

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Biologiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN SCIENCES
BIOLOGIQUES

Spécialité: Biologie et contrôle des populations d'insectes.

**Effet larvicide des extraits aqueux de quatre
plantes à l'égard de l'espèce
Culex pipiens (Diptera : Culicidae).**

Réalisé par : M^{elle} HADJAZ Djouher
M^{elle} NAILI Nadia

Devant le jury :

Président	Mr MOULOUA ABDELKAMEL	MCA	UMMTO
Examineur	M ^{me} ALI BEN ALI ZOHRA	MCA	UMMTO
Promotrice	M ^{me} AOUAR-SADLI MALIKA	Professeur	UMMTO
Co-promotrice	M ^{me} OUSSAD NADIA	Doctorante	UMMTO

2020-2021



Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer nos remerciements à notre promotrice madame AOUAR MALIKA, pour avoir dirigé se travail, pour sa disponibilité constante et ces encouragement.

Mes remerciements les plus cordiaux s'adressent à madame OUSSADE NADIA qui a suivie de près notre travail, pour sa collaboration, son orientation et ses conseils précieux.

Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres du jury d'avoir accepté de juger et d'examiner notre travail.

A tous ceux qui de près ou de loin ont apporté leur contribution à la réalisation de ce travail, je vous prie de trouver l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je dédie ce mémoire

A toi, maman, la prunelle de mes yeux

Et a papa, celui qui a approuvé tous mes choix

Pour toi Lisa, ma beauté

A mon frère, mon héros, Mohamed

Ma sœur adorée Massilia

A mon petit cœur, mon prince, Lounas

A toi Ghilas, qui sera toujours là pour moi

A ma tante chérie, Saliha

A toi Amel, pour ton encouragement

A mo binôme, aux moments inoubliables passés avec toi

Nadia

Et à toute personne qui est loin de moi, mais si proche du

cœur

Tout mon amour vous est destiné.

DOUHER. H

Je dédie ce mémoire à :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A mon grand frère Omar qui m'a toujours encourager de près et de loin

Mes frères et sœurs qui n'ont cessé de m'encourager qu'ils puissent en prendre exemple de réussite.

A la mémoire de mon frère Ali et ma grand-mère

Ma binôme pour les merveilleux moments passés ensemble Djouher

Nadia.N

Liste des figures

Figure 1. Nacelle d'œufs de <i>Culex pipiens</i> (Berchi, 2000).	04
Figure 2. Morphologie de la larve de l'espèce <i>Culex pipiens</i> (Originale, 2021).....	05
Figure 3. Morphologie de la tête d'une larve de <i>Culex pipiens</i> (Originale, 2021).....	05
Figure 4. Morphologie du siphon respiratoire (Originale, 2021).....	06
Figure 5. Morphologie générale d'une nymphe de <i>Culex pipiens</i> (Originale, 2021).....	07
Figure 6. Morphologie générale de <i>Culex pipiens</i> adulte (Originale, 2021).....	07
Figure 7. Cycle du développement de <i>Culex pipiens</i> (Sahir-Halouane et al, 2021).....	09
Figure 8. Station de collecte des larves de <i>Culex pipiens</i> (Originale, 2021).....	13
Figure 9. Technique de capture des larves des <i>Culicidae</i> (Originale, 2021).....	14
Figure 10. Tri des stades larvaire de <i>Culex pipiens</i> (Originale, 2021).....	14
Figure 11. Cage d'élevage des adultes (Originale, 2021)	15
Figure 12. Techniques de préparation et montage des larves de <i>Culex pipiens</i> (Matile, 1993)	15
Figure 13. Genêt à balais <i>Cytisus scoparius</i> (Originale, 2021).....	16
Figure 14. Faux acacia <i>Robinia pseudoacacia</i> (Originale, 2021)	17
Figure 15. Géranium rosat <i>Pelargonium graveolens</i> (Originale, 2021).....	18
Figure 16. Néroli <i>Citrus aurantium</i> (Originale, 2021).....	19
Figure 17. Préparation des extraits aqueux (Originale, 2021).....	21
Figure 18. Test de toxicité avec différentes doses (Originale, 2021).....	21
Figure 19. Mortalités cumulées (%) des larves de <i>Culex pipiens</i> en fonction du temps et de différentes doses de genêt à balais	23
Figure 20. Larve de <i>Culex pipiens</i> traitée avec l'extrait aqueux de genêt à balais.....	24
Figure 21. Mortalités cumulées des larves de <i>Culex pipiens</i> en fonction du temps et de différentes doses de faux acacia.....	25
Figure 22. Larve de <i>Culex pipiens</i> traitée avec l'extrait aqueux du faux acacia.....	26
Figure 23. Mortalités cumulées des larves de <i>Culex pipiens</i> en fonction du temps et des différentes concentrations de géranium.....	27
Figure 24. Larve de <i>Culex pipiens</i> traitée avec l'extrait aqueux de géranium	28
Figure 25. Mortalités cumulées des larves de <i>Culex pipiens</i> en fonction du temps et des différentes doses de Néroli.....	29
Figure 26. Larve de <i>Culex pipiens</i> traitée avec l'extrait aqueux de néroli.....	30
Figure 27. Régression linéaires de la mortalité moyenne en fonction des concentrations réalisées pour les quatre plantes (A: genêt à balais, B:Faux acacia, C: Néroli, D:geranium)	33

Liste des tableaux

Tableau 1. Position systématique de <i>Culex pipiens</i>	03
Tableau 2. Taux de mortalité corrigée des larves de <i>Culex pipiens</i> soumises au genêt à balais.	24
Tableau 3. Taux de mortalité corrigée des larves de <i>Culex pipiens</i> soumises au faux acacia .	26
Tableau 4. Taux de mortalité corrigée des larves de <i>Culex pipiens</i> traitées par l'extrait aqueux du géranium.....	28
Tableau 5. Taux de mortalité corrigée des larves de <i>Culex pipiens</i> soumises à Nérolol	30
Tableau 6. Taux de mortalité observée chez larves de <i>C. pipiens</i> traitées par l'extrait aqueux des quatre plantes.	31
Tableau 7. Activité larvicide des quatre plantes à différentes concentrations à l'encontre de <i>C. pipiens</i>	31

Introduction	01
---------------------------	-----------

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur *Culex pipiens*

1. Généralités	03
2. Classification	03
3. Répartition géographique	04
4. Morphologie de <i>Culex pipiens</i>	04
4.1.L'œuf	04
4.2.La larve	04
4.2.1. Tête	05
4.2.2. Thorax	06
4.2.3. Abdomen	06
4.3.La nymphe	06
4.4.Adulte	07
4.4.1. La tête	07
4.4.2. Le thorax	08
4.4.3. L'abdomen	08
5. Cycle de développement	08
5.1.La phase aquatique	09
5.2.La phase aérienne	09
6. Les facteurs de développement	10
7. Aspect nuisance et rôle vectorielle de <i>Culex pipiens</i>	10
8. La lutte contre <i>Culex pipiens</i>	10
8.1.Lutte physique	11
8.2.Lutte chimique	11
8.3.Lutte génétique	11
8.4.Lutte biologique	12

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Présentation de la région d'étude	13
2. Matériel animal	13
2.1.La récolte des larves	13
2.2.L'élevage des larves	14
2.3.Identification des larves	15

3. Matériel végétal	16
3.1.Le genêt à balais <i>Cytisus scoparius</i>	16
3.2.Faux acacia <i>Robinia pseudoacacia</i>	17
3.3.Le géranium rosat <i>Pelargonium graveolens</i>	18
3.4.Le néroli <i>Citrus aurantium</i>	19
4. Préparation des extraits aqueux	20
5. Réalisation des tests de toxicité	21
6. Analyses statistiques	22

Chapitre III : résultats et discussion

1. Résultats	23
1.1.Toxicité de l'extrait aqueux du genêt à balais	23
1.1.1. Mortalité cumulée	23
1.1.2. Mortalité corrigée	24
1.1.3. Aspect morphologique	24
1.2.Etude de la toxicité de l'extrait aqueux du faux acacia	25
1.2.1. Mortalité cumulée	25
1.2.2. Mortalité corrigée	25
1.2.3. Aspect morphologique	26
1.3.Etude de la toxicité de l'extrait aqueux de Géranium	27
1.3.1. Mortalité cumulée	27
1.3.2. Mortalité corrigée	27
1.3.3. Aspect morphologique	28
1.4.Etude de la toxicité de l'extrait aqueux de Néroli	29
1.4.1. Mortalité cumulée	29
1.4.2. Mortalité corrigée	29
1.4.3. Aspect morphologique	30
1.5.Moyenne des taux de mortalité observée	31
1.6.Paramètres toxicologiques des quatre plantes testées	31
1.7.La régression linéaire de la mortalité moyenne en fonction des concentrations réalisées pour les quatre plantes	32

2. Discussion	34
Conclusion et perspectives	37
Références Bibliographie	
Les annexes	

Introduction

Depuis 170 millions d'année, les Diptère (les mouches et les moustiques) forment un groupe d'insectes le plus écologiquement diversifié. La famille des Culicidae communément appelée moustiques, comptent aujourd'hui plus de 3200 espèces et une quarantaine de genres répandus dans presque toutes les parties du monde (Coutin, 1988).

Les moustiques ont toujours été considérés comme source de nuisance pour l'homme, principalement en raison du fait qu'ils peuvent être des vecteurs d'agents pathogènes responsables d'importantes maladies. Leurs rôles épidémiologiques variés, ont fait d'eux un problème majeur de santé publique (Berge, 1975; Jolivet, 1980).

