** : 257-261.

- Soltani, N., Pitoizet, N., Soltani-Mazouni, N. Delachambre, J. & Delbecque J.P.** (1997). Activity of an anti ecdysteroid compound (KK-42) on ovarian development and ecdysteroid secretion in mealworm. *Med. F.ac. Landbouww. Univ. Gent.*, **62(2)**: 531-537.
- Soltani-Mazouni, N. & Soltani, N.** (1992). Effets du diflubenzurom sur les métabolites hémolymphatiques et ovariens chez *Tenebrio molitor* au cours de la maturation sexuelle. *Mém. Soc. R. Belg. Ent.*, **35**: 743-747.
- Soltani-Mazouni, N.** (1994). Effets d'un régulateur de croissance, le Diflubenzuron, sur la reproduction de *Tenebrio molitor* (L.) : Aspects biologique, biométrique, structurale et biochimique. Thèse Doc. Univ. Annaba. Algérie.
- Soltani-Mazouni, N. & Soltani, N.** (1995). Effets du Diflubenzuron en traitement *in vivo* et *in vitro* sur la morphométrie de l'ovaire de *Tenebrio molitor*. *Med. Fac. Landbow. Univ. Gent.*, **60 (35)**: 961-967.
- Soltani-Mazouni, N., Taïbi, F., Berghiche, H., Smaghe, G. & Soltani, N.** (2001). RH-0345 restored partly the effects induced by KK-42 on reproductive events in mealworms. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*, **66/2a**: 437-444.
- Souissi S., Forget-Leray J., Budzinski H., Dauvin J.-C., Schmitt F. G., Hwang J.-S., Eunmi Lee C.** (2008). Synthèse des travaux réalisés sur le modèle biologique *Eurytemora affinis* dans Seine-Aval 3. UMR CNRS 8187 LOG. 49 + 45, Rapport Seine-Aval.
- Steele, J. E.** (1981). The role of carboxydrate metabolism in physiological function, pp: 103 – 133. IM R. G. H. Downer (eds.): Energy metabolism in insects Plenum press, New York.
- Stemberger & Gilbert, T.** (1985). Body Size, Fored concentration and population growth in planktonic rotifers. *Ecology*, **66 (4)**: 1151 – 1159.
- Stemberger & Gilbert.** (1987). Rotifer threshold food concentration and the size efficiency hypothesis. *Ecology*, **68 (1)**: 181 – 187.
- Stohs, S.J., Bagchi, D., Hasoun, E. & Bagchi, M.** (2000). Oxidative mechanisms in the toxicity of chromium and cadmium ions. *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.*, **19**: 201-213.
- Storey, K. B.** (1996). Oxidative stress: animal adaptation in nature. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, **29**: 1715-1733.
- Straus, D.L. & Chambers, J.E.** (1995). Inhibition of acetylcholinesterase and aliesterases of fingerling channel cat fish by chlorpyrifos, parathion and S, S, S-tributyl phosphotrithioate (DEF). *Aquat. Toxicol.*, **33**: 311 – 324.
- Sturm, A., Worgam, J., Segner, H. & Liess, M.** (2000). Different senitivity to organophosphate of acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase from three-spined stickleback (*Gasterosteus vaculeatus*): application on biomonotoring. *Environ. Toxicol. Chem.*, **19**: 1607 – 1617.
- Sun, X., Barrett, B. A. & Biddinger, D. J.** (2000). Fecundity and fertility reductions in adults cleafrollers exposed to surfaces treated with the ecdysteroid agonists, tebufenozide and methoxyfenozide. *Entomol. Exp. Appl.*, **94**: 75-83.
- Swaroop, S.** (1957). Statistical methodology in malaria work. Mimeographed document. *Wld Hlth Org. WHO/Mal/174. Rev. 1.*

- Swaroop, S., Gilroy, A. B. & Uemura, K.** (1966). Statistical methods in malaria eradication. Geneva: World Health Organisation.
- Taïbi, F.** (2000). Activité de quelques effecteurs de la biosynthèse de l'hormone de mue sur la production d'éclystéroïdes ovariens, la ponte et la viabilité des œufs chez *Tenebrio molitor*. Magistère en Physiologie animale, Option : Application agronomiques et médicales, Univ. Annaba. Algérie.
- Taïbi, F., Smaghe, G., Amrani, L. & Soltani-Mazouni, N.** (2003). Effect of ecdysone agonist, RH-0345, on reproduction of mealworm, *Tenebrio molitor*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **135**: 257-267.
- Telfer, W. H., Rubenstein, E. & Pan, M. L.** (1981). How the ovary makes yolk in *Hyalophora*, In: F. Sehnal, A. Zabza, J. J. Menn & B. Cymborowski (eds.): Regulation of insect development and behavior. pp. 627 – 634. Technical University Press, Wrocław.
- Theobald, F. V.** (1901). A monograph of the Culicidae or mosquitoes. *Brit. Mus. London*, vol. 1 - 5.
- Theobald, F. V.** (1903). A monograph of the Culicidae or mosquitoes. *London, British Museum (Natural History)*. **3**: 359 p.
- Theobald, F. V.** (1910). A monograph of the Culicidae or mosquitoes. *London*, V. **5**, 646 p.
- Tine-Djebbar, F.** (2009). Bioécologie des moustiques de la région de Tébessa et évaluation de deux régulateurs de croissance (halofenozide, méthoxyfenozide) à l'égard de deux espèces de moustiques *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* : toxicologie, morphométrie, biochimie et reproduction. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Université Badji Mokhtar de Annaba. 168 p.
- Todorova-Todorova, T.** (2007). Glutathione S-transferases and oxidative stress in *Saccharomyces cerevisiae*. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Université de Louis Pasteur, Strasbourg et de l'Université de Sofia St. Kliment Ohridski. 160p.
- Toma L, Menegon M, Romi R, De Matthaes E, Montanaria M, Severini C.** (2011) Status of insecticide resistance in *Culex pipiens* field populations from north-eastern areas of Italy before the withdrawal of OP compounds. *Pest Manag Sci.*, **67**: 100-106.
- Tucuch-Haas, JI., Rodríguez-Maciél, JC., Lagunes-Tejeda, A., Silva-Aguayo, G., Aguilar-Medel, S., Robles-Bermudez, A & Gonzalez-Camacho, JM.** (2010). Toxicity of spiromesifen to the developmental stages of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Neotrop Entomol*, **39(3)**: 436-40.
- Valles, S.M.** (1998). Stage dependant bendiocarb tolerance in German cockroach (Dictyoptera : Blattellidae). *J. Entomol. Sci.*, **33 (3)**: 313 – 315.
- Valles, S.M., Koehler, P.G. & Brenner, R.J.** (1999). Comparative insecticide susceptibility and detoxification enzymes activities among pestiferous Blattodea. *Comp. Biochem. Physiol.*, **124**: 227-232.
- Van Den Heuvel.** (1963). The effect of rearing temperature on the wing length, thorax length, leg length and ovariol number of the adult mosquito, *Aedes aegypti* (L.). *Trans. R. Ent. Soc. Lond.*, **115**: 197 – 216.
- Van Der Geest, L. P. S. & Borgsteede, F. H. M.** (1969). Protein changes in the haemolymph of *Pieris brassicae* during the last larval instars and the beginning of the pupal stage. *J. Insect. Physiol.*, **15**: 1687 - 1693.