Le complexe *Culex pipiens* est un groupe de moustiques qui a pris naissance en Afrique, mais qui s'est propagé par l'activité humaine aux zones climatiques tropicales. Les moustiques appartenant à ce groupe sont des vecteurs importants de pathogènes humains dans le monde entier (Berchi *et al.*, 2007). Ils portent un certain nombre de maladies dévastatrices telles que l'encéphalite de Saint-Louis (SLE), l'encéphalite du Nil occidental, l'encéphalite équine de l'Est, l'encéphalite équine du Venezuela, l'encéphalite japonaise, Ross River encéphalite, encéphalite de Murray Valley, fièvre de la vallée du Rift, et filarioses lymphatiques (El Kady *et al.*, 2008).

En Algérie, *Culex pipiens* est considérée parmi les espèces les plus abondantes (Berchi, 2000; Soltani, 2001 ; Berchi *et al.* 2012 ; Aïssaoui *et al.*, 2014 ; Amara *et al.*, 2016; Belkhaoui *et al.*, 2016). Elle présente une source de nuisance principale dans les milieux urbains de Constantine nord-est de l'Algérie (Berchi *et al.*, 2012). Une étude de l'infection expérimentale de cette espèce, collectée dans la province de Timimoune a montré qu'elle pouvait également être un vecteur efficace du virus du Nil occidental et du virus de la fièvre de la vallée du Rift (Amraoui *et al.*, 2012). En effet, le Virus du Nil a été isolé pour la première fois en Algérie en 1968, à Djanet (Pilo-Moron *et al.*, 1970). En 1994, environ cinquante cas humains et huit décès ont été signalés lors d'une épidémie d'encéphalite du virus, dans la province de Timimoune (Le Guenno *et al.*, 1996).

Plusieurs méthodes ont été envisagées et adoptées, pour lutter contre la propagation de ces insectes et des épidémies y découlant; elles se sont appuyées dans les premiers temps sur l'utilisation d'insecticides chimiques.

Cependant, l'utilisation massive de ces produits n'allait pas tarder à connaître plusieurs difficultés, tel que le phénomène de résistance, le déséquilibre des écosystèmes, le

Introduction

manque de spécificité et l'effet rémanent chez les insecticides non biodégradables (Karch, 1987).

Afin de prévenir la prolifération de ces vecteurs et d'améliorer la qualité de l'environnement et de la santé publique, une attention accrue est consacrée aux plantes, qui sont efficaces, respectueuses de l'environnement, biodégradables et peu coûteuses, et constituent une des alternatives possibles aux insecticides de synthèse (Choochote *et al.*, 2005). Ces plantes offrent une extraordinaire diversité de métabolites secondaires dont l'efficacité a été prouvée contre les espèces de moustiques d'importance médicale et vétérinaire, ainsi que contre d'autres arthropodes nuisibles et vecteurs (Pavela, 2008). En effet, les extraits aqueux, les poudres et les huiles essentielles des plantes contiennent des molécules ayant des propriétés insecticides (Fournier, 2003). D'après Ghosh *et al.* (2012), plus de 2000 espèces végétales sont impliquées dans les programmes de lutte contre les ravageurs.

Au vu des travaux réalisés sur l'effet insecticide de plantes, et dans le but d'apporter notre contribution dans la recherche de substances naturelles à pouvoir larvicide contre les moustiques, nous avons réalisé cette étude. Le présent travail est une évaluation primaire de l'activité larvicide des extraits aqueux de quatre plantes à savoir le Genêt à balais, Néroli, Faux acacia, et le Géranium rosat et leur effet sur les larves de *Culex pipiens*. La partie expérimentale de notre étude a été réalisée durant la période allant du mois d'Avril au mois de Juillet 2021 au laboratoire d'entomologie, à la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Ce travail est scindé en trois chapitres, dans le premier chapitre, une recherche bibliographique sur l'espèce *Culex pipiens* est effectuée. Celui-ci comporte une partie sur la morphologie générale de *C. pipiens*, son cycle de développement ainsi que les maladies vectorielles inoculées. Le second chapitre est consacré aux matériel et méthodes utilisés durant cette étude. Le dernier chapitre est consacré à la discussion des résultats analysés par rapport aux études précédemment menées sur d'autres plantes. Enfin, une conclusion générale qui met l'accent sur les perspectives et les travaux complémentaires.

1. Généralités

Culex pipiens appelés fréquemment maringouin est une espèce de moustique appartenant à la famille des Culicidae. Les Culicidés sont des antennates ptérygotes holométaboles appartenant à la classe des insectes et à l'embranchement des arthropodes. Ils possèdent trois paires d'appendices locomoteurs. Affiliés à l'ordre des Diptères, ils ne possèdent qu'une paire d'ailes mésothoraciques, la deuxième paire est transformée en haltères (balanciers) (Aouati, 2016).

La famille des Culicidés comprend environ 3200 espèces et une quarantaine de genres répandus dans presque toutes les parties du monde (Coutin, 1988). Ils vivent aussi bien dans les milieux naturels que dans les milieux urbains (Fondje *et al.*, 1992). La famille des Culicidae se subdivise en trois sous familles dont les **Toxorhynchitinae**, les **Culicinae**, les **Anophelinae** (Brunhes *et al.*, 1999). En Algérie, seules les deux sous-familles Culicinae et Anophelinae sont représentés avec un total de six genres (Berchi, 2000): la sous famille des Culicinae comprend cinq genres: *Culex* (Linné, 1758), *Aedes* (Meigen, 1818), *Culiseta* (Neveu Lemaire, 1902), *Orthopodomyia* (Theobald, 1904) et *Uranotaenia* (Lynch Arribalzaya, 1904). Tandis que la sous famille des Anophelinae comprend un seul genre *Anopheles* (Meigen, 1818; Aouati, 2016).

2. Classification :

Selon Brunhes *et al.*, 1999, l'espèce *Culex pipiens* est classée comme suit :

Tableau 1 : Position systématique de *Culex pipiens* :

Règne	Animalia
Sous-règne	Metazoa
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Ordre	Diptera
Sous-ordre	Nematocera
Famille	Culicidae
Sous-famille	Culicinae
Genre	<i>Culex</i> (Linné,1758)
Espèces	<i>Culex pipiens</i> (Linné, 1758)

3. Répartition géographique

Culex pipiens est très commun dans les zones tempérées de l’Afrique, d’Europe, d’Asie, d’Amérique, et d’Australie (Farajollali *et al.*, 2015). C’est l’espèce de moustique la plus répandue en Algérie et qui présente une large répartition géographique surtout dans les zones urbaines (Aïssaoui et Boudjelid, 2014 ; Amara *et al.*, 2016; Belkhaoui *et al.*, 2016; Berchi, 2000; Soltani, 2001 ; Berchi *et al.*, 2012).

4. Morphologie de *Culex pipiens*

4.1. L’œuf

Après la fécondation, les œufs sont pondus par la femelle dans différents milieux, à la surface de l’eau claire généralement, mais on les trouve également dans les eaux polluées (Kettle, 1995). Les œufs groupés en nacelle (Fig. 1) sont cylindro-coniques et se tiennent verticalement (Pressat, 1905). Souvent de l’ordre de 100 à 400 œufs et le stade ovulaire dure deux à trois jours lorsque les conditions: température du milieu, pH de l’eau, nature et abondance de la végétation aquatique de même que la faune associée (Kpondjo, 2008) sont favorables à l’éclosion. La taille d’un œuf est d’environ 0,5 mm, blanchâtres au moment de la ponte, les œufs s’assombrissent dans les heures qui suivent (Roth, 1980; Resseguier, 2011), par oxydation de certains composants chimiques de la thèque; une couleur marron ou noire (Seguy, 1949).



Figure 1. Nacelle d’œufs de *Culex pipiens* (Berchi, 2000).

4.2. La larve

La larve de *Culex pipiens* est un ver grisâtre ou blanchâtre, se trouve dans les mares d’eau stagnantes (Seguy, 1947). Elle est disposée obliquement par rapport à la surface de l’eau (Euzeby, 2008) comme toutes les larves de moustiques, on les reconnaît à l’œil nu ; elles se déplacent dans l’eau par des mouvements saccadés dus à de brusques contractions de leur

corps. Les larves se nourrissent généralement par filtration, soit à la surface, soit au fond du gîte larvaire (Balenghien, 2006). Le corps de la larve de *Culex pipiens* est constitué de trois parties : tête bien développée, thorax comprenant 3 segments fusionnés, et l'abdomen pourvu de 9 segments (Rodhain & Perez, 1985) (Fig. 2).

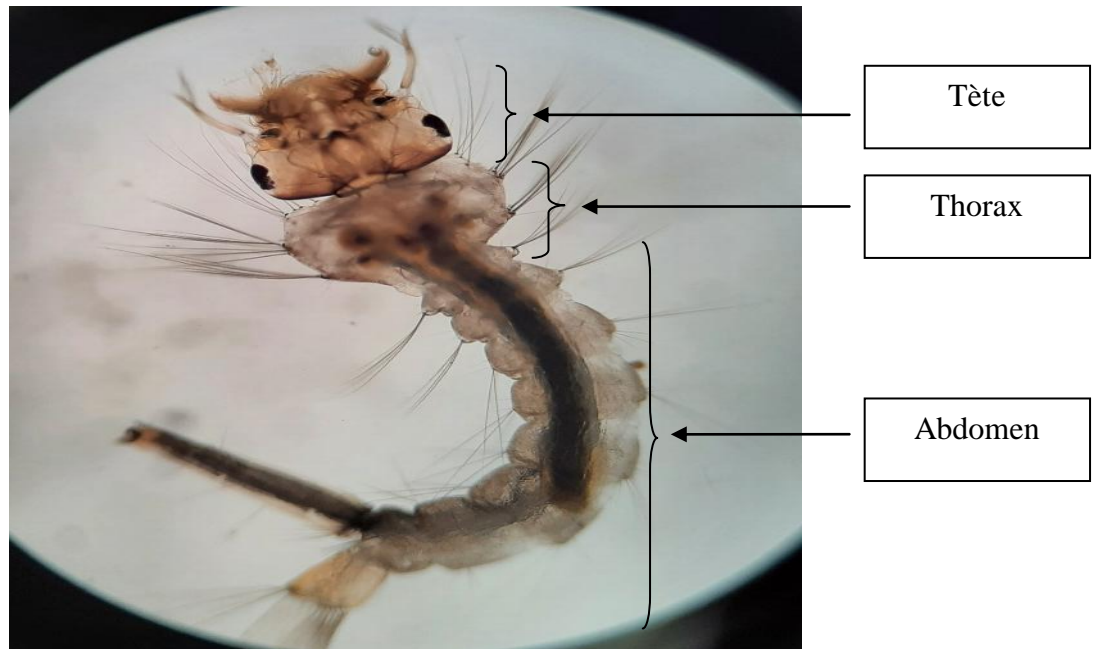


Figure 2. Morphologie de la larve de l'espèce *Culex pipiens* (Originale, 2021).

4.2.1. Tête

La tête est plus large que longue, généralement pigmentée (Himmi, 2007), formée par une plaque chitineuse médiane : le fronctoclypéus et deux latérales. Au fronctoclypéus est rattachée une plaque antérieure étroite portant des brosses buccales. Les pièces buccales sont du type broyeur. Les plaques chitineuses portent des soies symétriques et on distingue latéralement deux tâches oculaires ainsi que les deux antennes (Aouati, 2016) (Fig. 3).



Figure 3. Morphologie de la tête d'une larve de *Culex pipiens* (Originale, 2021).

4.2.2. Thorax

De forme trapue, le thorax est dépourvu d'appendices, il est formé de trois segments (Robert, 1989) qui sont : le prothorax, le mésothorax et le métathorax.

4.2.3. Abdomen

Plus souple que le thorax, l'abdomen porte sur le 8^{ème} segment un siphon respiratoire sous forme d'un tube, renfermant deux trachées, il se termine par une cupule non mouillable, garnie de plusieurs soies ventrales, subventrales et/ou dorsales (Fig. 4). L'abdomen se termine aussi par des lames aplaties où se ramifient des vaisseaux sanguins et des trachées; ces organes jouent le rôle des branchies et permettent une respiration aquatique partielle. Les lames basales sont munies d'une touffe de longues soies formant l'appareil natatoire (Zerroug, 2018). Lorsque la larve va respirer, elle remonte vers la surface et, la tête en bas, fait affleurer son siphon. Elle replonge ensuite après avoir fermé l'extrémité du siphon qui possède cinq valves. Les principaux caractères du genre *Culex* sont la présence d'un siphon respiratoire cylindro-conique plus ou moins long ; présence d'un nombre important de soies sur le siphon (au moins 4 paires de touffes) et absence de soies plamées sur l'abdomen (Himmi, 2007).

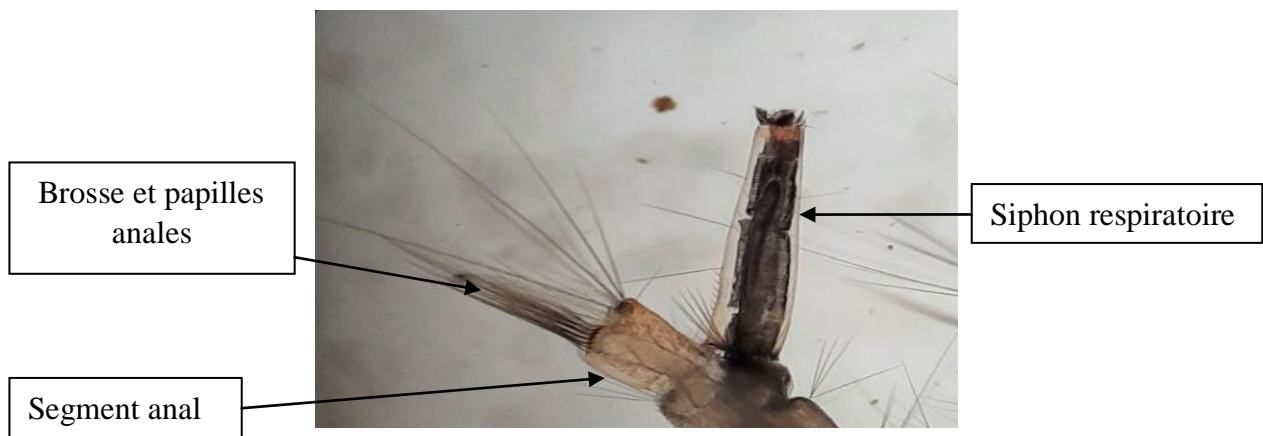


Figure 4. Morphologie du siphon respiratoire (Originale, 2021).

4.3. La nymphe

Chez la nymphe, la tête et le thorax fusionnent pour donner un céphalothorax sur lequel on trouve deux trompes respiratoires. Sa forme globale rappelle celle d'un point d'interrogation ou d'une virgule (Aouati, 2016) (Fig. 5). Elle est extrêmement sensible et plonge dans l'eau au moindre mouvement perçu.

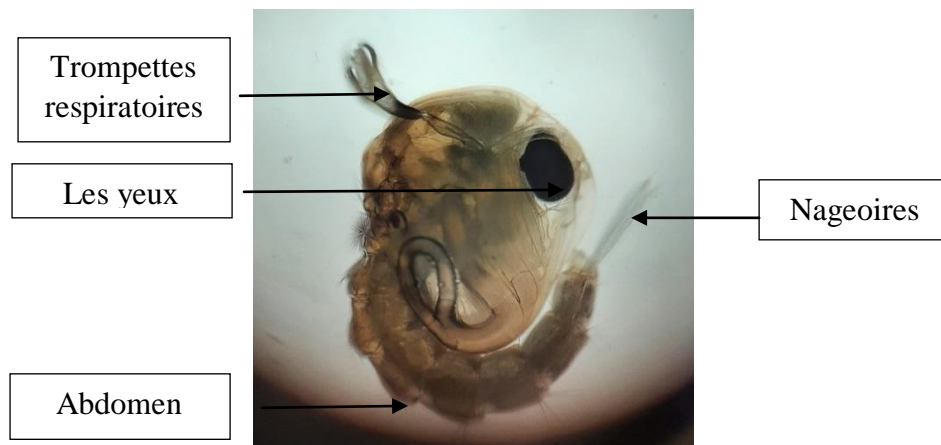


Figure 5. Morphologie générale d'une nymphe de *Culex pipiens* (Originale, 2021).

4.4. Adulte

L'adulte possède un corps fin, allongé de 5 à 10 mm de long, globalement brun clair, et des pattes longues et fines (Blenghien, 2007). Il est divisé en trois parties : tête, thorax et abdomen (Rodhain et Perez, 1985) (Fig. 6).



Figure 6. Morphologie générale de *Culex pipiens* adulte (Originale, 2021)

4.4.1. La tête

Elle comprend deux yeux composés, entre lesquels s'insèrent deux antennes constituées de 15 articles chez les mâles, 16 chez les femelles. Les palpes allongés chez le mâle (plus longs que

la trompe) et légèrement recourbés vers le haut ; palpes plus courts que la trompe chez la femelle et des appendices buccaux de type piqueur-suceur (Gabrielle Toral Y Caro, 2005).

4.4.2. Le thorax

Le thorax est composé de trois parties : le prothorax, le mésothorax et le métathorax, il porte trois paires de pattes, une paire d'ailes et une paire d'haltères ou balanciers remplaçant la deuxième paire d'ailes. Composés notamment de plaques sclérifiées, les plaques ventrales appelées les sternites, les plaques latérales sont les pleurites et les plaques dorsales sont appelées tergites (Brunhes, 1970). Les faces latérales du thorax sont occupées par des écailles et des soies qui jouent un rôle important dans l'identification des espèces culicidiennes (Zarroug, 2018).

4.4.3. L'abdomen

L'abdomen est constitué de dix segments dont les huit premiers sont visibles. Chacun d'eux composés de tergite (plaque dorsale) et de sternite (plaque ventrale). Le neuvième et dixième segment sont peu distincts formant les génitalia (ou hypopygium) assurant les fonctions sexuelles. Les tergites et les sternites abdominaux sont ornés d'écailles constituant des caractères spécifiques, surtout chez la femelle (Aouati, 2016).

5. Cycle de développement

Le cycle de développement des moustiques dure environ douze (12) à vingt (20) jours dans les conditions optimales (Adisso et Alia, 2005). Leur développement passe par une phase larvaire aquatique avant le stade adulte aérien, entrecoupé d'une courte phase nymphale (Fig. 7).



Figure 7. Cycle du développement de *Culex pipiens* (Sahir-Halouane *et al.*, 2021).

5.1. La phase aquatique

Quelques jours après la fécondation, les œufs de *Culex pipiens* sont pondus perpendiculairement à la surface de l'eau, en nacelle (Benkalfate, 1991), l'éclosion des œufs donne naissance à des larves, qui passent par quatre stades distincts séparés par trois mues successives. La durée de cette phase larvaire varie selon les espèces de Culicidae, la température du milieu, la densité larvaire ainsi que la disponibilité en nourriture.

Au bout de six (6) à dix (10) jours et plus, la quatrième mue donne naissance à une nymphe: c'est la nymphose (Guillaumot, 2006), ce stade dure en moyenne 1 à 3 jours, la nymphe ne se nourrit pas (Himmi *et al.*, 1995). A la fin de ce stade, la nymphe s'étire, son tégument se fend dorsalement et très lentement, le moustique adulte (imago) s'extirpe de l'exuvie : c'est l'émergence (Rodhain et Perez, 1985).