- Van der Oost, R., Beyer, J. & Vermeulen, N.P.E.** (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, **13**: 57 - 149.
- Van Handel, E.** (1984). Metabolism of nutrients in the adult mosquito. *Mosq. News.*, **44**: 573 - 579.
- Van Hensden, H. C. & Law, J. H.** (1989). An insect transport particule promotes lipid loading from fat body to lipoprotein. *J. Biol. Chem.*, **264**: 17287-17292.
- Van Pottelberge, S., Van Leeuwen, T., Khajehali, J. & Tirry, L.** (2009). Genetic and biochemical analysis of a laboratory-selected spirodiclofen-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Pest Manag Sci.* Ghent University; Laboratory of Agrozoology., **65(4)**: 358-66.
- Varanka, I.** (1968). Biochemical investigation of cholinesterase in the central nervous system of *Lymnaea stagnalis* L. (*Gastropoda*). *Annal. Biol. Tlhan.*, **35**: 93 - 107.
- Varo, I., Navarro, J.C., Amat, F. & Guilhermino, L.** (2001). Characterization of cholinesterases and evaluation of the inhibitory potential of chlorpyrifos and dichlorvos to *Artemia salina* and *Artemia parthenogenetica*. *Chemosphere.*, **48**: 563 - 569.
- Viarengo, A., Lowe, D., Bolognesi, C., Fabbri, E. & Koehler, A.** (2007). The use of biomarkers in biomonitoring: a 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comp. Biochem. Physiol.*, **146 C**: 281- 300.
- Vigano, L., Patrolecco, L., Polesello, S. & Pagnotta, R.** (2008). Interaction between trophic and toxic factors in a polluted urban river. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **69**: 49 - 57.
- Wang, F. & Sehna, F.** (2002). Ecdysteroid agonist RH-2485 injected into *Schistocerca gregaria* (Orthoptera : Acrididae) females accelerates oviposition and enhances ecdysteroid content in eggs. *Appl. Entomol. Zool.*, **37**: 409 - 414.
- Warholm, M., Gutemberg, C., Mannervik, B. & Von Bahr, C.** (1981). Human liver having higher activity with ben (a') pyrene a'4,5-Oxide. *Bioch. Biophys. Res. Comm.*, **98 (2)**: 512-519.
- Weckberker, G. & Cory, J. G.** (1988). Ribonucleotide reductase activity and growth of glutathione-depleted mouse leukemia 1210 cells in vitro. *Cancer letters.*, **40**: 257-264.
- Weismann R.** (1963). Untersuchungen über den larvalen und imaginalen Fettkörper der Mago von *Muxo domestica* L. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, **35**: 185 - 210.
- Winston, G. W., Di Giulio, R. T.** (1991). Prooxidant and antioxidant mechanisms in aquatic organisms. *Aquatic Toxicology.*, **19**: 137-161.
- Who, I.P.C.S.** (1993). Environmental Health Criteria 155. Biomarkers and risk assessment: concepts and principles. IPCS, World Health Organization, Geneva.
- Wigglesworth.** (1972). The principles of Insect physiology. Seventh Edition. Chapman and Hall, 827p.
- Wilhelm, R. & Luscher, M.** (1974). On the relative importance of juvenile hormone and vitellogenin for oocyte growth in the cockroach *Nauphoeta cinerea*. *J. Insect. Physiol.*, **20**: 1887 - 1894.

- Wilson, T. G.** (1982). A correlation between juvenile hormone deficiency and vitellogenic oocyte degeneration in *Drosophila melanogaster*. *Roux's Arch. Dev. Biol.*, **191**: 257 – 263.
- Wing, K. D. & Ramsay, J. R.** (1989). Other hormonal agents: Ecdysone agonists. *In: Prog. Prospect. Insect. Control. BCPC. Monogr.*, **43**: 107-117.
- Wutting, U., Baier, U. & Penzlin, H.** (1991). The effect of diflubenzuron on the ecdysteroid titer and neuronal activity of *Periplaneta Americana* (L.). *Bioch. Physiol.*, **39**: 8-19.
- Wyatt, G. R.** (1967). The biochemistry of insect haemolymph. *A. Rev. Ent.*, **6**: 75 – 102.
- XLSTAT.** (2013). XLStat version 2013, [www.xlstat.com](http://www.xlstat.com).
- Yong, L., Shanshan, Z., Wusheng, J. & Donghua, L.** (2012). Cadmium accumulation, activities of antioxidant enzymes, and malondialdehyde (MDA) content in *Pistia stratiotes* L. *Environmental Science and Pollution.*, **10**: 12-54.
- Yu, B.P.** (1994). Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. *Physiol. Rev.*, **74**: 139 – 162.
- Zehnalek, J., Adam, V. & Kizek, R.** (2004). Influence of heavy metals on production of protecting compounds in agriculture plants. *Lis. Cukrov. Reparske.*, **120**: 222 - 224.
- Zeng, F. Shu, S., Park, Y. I. & Romoswamy, S. B.** (1997). Vitellogenin and egg production in the moth, *Heliothis virescens*. *Arch. Insect. Biochem. Physiol.*, **34**: 287 – 300.



# ANNEXES

## 8. ANNEXES

### Publications

1. **BOUABIDA H.**, TINE-DJEBBAR F. & SOLTANI N. (2012). Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomologie faunistique*. 65 : 99-103
2. TINE-DJEBBAR F., **BOUABIDA H.** & SOLTANI N. (2011). Caractérisation morphométrique et biochimique de certaines espèces de moustiques inventoriées dans la région de Tébessa. *Bulletin de la société zoologique de France*. 136 (1-4) : 177-185.

### Production scientifique

1. TINE-DJEBBAR F., **BOUABIDA H.** & SOLTANI N. (2008). Caractérisation morphométrique et biochimique de certaines espèces de moustiques. 19 èmes Journées Biologiques ; 3ème Congrès international de Biotechnologie. Tunisie, 24 – 27 mars 2008. Communication affichée.
2. TINE-DJEBBAR F., **BOUABIDA H.** & SOLTANI N. (2008). Etude de la biodiversité des espèces de moustiques dans la région de Tébessa. 19 èmes Journées Biologiques ; 3ème Congrès international de Biotechnologie. Tunisie, 24 – 27 mars 2008. Communication orale.
3. TINE-DJEBBAR F., **BOUABIDA H.** (2008). Biodiversité des Culicidés dans les zones rurales et urbaines de la région de Tébessa. La première journée sur la biodiversité des écosystèmes. Souk Ahras, 30 avril 2008. Communication orale.
4. TINE-DJEBBAR F., **BOUABIDA H.** & SOLTANI N. (2010). Caractérisation morphométrique et biochimique de certaines espèces d'insectes inventoriées dans la région de Tébessa. 2ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et 4ème Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie. Tunisie, 4-11 novembre 2010. Communication orale.
5. TINE-DJEBBAR F., **BOUABIDA H.** & SOLTANI N. (2010). Inventaire des espèces de moustique dans la région de Tébessa (Algérie). 2ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et 4ème Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie. Tunisie, 4-9 novembre 2010. Communication affichée
6. TINE-DJEBBAR F., **BOUABIDA H.** & SOLTANI N. (2012). Répartition spatio-temporelle des espèces de Culicidés dans le Nord Est Algérien. 3ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie, 6 -10 Novembre 2012, Marrakech, Maroc. Communication orale.
7. TINE-DJEBBAR F., MANSOURI H., **BOUABIDA H.** & SOLTANI N. (2013). Evaluation d'une nouvelle molécule, le spiromesifène à l'égard d'une espèce de moustique, *Culiseta longiareolata* : Toxicologie et activité enzymatique. 24ème Forum