5.2. La phase aérienne

Les moustiques adultes demeurent à la surface de l'eau jusqu'à ce qu'ils soient assez forts pour voler et chercher leur nourriture (Bezzaoui, 2013), dès leur émergence, les mâles et les femelles se nourrissent de nectar. Le mâle est attiré par les fréquences sonores ainsi que par des phéromones émises par la femelle. L'accouplement a lieu peu de temps après l'émergence, lors d'un vol en essaim à proximité des gîtes larvaires (Lefèver *et al.*, 2003).

La femelle ne s'accouple qu'une fois dans sa vie (Darriet, 1998), où elle reçoit un stock de spermatozoïdes. Elle les conserve dans un organe spécialisé appelé la spermathèque. La femelle est obligée de prendre un repas de sang pour le développement de ses ovaires et la maturation des follicules (Thierry, 2011). Dès qu'elle est gravide, elle se met en quête d'un gîte de ponte adéquat pour le développement de ses larves. La ponte a lieu généralement au crépuscule. En automne, les femelles cherchent un gîte de repos et y passent plusieurs mois sans se nourrir: c'est la diapause. Elles sont capables de survivre grâce aux réserves lipidiques accumulées à partir des sucres végétaux. Elles sortiront et recommenceront leurs repas sanguins à partir du printemps (Resseguier, 2011).

6. Les facteurs de développement

Ce genre d'insecte préfère la chaleur, sans qu'elle soit très élevée; on a distingué que les œufs ne donnent pas de larves au temps glaciaire (Gashen, 1932 in Roman, 1960), mais aussi n'éclosent pas lorsque la température monte à plus de 30° (Roman, 1960).

La température du milieu, le pH de l'eau, nature et abondance de la végétation aquatique de même que la faune associée (Kpondjo, 2008) sont des facteurs indispensables pour la prolifération du moustique.

7. Aspect nuisance et rôle vectorielle de *Culex pipiens*

Les moustiques sont responsables de plusieurs maladies telles que: la malaria, fièvre jaune, dengue, filariose (Hamon et Mouchet, 1967). La capacité de *Culex pipiens* à s'adapter à tous les biotopes (Hassaine, 2002; Faraj *et al.*, 2006) lui permet d'être vecteur de plusieurs agents pathogènes responsables de maladies infectieuses parfois mortelles (Guyatt *et al.*, 1999 ; Aouinty *et al.*, 2006 ; Kosone *et al.*, 2008). En Algérie, *Culex pipiens* est un potentiel vecteur de la fièvre du Nil occidental et Valley de Rift (Amraoui *et al.*, 2012). En 1994, des cas d'encéphalites isolés chez l'homme sont rapportés à Timimoune par Guenno *et al.* (1996).

8. La lutte contre *Culex pipiens*

La diminution de la morbidité et de la mortalité palustre grâce à l'abaissement du taux d'inoculation entomologique est l'objectif principal de la lutte antivectorielle. L'inoculation nécessitant la présence du vecteur infecté, les méthodes actuelles visent principalement la réduction du contact homme-vecteur, la densité du vecteur et la durée de vie du vecteur adulte (OMS, 2004).

8.1. Lutte physique

Elle consiste à modifier le biotope de l'insecte en supprimant tous les facteurs favorables à son développement. Cette technique est la plus anciennement connue. Elle est basée sur les mesures d'assainissement et d'aménagement du milieu urbain qui consiste à éliminer les collections d'eaux usées stagnantes ou tout au moins à les rendre inaccessibles aux adultes de moustiques, et concurremment à prévenir l'apparition et la multiplication des gîtes (Thierry, 2011). Entreprendre des travaux de régularisation du régime des eaux d'aménagement de l'écoulement ou par d'autres moyens (OMS, 1974).

Dans les années 60, la lutte était essentiellement basée sur l'élimination mécanique des gîtes larvaires potentiels, malgré l'efficacité de ce procédé, il a été dépassé par l'urbanisation (Hamon et Mouchet, 1967; Brown, 1967).

8.2. Lutte chimique

Pour lutter contre ce fléau, des quantités considérables d'insecticides chimiques appartenant à plusieurs familles, ont été utilisées dans le monde (OMS c, 1974). Les organochlorés sont les plus anciens insecticides utilisés à l'encontre des adultes et des larves de moustiques, c'est le cas du Dichloro Diphényl Tichloro éthane, familièrement connu sous le nom du DDT. Il existe également d'autres insecticides tel que les organophosphorés, les pyréthriinoïdes, les carbamates, les benzyolurées, les phénylpyrazoles (fipronil), Les oxadiazines (indoxacarbe) (Muriel, 2005 ; OMS ,1988).

En plus des résistances observées chez les insectes cibles envers les composés organophosphorés ou les pyréthriinoïdes (Yébakima, 1991; Rosine, 1999; Brengues *et al.*, 2003), d'autres effets néfastes liés à l'utilisation de ces produits chimiques affectent la santé humaine, les animaux et l'environnement en raison de leur accumulation dans l'environnement (Chandre *et al.*, 1999 ; Darriet *et al.*,1984). Depuis, de nouveaux produits ou de nouvelles formulations sont testés afin de trouver des solutions adaptées dans le cadre d'une gestion durable (Boyer, 2006).

8.3. Lutte génétique

Après avoir beaucoup cru dans la technique dite des mâles stériles, la lutte biologique s'oriente actuellement vers des « moustiques transgéniques » par des manipulations génétiques. Le but étant d'insérer dans le patrimoine des insectes un gène dominant qui est létal chez les femelles. Lorsque l'on lâche des mâles porteurs de ce gène, ils n'ont pas de descendance femelle, ce qui réduit la population de l'espèce (Carnevale, 1995).

Elle consiste à provoquer l'extinction d'une population naturelle d'insectes en y introduisant des individus de la même espèce préalablement rendus stériles par les rayons X ou par chimio-stérilisation. Cette technique a donné de bons résultats sur les insectes à faible densité de population et en milieu isolé. Pour l'instant, il faut considérer cette méthode comme encore au stade de la recherche et non opérationnelle dans le contexte habituel du terrain (Thierry, 2011).

Chez *Culex pipiens* vecteur du virus de la fièvre du Nil occidental, *Wolbachia pipientis* est transmise par la femelle (voie transovarienne) à la descendance, seule l'infection des mâles entraîne l'incompatibilité.

8.4. Lutte biologique

La lutte biologique consiste à introduire, dans le biotope des agents naturels pour prévenir ou réduire les dégâts causés par le vecteur. Celle-ci s'illustre de différentes manières. Par exemple, la lutte entomophage qui s'effectue par l'introduction d'un animal ravageur de l'organisme cible. Diverses espèces de poissons insectivores, d'origine tropicale principalement, sont utilisées avec succès depuis bien des années, c'est le cas de *Gambusia holbrooki* (Pates et Curtis 2005).

La lutte microbiologique est l'utilisation de microorganismes tels que champignons, bactéries qui infectent la cible souvent par ingestion (Boyer, 2006). Des organismes microbiens tels que le *Bacillus sphaericus* (*Bs*) et le *Bacillus thuringiensis var. israelensis* (*Bti*) sont considérés comme des agents de contrôle efficace (Becker 1998) dans le cadre de la lutte anti vectorielle. Ils sont aujourd'hui utilisés dans un large panel de gîtes larvaires, du fait de leur efficacité et leur spécificité qui respectent largement la faune compagne. D'ailleurs, le Bt est le micro-organisme le plus utilisé comme bio-insecticide et représentent plus de 90% du marché des bioinsecticides, mais seulement 2% à peine du marché global des insecticides (Fargues et Bourguet 2005). A côté de la lutte bactérienne, certaines plantes contiennent des substances insecticides qui peuvent agir de manière efficace pour lutter contre les moustiques.

La mise en évidence de l'activité larvicide des extraits aqueux des plantes sur les formes larvaires de *Culex pipiens* (Linnée, 1758) nécessite une production de larves par un élevage, la récolte des plantes, l'extraction des substances aqueuses ainsi que les tests de toxicité.

1. Présentation de la région d'étude (Oued Tamda) (36.70392N, 4.19036E) :

L'étude a été effectuée sur une seule station (Oued de Tamda) au niveau de la Wilaya de Tizi-Ouzou, c'est un gîte naturel temporaire composé de mares peu profondes et situé sur la même rive sous le pont de Tamda. Le gîte est caractérisé par une forte densité larvaire et le non traitement par les insecticides.



Figure 8. Station de collecte des larves de *Culex pipiens* (Originale, 2021).

2. Matériel animal :

2.1. La récolte des larves :

L'échantillonnage des larves se fait en utilisant la méthode de coup de louche ou dipping (Messai *et al.*, 2010). Cette technique consiste à plonger doucement la louche dans l'eau puis la déplacer avec un mouvement uniforme en évitant les remous, et en faisant attention de ne pas déranger les larves et ne pas les faire disparaître au fond (Bouabida *et al.*, 2012). Le contenu de la louche est versé dans des bouteilles en plastique, non fermé hermétiquement, installés à l'ombre, jusqu'à ce que les échantillons soient ramenés au laboratoire.



Figure 9. Technique de capture des larves des *Culicidae* (Originale, 2021).

2.2. L'élevage des larves :

Une fois au laboratoire les larves de moustiques sont maintenues dans des bacs propres en plastique contenant 500 ml d'eau. Le tri se fait ensuite selon le stade du développement, les bacs contenant les larves sont recouverts d'un morceau de tulle moustiquaire (Koua, 1994) et l'eau du récipient est renouvelée tous les deux jours. La nourriture des larves est composée d'un biscuit réduit finement en farine (Rehimi et Soltani, 1999).

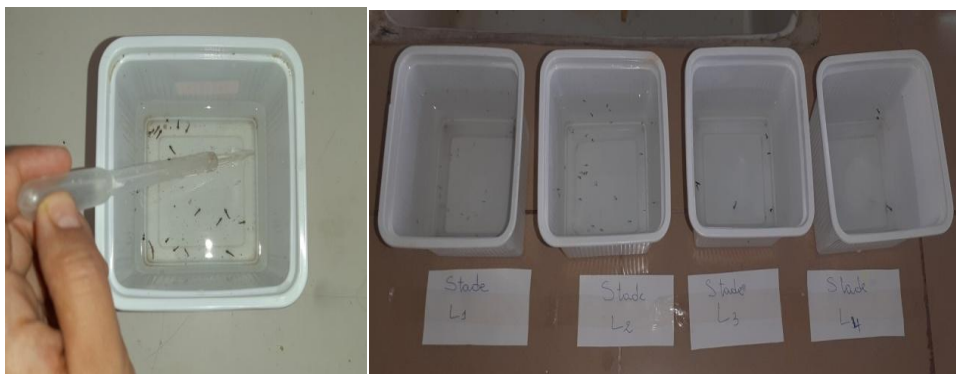


Figure 10. Tri des stades larvaire de *Culex pipiens* (Originale, 2021).

L'élevage a été réalisé sous les conditions de laboratoire avec une température de $26,4^{\circ}\pm 3,8$ et une humidité relative de 48%. Les larves atteignant le stade nymphal sont placées dans d'autres récipients, disposées dans des cages de forme cubique recouverte de tulle blanc.



Figure 11. Cage d'élevage des adultes (Originale, 2021)

2.3. Identification des larves :

D'après Krida et al. (1998), seules les larves du quatrième stade font l'objet d'une identification fiable entre lame et lamelle. Pour notre étude, nous avons adopté la technique de préparation proposée par Matile (1993). L'identification de l'espèce est faite à l'aide d'un microscope photonique en utilisant le logiciel d'identification de Brunhes.

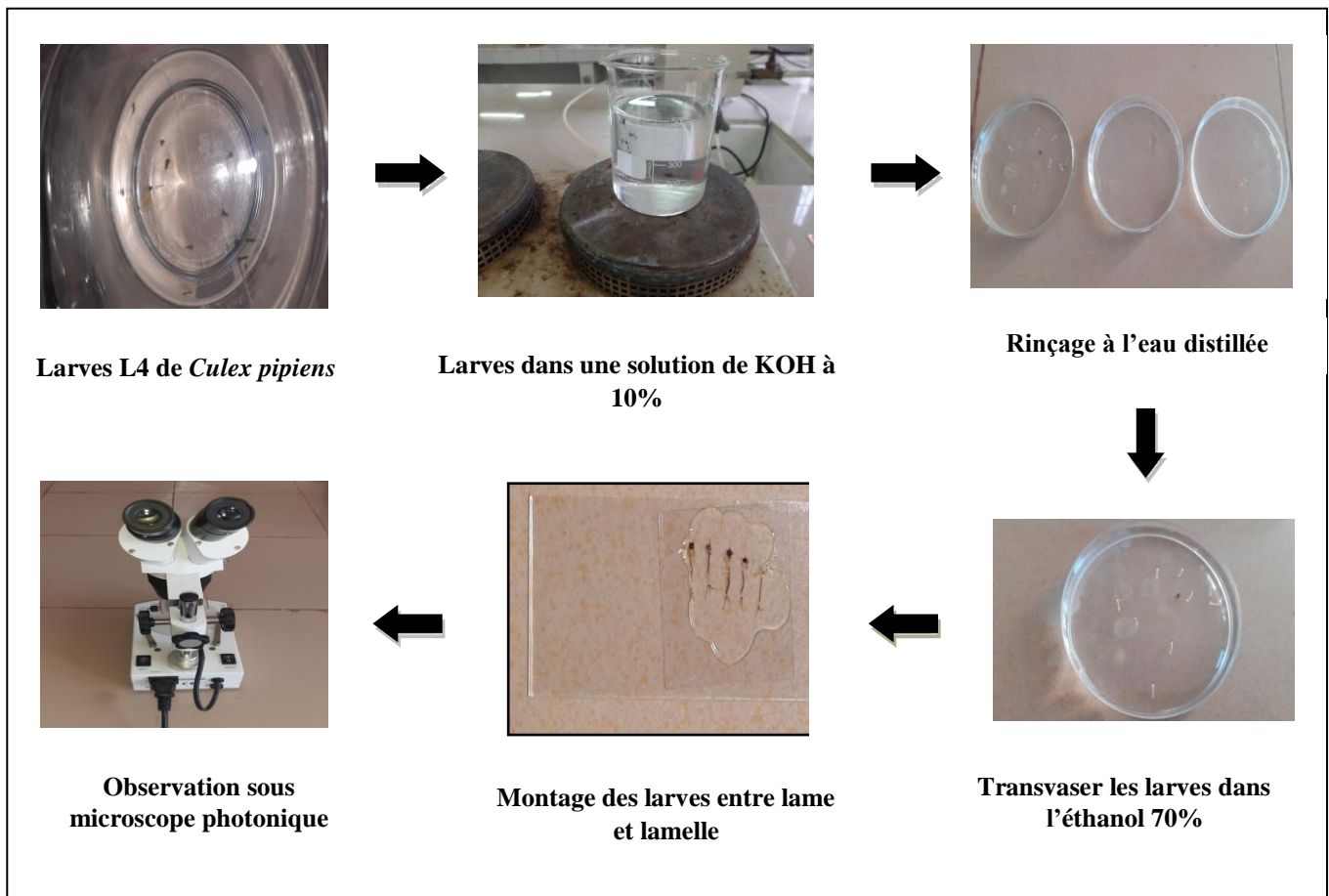


Figure 12. Techniques de préparation et montage des larves de *Culex pipiens* (Matile, 1993)

3. Matériel végétal :

Quatre plantes sont sélectionnées pour cette étude, à savoir le genêt à balais (*Cytisus scoparius*), le faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), le géranium rosat (*Pelargonium graveolens*), et le néroli (*Citrus aurantium*), collectées aux alentours des régions de Draa Ben Khedda et Tirmatine.

3.1. Le genêt à balais *Cytisus scoparius* :

Le genêt à balais (*Cytisus scoparius*) est un arbrisseau buissonnant de 1 à 3 mètres de hauteur, Le tronc jouit d'une écorce striée. Ses rameaux anguleux contiennent de la chlorophylle, d'où leur couleur curieusement verte et portent à leur sommet de petites feuilles simples et, plus bas, des feuilles caduques à 3 folioles. Au printemps, le genêt à balais offre des fleurs papilionacées de 2,5cm et d'un jaune très vif. Agréablement parfumée, elle présente neuf étamines soudées entre elles à leur base, tandis que leur long style s'enroule en trompe de chasse. Ce sont des bourdons qui assurent la pollinisation de ces fleurs. En fin d'été ses gousses, d'environ 3cm de longueur, deviennent brunes et éclatent avec un bruit sec, répandant alors des graines sur le sol.

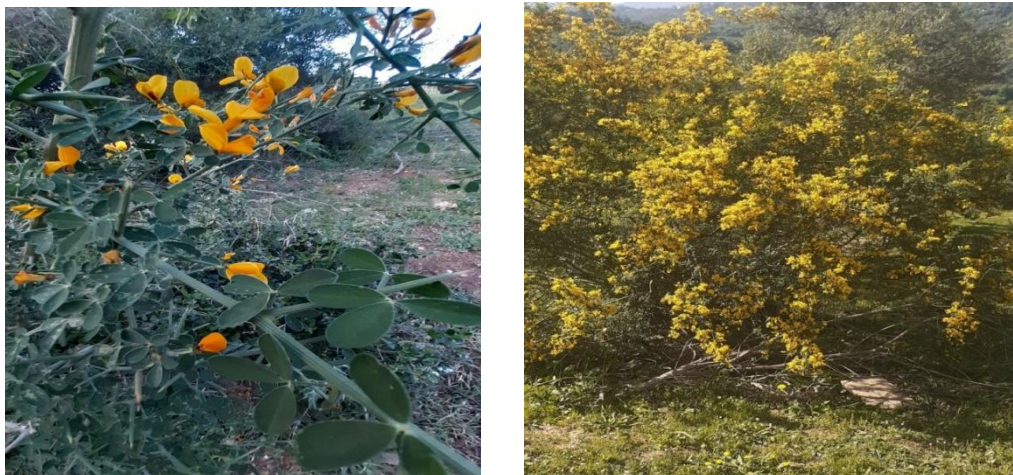


Figure 13. Genêt à balais *Cytisus scoparius* (Originale, 2021).

Classification :

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

3.2. Faux acacia *Robinia pseudoacacia*

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



Figure 14. Faux acacia *Robinia pseudoacacia* (Originale, 2021).

Classification :

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

3.3. Le géranium rosat *Pelargonium graveolens*

Pelargonium graveolens (famille Géraniacées), appartient à la catégorie des plantes vivaces à feuillage odorant. Elle porte différents noms dont les plus connus sont : géranium rosat, géranium odorant (Janin, 2006). Son nom «*Pelargonium*» vient du grec “Pélargos” qui signifie cigogne, à cause de la forme de son fruit qui ressemble au bec des cigognes droit et pointu (Miller, 2002). La plante est originaire de l'Afrique du Sud, cultivée dans de nombreuses régions méditerranéennes et subtropicales. Elle est introduite en Algérie au 19ème siècle (Boukhatem *et al.*, 2010). D'après Boukhatem *et al.*, (2011), le *Pelargonium graveolens* est cultivé en Algérie, principalement dans la plaine de Mitidja, dans les jardins et dans les cimetières (Haddadi *et al.*, 2019).



Figure 15. Géranium rosat *Pelargonium graveolens* (Originale, 2021).