International des Sciences Biologiques et de Biotechnologie de l'ATSB, Sousse.  
Communication affichée

8. **BOUABIDA H.**,TINE-DJEBBAR F. & SOLTANI N. (2013). Effet d'un insecticide/acaricide (spirommesifène sur la reproduction chez *Culiseta longiareolata* (Diptera : Culicidae). 1<sup>er</sup> colloque international sur la préservation de l'environnement des régions semi-arides Tebessa,20-21 octobre 2013. Communication orale

## Morphométrie

# CARACTÉRISATION MORPHOMÉTRIQUE ET BIOCHIMIQUE DE CERTAINES ESPÈCES DE MOUSTIQUES INVENTORIÉES DANS LA RÉGION DE TÉBESSA

par

Fouzia TINE-DJEBBAR<sup>1</sup>, Hayett BOUABIDA<sup>1</sup>

et Nourredine SOLTANI<sup>2</sup>

Notre étude vise à déterminer deux aspects différents de certaines espèces de moustiques, inventoriées dans la région de Tébessa, d'importance médicale (*Culex pipiens*, *Aedes caspius*, *Culex perexiguus* et *Culex theileri*) ou vétérinaire (*Culiseta longiareolata* et *Culiseta annulata*). L'aspect morphométrique a pu mettre en évidence une augmentation significative du volume corporel et une diminution du poids corporel des individus au cours des stades testés. *Culiseta longiareolata* est l'espèce la plus volumineuse.

L'aspect biochimique montre des différences significatives dans la composition biochimique entre les espèces testées au cours du cycle de vie. Le dosage des principaux constituants biochimiques réalisés dans le corps entier des larves L4 et des adultes mâle et femelle chez ces espèces révèle que le genre *Culex* est le plus riche en réserves métaboliques par rapport aux autres espèces inventoriées.

**Mots clés** : inventaire, morphométrie, biochimie, moustique, Algérie.

---

1. Département de Biologie, Université Larbi Tbessi, Tébessa, Algérie.

2. Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar. Annaba, Algérie.

E-mail: <bio\_tine@yahoo.fr>.

## Bulletin de la Société zoologique de France 136 (1-4)

### Biochemical and morphometric characterization of some mosquito species found in the region of Tebessa

This work studies morphometric and biochemical aspects of several mosquito species of medical (*Culex pipiens*, *Aedes caspius*, *Culex perexiguus* and *Culex theileri*) or veterinary (*Culiseta longiareolata* and *Culiseta annulata*) importance, found in the region of Tebessa. The morphometric study reveals a significant increase of body volume and a decrease in body weight over the course of the stages examined. *Culiseta longiareolata* was found to be the largest species in terms of volume.

The biochemical analyses revealed a significant difference in the composition between the species tested throughout the life cycle. Protein, lipid and carbohydrate assays in the total body of fourth instar larvae and in male and female adults revealed that species of the genus *Culex* are richer in metabolic reserves than those of the other genera studied.

**Key words:** inventory, morphometry, biochemistry, mosquito, Algeria.

### Introduction

La place importante qu'occupent les moustiques dans la faune terrestre comme dans la faune aquatique et la lutte contre les maladies transmises par leurs piqûres font de ces arthropodes un matériel d'étude important pour les biologistes (HIMMI *et al.*, 1997). En Algérie, les Culicidés sont les insectes piqueurs les plus nuisibles aux populations et continuent de transmettre des maladies infectieuses. Des campagnes de démoustication régulières sont menées contre ces insectes à la fois pour l'éradication de ces maladies et la réduction des nuisances au niveau des centres urbains et touristiques.

L'efficacité de telles luttes, qu'elles soient chimiques ou biologiques, est tributaire de la bonne connaissance que l'on a de la bioécologie et de la physiologie de ces insectes (HIMMI *et al.*, 1998). En effet, le volume corporel des moustiques peut influencer quelques paramètres essentiels tels que le volume du repas sanguin consommé, le degré de son utilisation dans les voies métaboliques et le nombre d'œufs qui arrive à maturation (VAN DEN HEUVEL, 1963). COLLESS & CHELLAPAH (1960) ont démontré la relation entre la fécondité d'*Aedes aegypti* et la quantité de sang ingéré qui sont tous deux sous le contrôle du volume corporel, déterminant d'une part l'oogenèse et d'autre part, le nombre d'œufs produits.

Il était donc intéressant, pour mieux cibler une lutte éventuelle contre ces insectes, de mener une étude morphométrique et biochimique sur certaines espèces inventoriées dans la région de Tebessa, ayant un intérêt médical (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex perexiguus* et *Aedes caspius*) ou vétérinaire (*Culiseta longiareolata* et *Culiseta annulata*).

## Culicidae de l'Est algérien

### Matériel et méthodes

#### Identification des espèces

L'identification des Culicidae de la région de Tébessa (ville de l'Est algérien) a été faite principalement à l'aide du logiciel d'identification de BRUHNES *et al.* (1999), pour les moustiques de l'Afrique méditerranéenne, et par une clé dichotomique proposée par HIMMI *et al.* (1995), pour les moustiques du Maroc. L'identification de la femelle repose sur la morphologie externe : répartition et couleur des écailles, structure de l'aile et celle de l'extrémité postérieure abdominale. Chez les mâles, la structure et la chétotaxie de l'hypopygium sont nécessaires pour la détermination du genre et des espèces. Les larves du quatrième stade (L4) sont très utilisées dans ce domaine, vu la facilité de leur pêche et leur chétotaxie qui permet l'identification des espèces et des sous-espèces.

#### Techniques d'élevage

L'élevage des moustiques a été réalisé au laboratoire dans des cages de forme cubique (40 x 40 x 40 cm). Les larves maintenues dans des récipients contenant 200 ml d'eau déchlorurée, sont élevées à une température de 25°C et en jours longs (14 h de lumière). La nourriture, composée d'un mélange de biscuit (75 %) et de levure sèche (25 %), est fournie quotidiennement (REHIMI & SOLTANI, 1999).

#### Étude morphométrique

Le volume corporel a été calculé à partir de la valeur cubique de la largeur du thorax des L4 et la longueur des ailes des adultes mâles et femelles (TIMMERMANN & BRIEGEL, 1998).

#### Extraction et dosage des métabolites

L'extraction des différents métabolites (lipides, glucides et protéines) a été réalisée selon le procédé de SHIBKO *et al.* (1996). Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon la méthode de DUCHATEAU & FLORKIN (1959), en utilisant l'anthrone comme réactif et le glucose comme standard, tandis que le dosage des lipides totaux a été effectué selon GOLDSWORTHY *et al.* (1972) en utilisant l'acide sulfophosphovanillinique comme réactif et l'huile de tournesol comme standard. La quantification des protéines a été faite selon BRADFORD (1976) en utilisant le bleu brillant de Coomassie (BBC) comme réactif et la BSA (solution d'albumine de sérum bovin) comme standard.

#### Analyse statistique

Les résultats ont fait l'objet d'une analyse de la variance à un et deux critères de classification à l'aide du logiciel MINITAB, version 12.21 (PA State College, USA).

## Résultats

### Croissance pondérale

La croissance pondérale des individus de différentes espèces marque une diminution significative au stade adulte. La comparaison des valeurs moyennes montre une similarité des valeurs pour le stade L4 des espèces du genre *Culex*. Les fortes valeurs sont observées chez les femelles par rapport aux mâles. *Culiseta longiareo - lata* est l'espèce la plus volumineuse suivie d'*Aedes caspius* et de *Culiseta annulata* (Figure 1).