Classification

Règne : Plantae
Division : Magnoliophyta
Classe : Magnoliopsida
Ordre : Geraniales
Famille : Geraniaceae
Genre : *Pelargonium*
Espèce : *Pelargonium graveolens*, L'Hér., 1989.

3.4. Le néroli *Citrus aurantium*

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



Figure 16. Néroli *Citrus aurantium* (Originale, 2021).

Classification

Règne :	plantae
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Sapindales
Famille :	Rutaceae
Genre :	<i>Citrus</i>
Espèce :	<i>Citrus aurantium</i> , L., 1753.

4. Préparation des extraits aqueux**➤ La récolte :**

Les parties aériennes (les feuilles) de chaque plante testée sont récoltées à l'aide de ciseaux, elles sont ensuite placées dans un sac en papier et transportées au laboratoire.

➤ Séchage des plantes :

Une fois au laboratoire, les plantes sont lavées et séchées à l'air libre pendant 24 h.

À l'issue de cette étape, les plantes séchées sont placées dans une étuve pendant 3 jours à 40°C afin de les dessécher complètement.

➤ Broyage et conservation :

À l'aide d'un broyeur à café, une poudre de parties aériennes des quatre plantes testées a été obtenue et conservée à l'obscurité dans des boîtes en verre.

➤ Préparation :

Une quantité de 100g de poudre de chaque plante est diluée dans un litre d'eau distillée (Fig. 17 A) préalablement portée à ébullition (Fig. 17 B). Puis laissée refroidir sous agitation magnétique pendant 30 minutes, le mélange obtenu est filtré à l'aide d'un papier filtre (3 MM) (Aouinty, 2006) (Fig. 17 C). Le filtrat récupéré représente une solution initiale à 100 g/l.



Figure 17. Préparation des extraits aqueux (Originale, 2021).

➤ **Estimation des quantités du résidu sec**

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

5. Réalisation des tests de toxicité

Les bioessais sont inspirés des tests de sensibilité (OMS, 1963). A partir de la solution mère, des doses de 10%, 5%, 3% et 1% ont été préparées pour chaque plante, dix larves appartenant au quatrième stade sont introduites pour chaque concentration.

Quatre répétitions sont effectuées pour les différentes concentrations de l'extrait ainsi que pour le témoin, et le taux de mortalité est déterminé après 4h, 24h, 48h et 72h.



Figure 18. Test de toxicité avec différentes doses (Originale, 2021).

6. Analyses statistiques

Les mortalités sont exprimées en pourcentage par la formule suivante :

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

Si le taux de mortalité des témoins est compris entre 5 et 20%, une correction est effectuée grâce à la formule d'Abbott (1925).

%de mortalité corrigé

$$= \frac{\%Mortalité\ des\ larves\ traitées - \%Mortalité\ des\ témoins}{100 - \%Mortalité\ des\ témoins} * 100$$

Afin de déterminer les doses létales qui causent 50% de mortalité (DL50), et 90% (DL90), les droites de régression Probits = f (log dose) ont été tracées. Les doses sont exprimées en g/l, à l'aide du logiciel SPSS Statistica 23.

1. Résultats

Des essais toxicologiques sur les larves du 4^{ème} stade de *Culex pipiens* ont été réalisés, les résultats de l'effet larvicide des plantes sont présentés dans l'ensemble des figures et tableaux ci-dessous.

1.1. Toxicité de l'extrait aqueux du genêt à balais

1.1.1. Mortalité cumulée

Les résultats obtenus concernant le taux de mortalité cumulée sous l'effet de différentes doses de genêt à balais après 4h, 24h, 48h et 72h est représenté dans la figure 19, tableau 2 et annexe I).

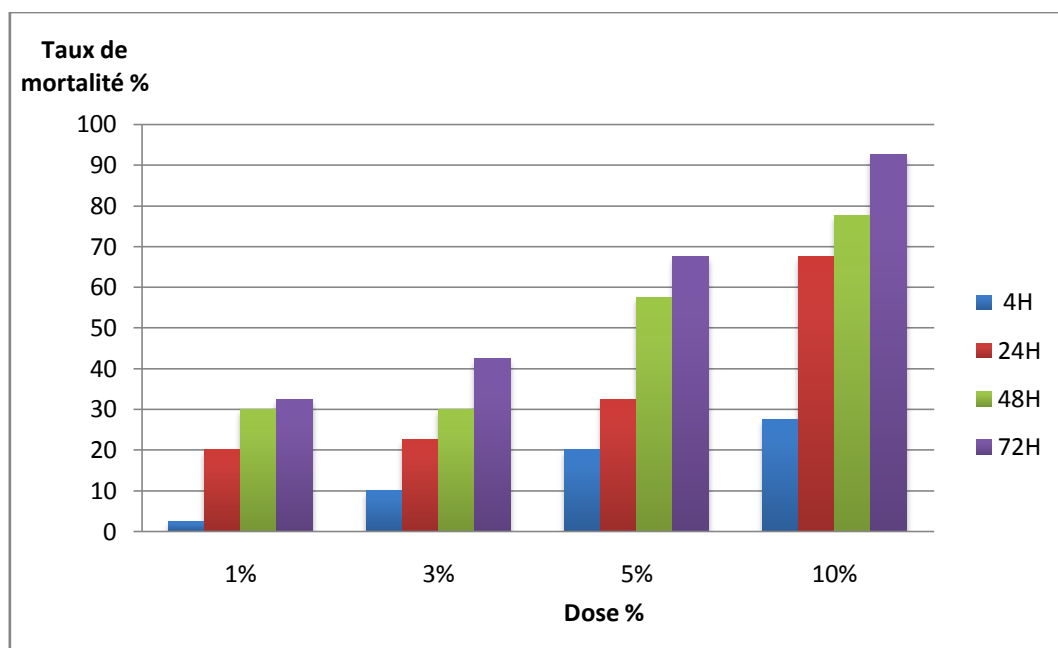


Figure 19. Mortalités cumulées (%) des larves de *Culex pipiens* en fonction du temps et de différentes doses de genêt à balais.

La figure 19 montre une variation graduelle du taux de mortalité de larves traitées avec les différentes doses en fonction du temps. La mortalité moyenne a augmenté avec l'augmentation de la concentration et du temps d'exposition. Un taux de mortalité élevée avoisinant les 100% a été enregistrée 72 heures après l'exposition à une concentration de 10%.

1.1.2. Mortalité corrigée

Le tableau 2 représente le pourcentage de mortalité dans les 4 répétitions en fonction des 4 concentrations utilisées à savoir 0.83g/l (1%), 2.49g/l (3%), 4.15g/l (5%) et 8.3g/l (10%).

Tableau 2: Taux de mortalité corrigée des larves de *Culex pipiens* soumises au genêt à balais.

Concentration Répétition	0 g/l	0,83 g/l	2,49 g/l	4.15g/l	8,3 g/l
R1	0	20	60	70	80
R2	0	0	19	79	89
R3	0	60	40	80	90
R4	0	7	7	0	67
moyenne	0	21,75	31,5	57,25	81,5
Écart-type	0	26,81	23,39	38,43	10,66

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

1.1.3. Aspect morphologique :

La morphologie d'une larve de *Culex pipiens* traitée avec l'extrait aqueux de genêt à balais est représentée dans la figure 20. D'aspect déformé, le corps de la larve est de couleur foncée, semble brûlée, ce qui pourrait indiquer un effet cutané de plante.

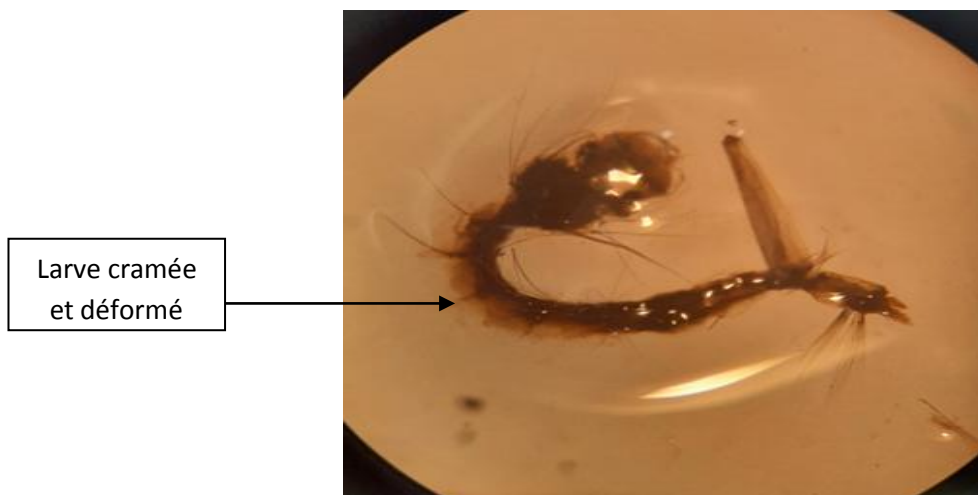


Figure 20. Larve de *Culex pipiens* traitée avec l'extrait aqueux de genêt à balais

1.2. Etude de la toxicité de l'extrait aqueux du faux acacia

1.2.1. Mortalité cumulée

Les résultats obtenus concernant le taux de mortalité cumulée sous l'effet de différentes doses de faux acacia après 4h, 24h, 48h et 72h est représenté sur la figure 21, tableau 3 et annexes I.