### Croissance linéaire

Il ressort de nos résultats que le volume corporel augmente significativement au cours des stades post-embryonnaires. La comparaison des valeurs moyennes montre une différence significative dans le même stade et entre les espèces testées excepté le L4 des espèces du genre *Culex*. Les valeurs les plus fortes sont enregistrées chez *Culiseta longiareolata* suivie de *Culiseta annulata* et les plus faibles chez *Culex pipiens*. Les femelles ayant, pour toutes les espèces étudiées, des valeurs supérieures à celles des mâles (Figure 2).

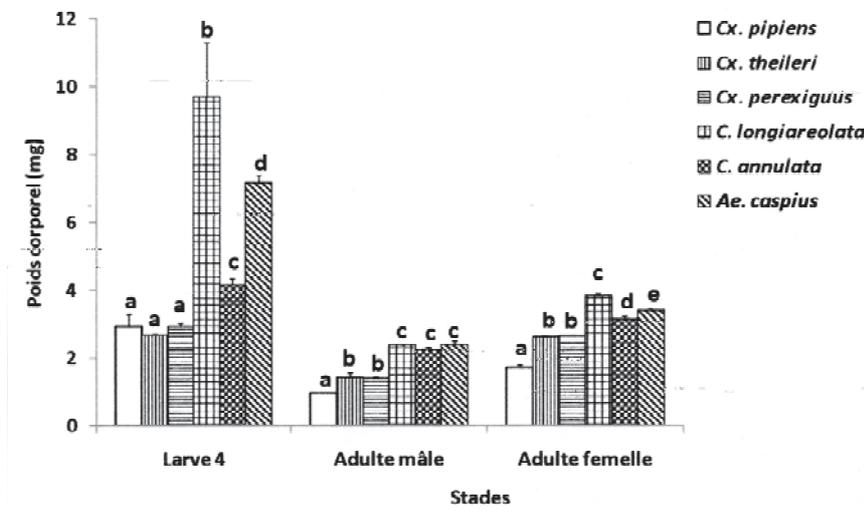


Figure 1

Évolution du poids (mg) des larves 4 et des adultes mâles et femelles chez quelques espèces de moustiques ( $\bar{X} \pm S.D.$ ,  $n=3$ ) (les lettres différentes expriment des différences significatives au seuil  $P \leq 0,05$ ).

*Differences in weight (mg) of L4 and of male and female adults of different species of mosquitoes ( $\bar{X} \pm S.D.$ ,  $n=3$ ) (small letters over the bars indicate significant differences at  $P \leq 0.05$ ).*

## Culicidae de l'Est algérien

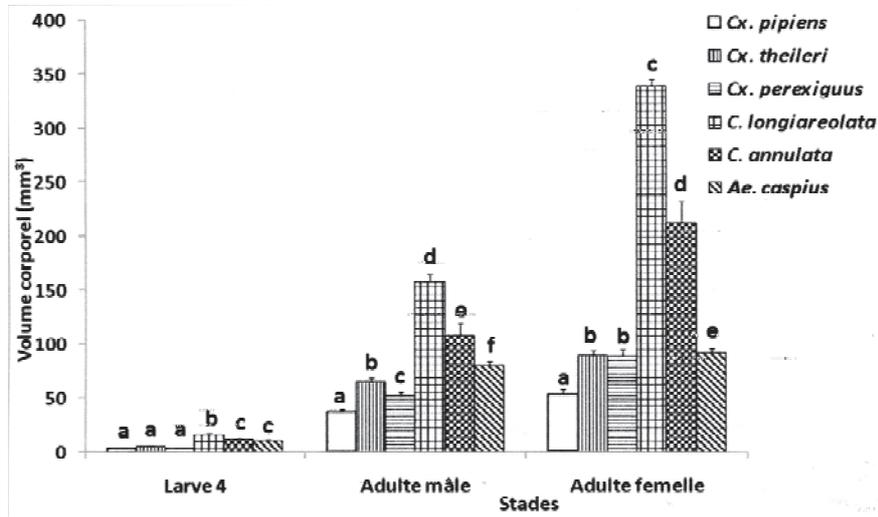


Figure 2

Évolution du volume corporel ( $\text{mm}^3$ ) des larves 4 et des adultes mâles et femelles chez quelques espèces de moustiques ( $\bar{X} \pm \text{S.D.}$ ,  $n=3$ ) (les lettres différentes expriment des différences significatives au seuil  $P \leq 0,05$ ).

*Body volume ( $\text{mm}^3$ ) of L4 and of male and female adults of different species of mosquitoes ( $\bar{X} \pm \text{S.D.}$ ,  $n=3$ ) (small letters over the bars indicate significant differences at  $P \leq 0.05$ ).*

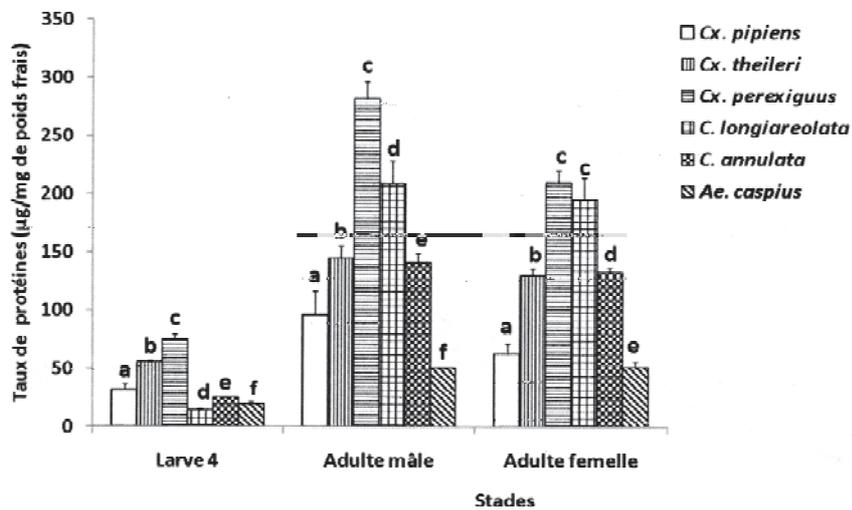


Figure 3

Évolution du taux ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) de protéines des larves 4 et des adultes mâles et femelles chez quelques espèces de moustiques ( $\bar{X} \pm \text{S.D.}$ ,  $n=3$ ) (les lettres différentes expriment des différences significatives au seuil  $P \leq 0,05$ ).

*Protein levels ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) of L4 and of male and female adults of different species of mosquitoes ( $\bar{X} \pm \text{S.D.}$ ,  $n=3$ ) (small letters over the bars indicate significant differences at  $P \leq 0.05$ ).*

## Bulletin de la Société zoologique de France 136 (1-4)

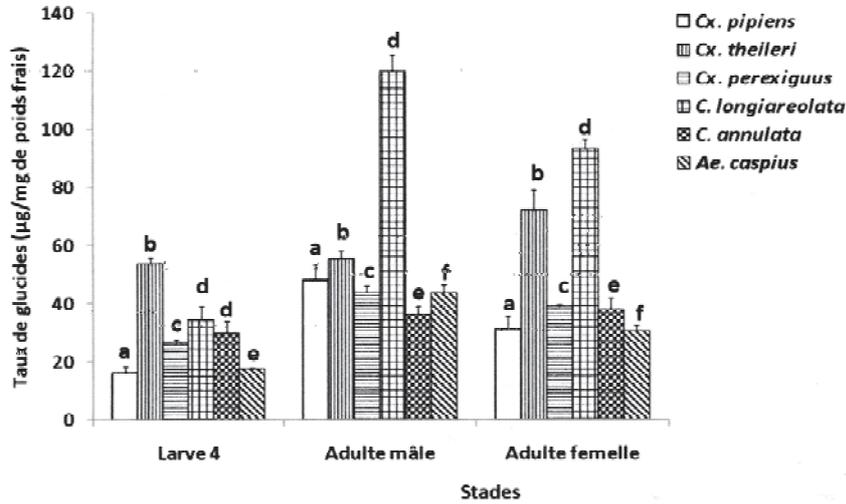


Figure 4

Évolution du taux ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) de glucides des larves 4 et des adultes mâles et femelles chez quelques espèces de moustiques ( $\bar{X} \pm \text{S.D.}$ ,  $n=3$ ) (les lettres différentes expriment des différences significatives au seuil  $P \leq 0,05$ ).

*Carbohydrate levels ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) in L4 and in male and female adults of different species of mosquitoes ( $\bar{X} \pm \text{S.D.}$ ,  $n=3$ ) (small letters over the bars indicate significant differences at  $P \leq 0.05$ ).*

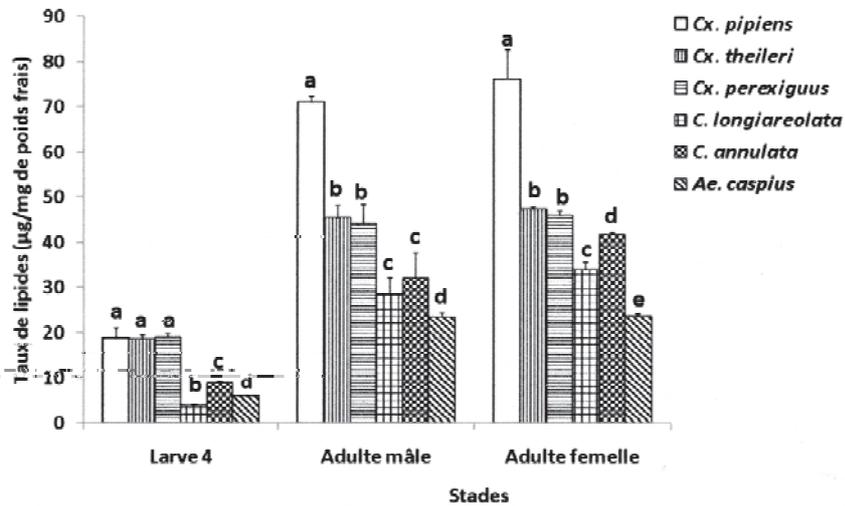


Figure 5

Évolution du taux ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) de lipides des larves 4 et des adultes mâles et femelles chez quelques espèces de moustiques ( $\bar{X} \pm \text{S.D.}$ ,  $n=3$ ) (les lettres différentes expriment des différences significatives au seuil  $P \leq 0,05$ ).

*Lipid levels ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) in L4 and in male and female adults of different species of mosquitoes ( $\bar{X} \pm \text{S.D.}$ ,  $n=3$ ) (small letters over the bars indicate significant differences  $P \leq 0.05$ ).*

## Culicidae de l'Est algérien

### Composition biochimique

Le taux des protéines, lipides et glucides augmente au cours des stades étudiés. De plus, les fortes valeurs sont observées chez *Culex perexiguus* pour les protéines, chez *Culiseta longiareolata* pour les glucides et chez les espèces du genre *Culex* pour les lipides comparativement aux autres espèces (Figures 3, 4 et 5). Les valeurs sont supérieures chez les mâles pour les protéines et les glucides et chez les femelles pour les lipides.

### Discussion et conclusion

NIJHOUT (1975) est le premier auteur qui a décrit des paramètres morphométriques de *Manduca sexta* et leur seuil critique pour contrôler la libération des hormones indispensables à certaines activités physiologiques. En effet, chez les insectes, l'hémolymph subit des modifications métaboliques diverses au cours du développement (larve, pupa et adulte). Ces fluctuations sont liées aux différents états physiologiques de l'insecte tels que la mue, la nymphose et la diapause (NOWOSIELSKI & PATTON, 1965). Selon GALOIS (1987), les fortes variations des différents métabolites s'observent pendant le cycle de mue, la vitellogénèse et l'embryogénèse. En effet, durant ces différents stades évolutifs (stade larvaire, nymphal, imaginal), des modifications métaboliques intenses liées aux différents systèmes hormonaux et neurosécréteurs sont observées (MARTY, 1968 ; LAMY, 1969).

Notre travail montre que le volume corporel, évalué à partir de la valeur cubique de la largeur du thorax des larves et la longueur des ailes des adultes, augmente du stade L4 au stade adulte chez toutes les espèces examinées. *Culiseta longiareolata* est l'espèce la plus volumineuse. La croissance pondérale marque une diminution significative du stade L4 au stade adulte. Par rapport aux autres espèces, *Culiseta longiareolata* est l'espèce qui présente les plus fortes valeurs. Ces valeurs pourront servir ultérieurement comme référence dans l'évaluation de l'efficacité des méthodes de contrôle des populations.

Le dosage des principaux constituants biochimiques réalisés dans le corps entier des L4 et des adultes mâle et femelle chez certaines espèces inventoriées révèle que le genre *Culex* est le plus riche en réserves métaboliques comparativement aux autres espèces inventoriées. Nos résultats sont en accord avec les travaux de TIMMERMANN & BRIEGEL (1996) réalisés sur le contenu des trois métabolites chez quatre espèces de moustiques : *A. aegypti*, *Cx. pipiens*, *A. gambiae* et *A. albimanus*. Comme cité plus haut (COLLESS & CHELLAPAH, 1960), le poids corporel influence le volume du repas sanguin et la fécondité chez les femelles d'*A. aegypti*. Chez la même espèce, les grosses femelles avec un grand stock énergétique à l'éclosion ont un potentiel de vol très grand leur permettant de visiter plusieurs hôtes et par voie de conséquence sont un vecteur de maladie plus important. Une corrélation positive entre le volume corporel et les réserves nutritives tels que le glycogène et les lipides a été observée (NASCI, 1986). De même, une corrélation positive entre ce

**Bulletin de la Société zoologique de France 136 (1-4)**

volume et la fécondité a été décrite chez plusieurs autres espèces (BRIEGEL, 1990). Chez *A. taeniorhynchus*, la malnutrition larvaire provoque une diminution de la longueur des ailes et des réserves nutritives, réduisant l'autogénéité (LEA, 1964).

Il est donc important dans le cadre de la lutte contre les moustiques de contrôler (ou du moins de tenter de contrôler) la richesse nutritive des milieux susceptibles d'assurer leur développement (eaux stagnantes).