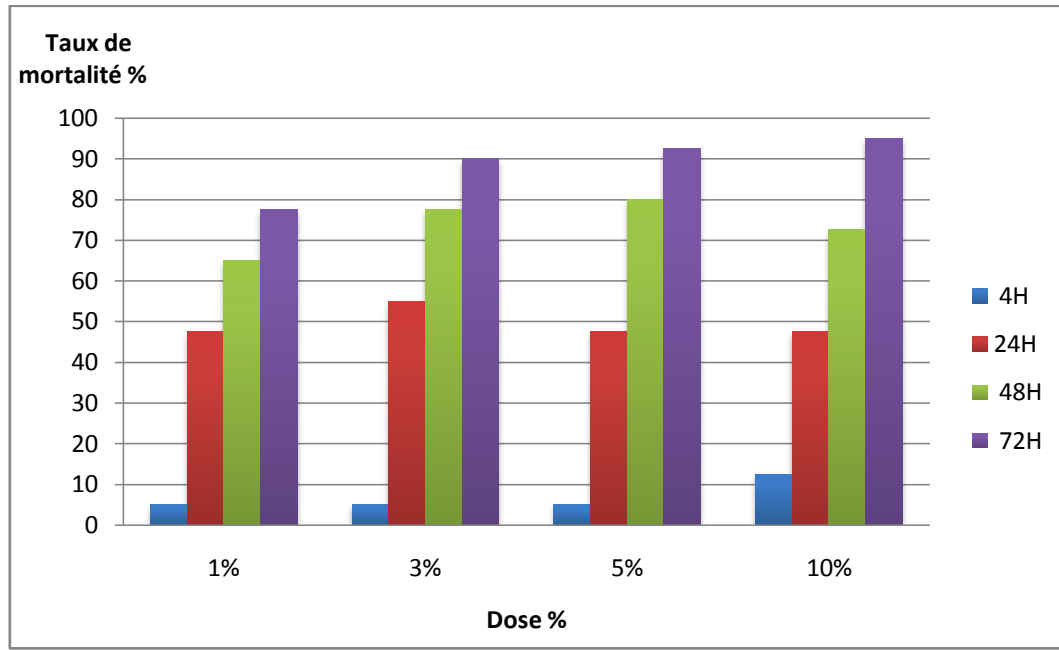


Figure 21. Mortalités cumulées des larves de *Culex pipiens* en fonction du temps et de différentes doses de faux acacia.

La figure 21 montre que la mortalité moyenne a augmenté graduellement avec l'augmentation de la concentration et du temps d'exposition. Une mortalité d'environ 50% est enregistrée après uniquement 24h de contact avec l'insecticide et cela pour toutes les concentrations, un taux de mortalité élevée avoisinant les 100% a été enregistrée 72 heures après l'exposition à une concentration de 10%

1.2.2. Mortalité corrigée:

Le tableau 3 représente le pourcentage de mortalité dans les 4 répétitions en fonction des 4 concentrations utilisées à savoir 0.785g/l (1%), 2.355g/l (3%), 3.925g/l (5%) et 7.85g/l (10%).

Tableau 3: Taux de mortalité corrigée des larves de *Culex pipiens* soumises au faux acacia

Concentration Répétition	0 g/l	0.785g/l	2, 355g/ l	3, 925g/l	7,85g/l
R1	0	60	60	70	100
R2	0	69	89	89	89
R3	0	90	100	100	90
R4	0	79	89	79	89
moyenne	0	74.5	84.5	84.5	92
Écart-type	0	12.92	17.14	12.92	5.35

Un taux de mortalité importante de 60% est enregistré dès la première dose de 0.785g/l, pour atteindre un taux maximal de 100% avec la plus forte concentration testée (7.85g/l). La mortalité des larves observée dans les 4 répétitions évolue proportionnellement avec les doses testées de l'extrait de faux acacia avec un écart type assez faible témoignant de la bonne homogénéité des données.

1.2.3. Aspect morphologique :

La morphologie d'une larve de *Culex pipiens* après contact avec l'extrait aqueux de faux acacia est représentée sur la figure 22.

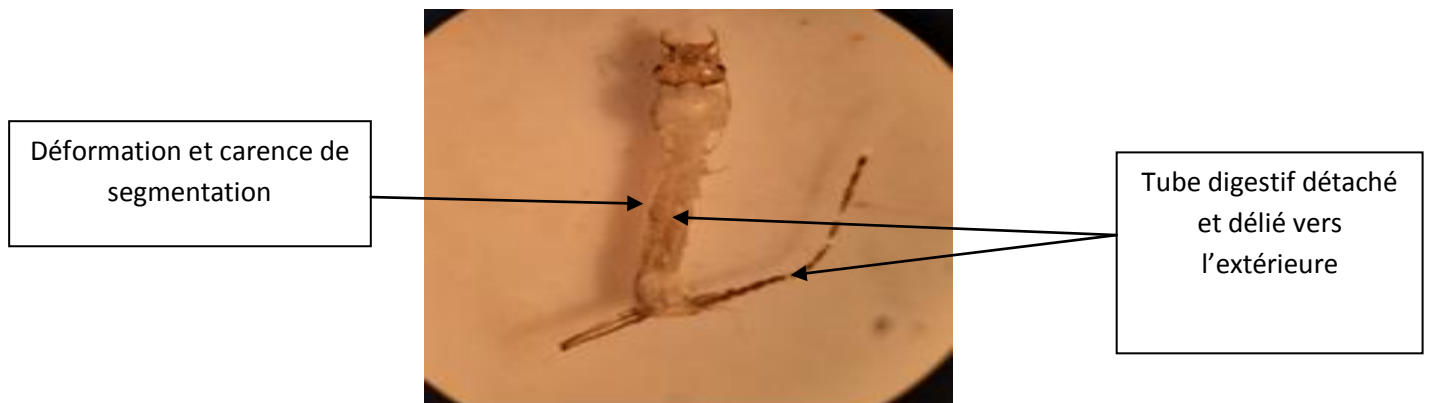


Figure 22. Larve de *Culex pipiens* traitée avec l'extrait aqueux du faux acacia

L'exposition des larves à l'extrait aqueux du faux acacia affecte l'apparence des larves, la figure 26 montre l'apparition d'une couche blanchâtre à la surface du corps qui semble avoir perdu sa segmentation, et un effet digestifs qui se dévoile par le détachement et la sécrétion de tube digestif vers l'extérieur, en retour les larves témoins ont montré une morphologie maintenue.

1.3. Etude de la toxicité de l'extrait aqueux de Géranium

1.3.1. Mortalité cumulée

Les résultats obtenus concernant le taux de mortalité cumulée sous l'effet de différentes doses de Géranium après 4h, 24h, 48h et 72h est représenté sur la figure 21, tableau 4 et annexe I.

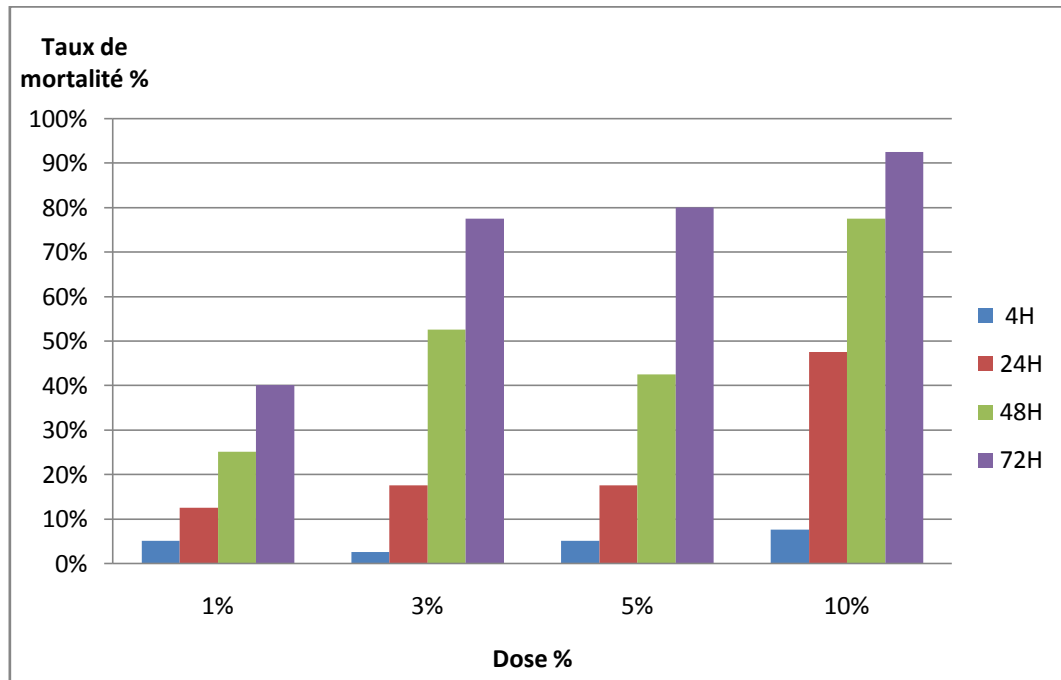


Figure 23. Mortalités cumulées des larves de *Culex pipiens* en fonction du temps et des différentes concentrations de géranium.

Les résultats présentés dans la figure 23 montrent que le taux de mortalité augmente relativement avec les différentes doses utilisées ainsi qu'avec le temps d'exposition, une mortalité de 92.5% transcrit après l'exposition à une concentration de 10%.

1.3.2. Mortalité corrigée

Le tableau 3 représente le pourcentage de mortalité dans les 4 répétitions en fonction des 4 concentrations utilisées à savoir 0.7425g/l (1%), 2.2275g/l (3%), 3.7125g/l (5%) et 7.425g/l (10%).

Tableau 4 : Taux de mortalité corrigée des larves de *Culex pipiens* traitées par l'extrait aqueux du géranium.

Concentration Répétition	0 g/l	0.7425g/l	2,2275g/l	3,7125g/l	7,425g/l
R1	0	10	50	30	80
R2	0	60	70	90	100
R3	0	18	78	78	78
R4	0	28	68	78	68
moyenne	0	29	66.5	69	81.5
Écart-type	0	21.94	11.82	26.61	13.40

La plus forte concentration testée et qui est de 7.425 g/l a causé une mortalité élevée de 81.5% chez les larves L4 contre une mortalité de 29% marquée pour la plus faible dose (0.7425g/l).