**RÉFÉRENCES**

- BRADFORD, M.M. (1976).- A rapid and sensitive method of the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, **72**, 248-254.
- BRIEGEL, H. (1990).- Metabolic relationship between female body size reserves and fecundity of *Aedes aegypti*. *J. Insect Physiol.*, **36**, 165-172.
- BRUNHES, J., RHAIM, A., GEOFFROY, B., ANGEL, G. & HERVY, J. P. (1999).- Les Culicidés d'Afrique méditerranéenne. Liste et répartition des espèces. *Bull. Soc. Entomol. Fr.*, **8**, 91-100.
- COLLESS, D.H. & CHELLAPAH, W.T. (1960).- Effects of body weight and size of blood meal upon egg production in *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **54**, 475-482.
- DUCHATEAU, G. & FLORKIN, M. (1959).- Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. *Arch. Int. Physiol. Biochem.*, **67**, 306-314.
- GALOIS, R. (1987).- Les lipides neutres chez les crustacés Décapodes : métabolisme et besoins. *Oceanis*, **13** (2), 197-215.
- GOLDSWORTHY, A.C., MORDUE, W. & GUTHKELCH, J. (1972).- Studies on insect adipokinetic hormones. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **18**, 306-314.
- HIMMI, O., DAKKI, M., TRARI, B. & ELAGBANI, M.A. (1995).- Les Culicidae du Maroc. Clés d'identification avec données biologiques et écologiques. *Trav. Inst. Sci. série Zool. Rabat*, **44**, 50 p.
- HIMMI, O., TRARI, B., EL AGBANI, M.A. & DAKKI, M. (1998).- Contribution à la connaissance de la cinétique et des cycles biologiques des Moustiques (Diptera, Culicidae) dans la région de Rabat-Kénitra (Maroc). *Bull. Inst. Sci. Rabat*, **21**, 71-79.
- LAMY, M. (1969).- *Étude électrophorétique des protéines de l'hémolymph chez les Lépidoptères*. Thèse Doc. Nat. Fac. Sc. Bordeaux. 151 p.
- LEA, A.O. (1964).- Studies on the dietary and endocrine regulation of autogenous reproduction in *Aedes taeniorhynchus* (Wied). *J. Med. Entomol.*, **1**, 40-44.
- MARTY, R. (1968).- *Recherches écologique et biochimique sur les Orthoptères des Pyrénées*. Thèse Doc. ESSC. Nat. Fac. Sc. Toulouse. 326 p.
- NASCI, R. (1986).- The size of emerging and host-seeking *Aedes aegypti* and the relation of size to blood feeding success in the field. *J. Am. Mosq. Contr. Ass.*, **2**, 61-62.
- NIJHOUT, H.F. (1975).- A threshold size for metamorphosis in the tobacco hornworm *Manduca sexta* (L.). *Biol. Bull.*, **149**, 214-225.
- NOWOSIELSKI, J.W. & PATTON, R.L. (1965).- Variation in the haemolymph protein, amino acid, and lipid levels in adult house crickets, *Acheta domesticus* L., of different ages. *J. Insect Physiol.*, **11**, 263-270.
- 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. *J. Appl. Entomol.*, **123**, 437-441.
- SHIBKO, S., KOIVISTOINEN, P., TRATYNECK, C., NEW HALL, A. & FREIDMAN, L. (1966).- A method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. *Anal. Biochem.*, **19**, 415-528.
- TIMMERMAN, S.E. & BRIEGEL, H. (1996).- Effect of plant fungal and animal diets on mosquito development. *Ent. Exp. Appl.*, **80**, 173-176.

**Culicidae de l'Est algérien**

- TIMMERMANN, S .E. & BRIEGEL, H. (1998).- Molting and metamorphosis in mosquito larvae: a morphometric analysis. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, **71**, 373-387.
- VAN DEN HEUVEL, M.J. (1963).- The effect of rearing temperature on the wing length, thorax length, leg length and ovariole number of the adult mosquito, *Aedes aegypti* (L.). *Trans. R. Ent. Soc. Lond.*, **115**, 197-216.

(reçu le 15/01/2011 ; accepté le 27/09/2011)

# Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie)

Hayett Bouabida<sup>(1, 2)</sup>, Fouzia Djebbar<sup>(1, 2)</sup> & Nouredine Soltani<sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie, Université de Tébessa, 12000 Tébessa, ALGERIE.

<sup>(2)</sup> Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, 23000 Annaba, ALGERIE. \*[nouredine.soltani@univ-annaba.org](mailto:nouredine.soltani@univ-annaba.org)

Reçu le 10 janvier 2012, accepté le 23 juillet 2012

L'inventaire systématique des Culicidae récoltés à Tébessa (Nord-Est algérien) dans les différents gîtes prospectés a révélé la présence de 9 espèces appartenant à une seule sous-famille (Culicinae) et trois genres (*Culex*, *Culiseta* et *Ochlerotatus*). Les espèces les plus abondantes sont respectivement *Culiseta longiareolata* (62,01 %) et *Culex pipiens* (32,57 %).

**Mots clés:** Culicidae, Systématique, Inventaire, Tébessa.

A systematic inventory of Culicidae harvested in Tébessa (Northeast of Algeria) from different prospected deposits, revealed the presence of 9 species belonging to one subfamily: Culicinae and 3 genus (*Culex*, *Culiseta* and *Aedes*). The most abundant species were respectively *Culiseta longiareolata* (62.01 %), and *Culex pipiens* (32.57 %).

**Keywords:** Culicidae, Systematic, Inventory, Tébessa.

## 1. INTRODUCTION

La place importante qu'occupent les moustiques dans la faune terrestre comme dans la faune aquatique d'une part, et la lutte contre les maladies transmises par leurs piqûres d'autre part, font de ces Arthropodes un matériel d'étude important pour les biologistes. 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, la biochimie, la morphométrie, la lutte chimique et biologique à l'égard des moustiques (Bendali *et al.*, 2001; Boudjelida *et al.*, 2005; Tine-Djebbar & Soltani, 2008; Tine-Djebbar, 2009; Messai *et al.*, 2010; Tine-Djebbar *et al.*, 2011). Des campagnes de démoustication régulières sont menées contre ces insectes pour la réduction des nuisances au niveau des centres urbain et touristique. L'efficacité des diverses méthodes de lutte est tributaire de la connaissance de la bioécologie de ces insectes (Himmi *et al.*, 1998). Notre étude a été consacrée dans une première partie à l'inventaire systématique des espèces de moustiques de la région de Tébessa.

Des inventaires ont été établis dans la ville, dont les différentes cités représentent nos stations d'études. D'autres stations ont été choisies dans la région périphérique représentant les zones rurales. La deuxième partie de notre travail, consiste à déterminer les indices écologiques, pour préciser l'abondance relative et la fréquence d'occurrence des espèces inventoriées.

## 2. MATERIEL ET METHODES

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

La wilaya de Tébessa se situe à l'Est de l'Algérie (35°20' N, 8°6' E, Altitude: 960 m). Sa superficie est de l'ordre de 13878 km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Souk Ahras, au Sud par la wilaya d'El Oued, à l'Ouest par la wilaya d'Oum El Bouaghi et Khenchla, et à l'Est par la frontière algéro-tunisienne (Figure 1). Elle est divisée en 28 communes; notre étude couvre cinq d'entre elles, appartenant à un même étage bioclimatique, le semi aride.

## 2.2. Gîtes prospectés

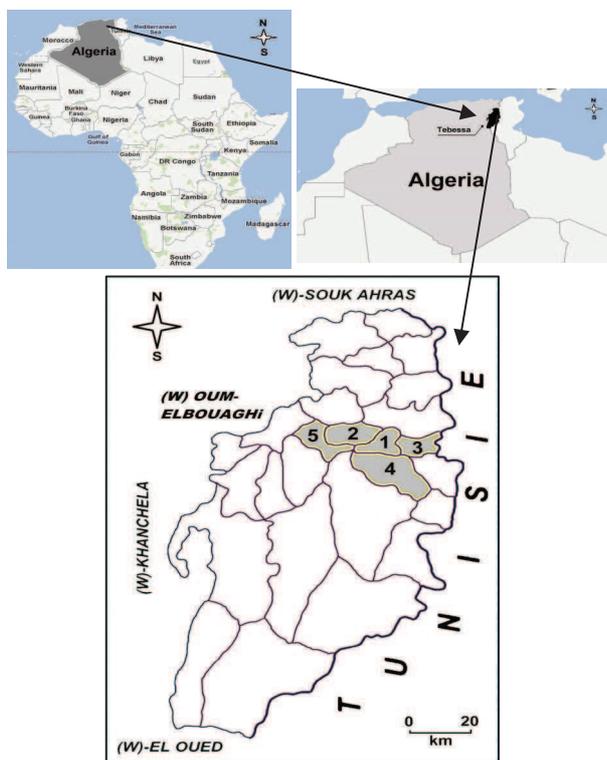
Cette étude a eu lieu de juin 2006 à mai 2007, soit sur une durée de 11 mois. Elle a porté sur un échantillon de 16 gîtes (citerne, puits, bassin, marais, vallée, fossés) choisis selon différents critères: la présence des larves de Culicidés dans un lot de gîte, l'accessibilité, la pérennité et le non traitement par les insecticides.

## 2.3. Technique d'échantillonnage

L'échantillonnage se fait en utilisant la méthode de coup de louche d'une capacité de 500 millilitres. Cette technique consiste à plonger la louche dans l'eau puis la déplacer avec un mouvement uniforme en évitant les remous.

## 2.4. Techniques de reconnaissance des Culicidae

La systématique des Culicidae de la région de Tébessa a été étudiée principalement à l'aide d'un logiciel d'identification: de Bruhnes *et al.* (1999) pour les moustiques de l'Afrique méditerranéenne, et une clé dichotomique de Himmi *et al.* (1995) pour les moustiques existant au Maroc. Les larves du quatrième stade sont très utilisées, vu la facilité de leur pêche et leur chétotaxie qui permet l'identification des espèces.



**Figure 1:** Localisation des sites d'étude (1: Tébessa ville; 2: Boulhef Dyr; 3: Bekkaria; 4: Elma Labiod; 5: Hammamet).

## 2.5. Méthode d'exploitation des résultats par des indices écologiques

Les résultats traités par des indices écologiques de composition sont représentés par la fréquence centésimale ou abondance relative et la fréquence d'occurrence (Djebbar, 2009).

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de la composition du peuplement Culicidien des sites d'études (Figure 2), révèle la présence de 9 espèces appartenant à une seule sous-famille; celle des Culicinae, où on a noté 3 tribus, la tribu des Aedini est représentée par une seule espèce: *Ochlerotatus caspius*, la tribu des Culicini est formée par un seul genre, celui des *Culex* qui contient 5 espèces, ce sont: *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex perexiguus* et *Culex laticinctus*. La tribu des Culisetini est formée par 3 espèces, il s'agit de *Culiseta longiareolata*, *Culiseta annulata* et *Culiseta subochrea*. Le site de Boulhef dyr héberge une faune Culicidienne plus diversifiée. Il réunit 9 espèces dont six sont propre à ce type de milieu. Ce sont *Cx. hortensis*, *Cx. theileri*, *Cx. laticinctus*, *Cx. perexiguus*, *C. annulata* et *O. caspius*, ce qui traduit bien l'affinité très marquée de ces espèces pour le milieu riche en végétation car la structure de la végétation assure un microclimat thermique et lumineux favorables.

Senevet & Andarelli (1960) ont recensé sur une période de trente années de travail sur le terrain, un total de 27 espèces de Culicidae dans la région d'Alger, appartenant à deux sous-familles, celles des Anophelinae et celle des Culicinae. De son côté, Brunhes *et al.* (2000), rapportent que la faune Culicidienne d'Algérie est riche de 48 espèces. Cette diversité réside dans la climatologie et la diversité des biotopes offerts au développement des Culicidae. Dans la région de Constantine, Berchi (2000), a noté la présence de 7 espèces de Culicidae appartenant à 2 sous-familles, celle des Anophelinae et celle des Culicinae. Il s'agit de *Cx. pipiens*, *Cx. mimeticus*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *C. longiareolata*, *An. labranchiae* et *Uranotaenia unguiculata*. D'après Hassaine (2002), le peuplement Culicidien de l'Afrique méditerranéenne est composé de 67 espèces appartenant à deux sous-familles et à sept genres différents. Dans la région Ouest d'Algérie (Tlemcen), elle a noté 20 espèces de Culicidae.

Ce nombre d'espèces qui est relativement important, peut être expliqué par le grand nombre d'échantillonnages réalisés dans cette région ainsi que la période de prospection sur terrain qui a duré deux années. En effet, selon Faurie *et al.* (1980), le nombre d'espèces inventoriées est en fonction du nombre d'individus récoltés.

Dans la région de Mila, Messai *et al.* (2010), ont noté la présence de 12 espèces de Culicidae appartenant à 2 sous familles, celle des Anophelinae et celle des Culicinae. Il s'agit de *Cx. pipiens*, *Cx. modestus*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. antennatus*, *Cx. laticinctus*, *Cx. deserticola*, *Cx. sp.*, *C. longiareolata*, *An. labranchiae*, *An. pharoensis* et *U. unguiculata*.

A partir des résultats obtenus (Tableau 1), 32057 individus ont été récoltés au niveau des différentes stations de la région de Tébessa. Le genre *Culex* occupe la première position, il est représenté par 5 espèces, *Cx. pipiens*, est l'espèce la mieux représentée. La deuxième position est occupée par le genre *Culiseta*, et *C. longiareolata* est l'espèce la plus abondante et la plus fréquemment récoltée au niveau des différents gîtes prospectés.

Concernant l'abondance relative, nous avons remarqué que l'espèce *C. longiareolata* prend la première place avec 19881 larves, soit 62,01 %. En deuxième place vient *Cx. pipiens* avec 10442 larves, soit 32,57 % et en troisième place arrive

*Cx. perexiguus* avec 518 larves, soit 1,61 %. Les autres espèces, présentent des valeurs variables de l'abondance relative. Ceci peut être expliqué par le nombre d'échantillons réalisé dans cette région ainsi que la période de prospection sur terrain qui est étalée sur une durée de onze mois. Les résultats de Berchi (2000) ont démontré que les Culicidae représentent 98,5 % des diptères recensés au niveau des gîtes péri-urbains de la région de Constantine. L'espèce *Cx. pipiens* est la plus dominante avec une fréquence de 91,36 % dans la station d'Ain Smara et de 98,8 % à Didouche Mourad. De même dans les gîtes urbains de cette région, *Cx. pipiens* représente 99 % des diptères recensés où cette espèce semble avoir une fréquence très marquée pour les gîtes pollués. Hassaine (2002) a classé *Cx. pipiens* et *C. longiareolata* parmi les espèces à très large répartition au niveau de l'Afrique méditerranéenne. Ainsi, *Cx. pipiens* présente une abondance relative de 22,26 % et *C. longiareolata* à un taux de 24,41 %.

De plus, au niveau des différentes stations d'étude de la région de Tébessa, toutes les espèces récoltées sont de la même catégorie (accidentelles) avec des taux variant de 0,58 % pour *C. annulata* jusqu'à 4,70 % pour l'espèce *Cx. hortensis*, à l'exception des deux espèces, *C. longiareolata* et *Cx. pipiens* qui sont des espèces accessoires avec des taux de 43,52 % et 38,82 % respectivement.

Famille : Culicidae
Sous famille : Culicinae
Genre : <i>Culex</i> Linné 1758
Espèces : <i>Culex (Culex) pipiens</i> Linné 1758
<i>Culex (Culex) theileri</i> Theobald 1903
<i>Culex (Culex) laticinctus</i> Edwards 1912
<i>Culex (Neoculex) hortensis</i> Ficalbi 1889
<i>Culex (Culex) perexiguus</i> Theobald 1901
Genre : <i>Culiseta</i>
Espèces : <i>Culiseta (Allotheobaldia) longiareolata</i> Macquart 1838
<i>Culiseta (Theobaldia) annulata</i> Schrank 1776
<i>Culiseta (Theobaldia) subochrea</i> Edwards 1921
Genre : <i>Ochlerotatus</i>
Espèces : <i>Ochlerotatus caspius</i> Pallas 1771

**Figure 2:** Liste des Culicidae de la région de Tébessa (Nord-Est algérien).

*C. longiareolata* est l'espèce la plus abondante dans presque tous les gîtes prospectés, suivie de l'espèce *Cx. pipiens* la mieux représentée parmi l'ensemble des espèces, elle se rencontre dans la majorité des gîtes. En effet, d'après les résultats obtenus, *Cx. pipiens* et *C. longiareolata* se développent dans tous types de gîtes qu'ils soient artificiels ou naturels.

**Tableau 1:** Abondances relatives des espèces de Culicidae récoltées au niveau de la région de Tébessa (juin 2006 à mai 2007).

**Nind:** nombre d'individus; **% nind:** abondance relative; **Occ:** le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée; **% occ:** fréquence d'occurrence; **Caté:** catégorie; **Acces:** accessoires; **Accid:** accidentelles.

Espèces	Tébessa				
	Nind	%nind	Occ	%occ	Caté
<i>Ochlerotatus caspius</i>	193	0,60	3	1,76	Accid
<i>Culex hortensis</i>	123	0,38	8	4,70	Accid
<i>Culex laticinctus</i>	272	0,84	3	1,76	Accid
<i>Culex pipiens</i>	10442	32,57	66	38,82	Acces
<i>Culex theileri</i>	512	1,59	6	3,52	Accid
<i>Culex perexiguus</i>	518	1,61	6	3,52	Accid
<i>Culiseta subochrea</i>	20	0,06	3	1,76	Accid
<i>Culiseta annulata</i>	96	0,29	1	0,58	Accid
<i>Culiseta longiareolata</i>	19881	62,01	74	43,52	Acces
<b>Total</b>	<b>32057</b>	<b>100</b>	<b>170</b>	<b>100</b>	

Contrairement à l'espèce *C. longiareolata*, les espèces: *Cx. laticinctus*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. perexiguus*, *C. annulata*, *C. subochrea* et *O. caspius*, apparaissent comme très rares car elles n'ont été retrouvées que dans un seul gîte, ce qui traduit bien l'affinité très marquée de ces espèces pour le milieu riche en végétation car la structure de la végétation assure un microclimat thermique et lumineux favorables. Selon Seguy (1947), l'abondance en espèces de Culicidae diminue lorsque le couvert végétal et l'ombre qui sont créés par les arbres diminuent. Les études dans le Nord Ouest du Maroc ont permis de ressortir trois types de stratégies démographiques adoptées par les Culicidae dans

cette région: un développement automno-hiverno-printanier continu, avec des espèces polyvoltines à 4-11 phases d'éclosion (*Cx. pipiens*, *C. annulata* et *C. longiareolata*); un développement automno-printanier, interrompu en hiver avec 3-6 phases d'éclosion par an (*Cx. theileri*, *C. subochrea* et *U. unguiculata*), et un développement automno-hivernal avec un maximum de 4 phases d'éclosion par an (*O. caspius* et *O. detritus*) (Himmi et al., 1998).

#### 4. CONCLUSION

Les inventaires ont été effectués dans cinq sites différents. Les prospections menées sur terrain, ont permis d'inventorier 9 espèces de Culicidae appartenant à 3 genres (*Culex*, *Culiseta* et *Ochlerotatus*). L'analyse de la composition en espèces de Culicidae dans les différents sites d'étude montre en premier lieu que chaque milieu présente une particularité faunistique. En effet, *Cx. pipiens* et *C. longiareolata* se développent dans tous types de gîtes qu'ils soient artificiels ou naturels. Leur probabilité de rencontre est élevée et leur pouvoir de dispersion est considérable. Il existe des espèces communes pour la plupart des gîtes d'études, c'est le cas de *Cx. pipiens* et *C. longiareolata*, d'autres sont propres à certains gîtes.

#### Bibliographie

- Bendali F., Djebbar F. & Soltani N. (2001). Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* (L.) dans des conditions de laboratoire. *Parasitica* 57(4), p. 255-265.
- Berchi S. (2000). *Bioécologie de Culex pipiens L. (Diptera: Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte*. Thèse de doctorat es Sciences, Université de Constantine, 133 p.
- Boudjelida H., Bouaziz A., Soin T., Smaghe G. & Soltani N. (2005). Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 83, p. 115-123.
- Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G. & Hervy J.P. (1999). Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne. *Logiciel de l'Institut de Recherche et de Développement de Montpellier (France)*.
- Brunhes J., Hassaine K., Rhaim A. & Hervy J.P. (2000). Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne: espèces présentes et répartition (Diptera:

- Nematocera). *Bulletin de la Société Entomologique de France* **105**(2), p. 195-204.
- Faurie C., Ferra C. & Medori P. (1980). *Ecologie*. Baillière J.B. (ed.), Paris, 1091 p.
- Hassaine K. (2002). *Bioécologie et biotypologie des Culicidae (Diptera: Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Biologie des espèces les plus vulnérantes (Ae. Caspius, Ae. Detritus, Ae. mariaie et Cx. pipiens) dans la région occidentale algérienne*. Thèse de doctorat es Sciences, Université de Tlemcen, 191 p.
- Himmi O., Dakki M., Trari B. & Elagbani M.A. (1995). Les Culicidae du Maroc. Clés d'identification avec données biologiques et écologiques. *Travaux de l'Institut Scientifique série Zoologie*, Rabat **44**, 50 p.
- Himmi O., Trari B., Elagbani M.A. & Dakki M. (1998). Contribution à la connaissance de la cinétique et des cycles biologiques des moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Rabat - Kénitra (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat **21**, p.71-79.
- Messai N., Berchi S., Boulnafid F. & Louadi K. (2010). Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology* **63**(3), p. 203-206.
- Seguy E. (1947). La vie des mouches et des moustiques. P. Lechevalier (ed.), Paris, 252 p.
- Senevet G. & Andarelli L. (1960). Contribution à l'étude de la biologie des moustiques en Algérie et dans le Sahara algérien. *Archive de l'Institut Pasteur, Algérie* **38**(2), p. 306-326.
- Tine-Djebbar F. (2009). *Bioécologie des moustiques de la région de Tébessa et évaluation de deux régulateurs de croissance (halofenozide et méthoxyfenozide) à l'égard de deux espèces de moustiques Culex pipiens et Culiseta longiareolata: toxicologie, morphométrie, biochimie et reproduction*. Thèse de doctorat, Faculté des sciences, Université d'Annaba, Algérie, 168 p.
- Tine-Djebbar F. & Soltani N. (2008). Activité biologique d'un agoniste non stéroïdien de l'hormone de mue sur *Culiseta longiareolata*: analyses morphométrique, biochimique et énergétique. *Synthèse* **18**, p. 23-34.
- Tine-Djebbar F., Larhem A.B. & Soltani N. (2011). Enzyme immunoassay measurements of the molting hormone in different post-embryonic stages of two mosquito species, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *African Journal of Biotechnology* **10**(67), p. 15195-15199.

(15 réf.)