1.3.3. Aspect morphologique :

L'aspect d'une larve (L4) de *Culex pipiens* traitée avec l'extrait aqueux de géranium est présenté sur la figure 24.

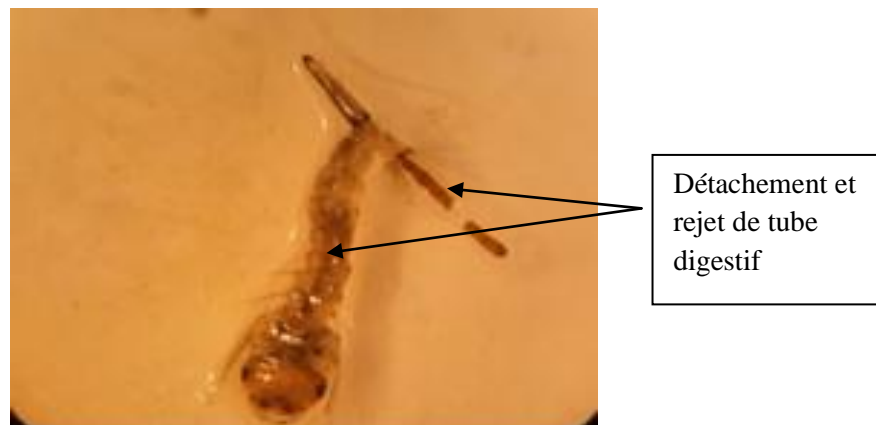


Figure 24. Larve de *Culex pipiens* traitée avec l'extrait aqueux de géranium

L'effet de l'extrait du géranium sur la larve de *Culex pipiens*, se caractérise par une déformation morphologique apparente (Fig.24) sous forme d'un rejet du tube digestif vers l'extérieur.

1.4. Etude de la toxicité de l'extrait aqueux de Néroli

1.4.1. Mortalité cumulée

Les résultats obtenus concernant le taux de mortalité cumulée sous l'effet de différentes concentrations de Néroli après 4h, 24h, 48h et 72h est représenté par la figure 25, tableau 5 et annexes I.

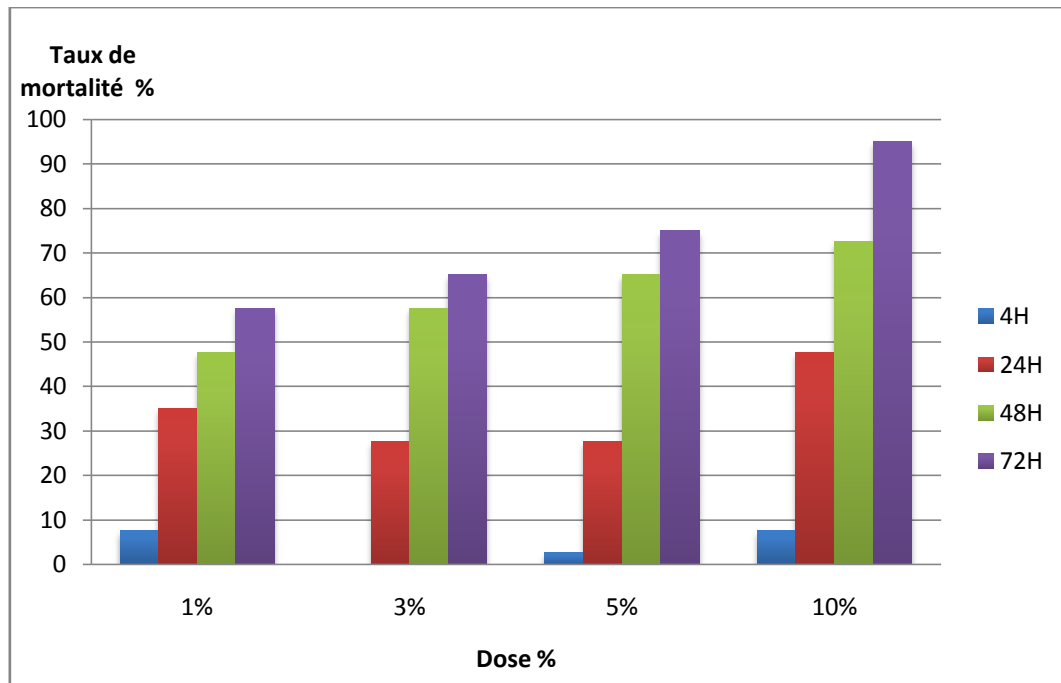


Figure 25. Mortalités cumulées des larves de *Culex pipiens* en fonction du temps et des différentes doses de Néroli.

La figure 25 indique que la mortalité moyenne augmente conjointement avec l'augmentation de la dose des extrais ainsi qu'avec l'augmentation de la durée d'exposition. Une mortalité d'environ 50% est enregistrée après 48h de contact avec l'insecticide et cela pour toutes les concentrations. Un taux de mortalité élevée avoisinant les 95% a été enregistrée 72 heures après l'exposition à une concentration de 10%.

1.4.2. Mortalité corrigée

Le tableau 5 représente le pourcentage de mortalité dans les 4 répétitions en fonction des 4 concentrations utilisées à savoir 0.755g/l (1%), 2.265g/l (3%), 3.775g/l (5%) et 7.55g/l (10%).

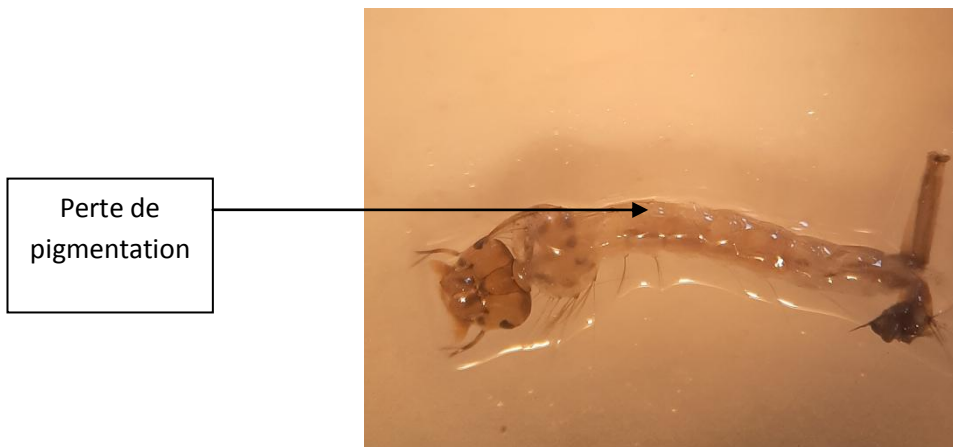
Tableau 5 : Taux de mortalité corrigée des larves de *Culex pipiens* soumises à Néroli.

Concentration Répétition	0 g/l	0,755g/l	2,265g/l	3,775g/l	7,55g/l
R1	0	80	50	60	90
R2	0	20	40	60	90
R3	0	26	36	36	56
R4	0	38	68	78	78
moyenne	0	41	48,5	58,5	78,5
Écart-type	0	27,05	14,27	17,23	16,03

D'après les quatre répétitions, il y a une corrélation entre l'augmentation de la concentration des extraits et le taux de mortalité. Une moyenne de 78,5 % de mortalité est observée après l'exposition à la dose la plus élevée 7.55g/l de l'extrait utilisé contre 41% de mortalité pour la dose la plus faible (0.755g/l).

1.4.3. Aspect morphologique

La morphologie d'une larve de *Culex pipiens* traitée avec l'extrait aqueux de néroli est représentée sur la figure 26.

**Figure 26.** Larve de *Culex pipiens* traitée avec l'extrait aqueux de néroli

La figure 26 met en évidence l'aspect morphologique des larves traitées par le néroli, on remarque une déformation, ainsi que la formation d'une couche blanchâtre à la surface du corps, indiquant une dépigmentation, tandis que les larves du lot témoins ont une morphologie normale.

1.5. Moyenne des taux de mortalité observée

Tableau 6 : Taux de mortalité observée chez larves de *C. pipiens* traitées par l'extrait aqueux des quatre plantes.

Plantes	Témoin	1%	3%	5%	10%
Genêt à balais	10%	32,50%	42,50%	67,50%	92,50%
Faux acacia	5%	80%	90%	90%	97,50%
Géranium	10%	40%	77.50%	80%	92.50%
Néroli	15%	57,50%	65%	75%	95%

Le tableau 6 indique que les taux de la mortalité moyenne observée chez les larves de *Culex pipiens* varient proportionnellement selon la concentration des extraits de plantes testées. Une mortalité naturelle est enregistrée avec de faibles valeurs ne dépassant pas les 15%. La dose la plus forte (10%) a d'ailleurs occasionné une mortalité de 97.5% et 95% des larves traitées avec les extraits aqueux de faux acacia et de néroli successivement et 92.5% des larves traitées avec le genêt à balais et le géranium. Les taux de mortalités les plus élevés sont enregistrés avec l'extrait aqueux du faux acacia et cela avec les différentes doses. En effet, la mortalité avec l'augmentation des concentrations allant de 5% à 97,50%.

1.6. Paramètres toxicologiques des quatre plantes testées

Tableau 7. Activité larvicide des quatre plantes à différentes concentrations à l'encontre de *C. pipiens*.

plantes	Equation	coefficient de régression R ²	DI50 (g/l)	DI90 (g/l)
Genêt à balais	$y=1,68x+0,82$	0,899	3,171g/l	18,19g/l
Faux acacia	$y= 0,7x+0,72$	0,931	0,086g/l	6,68g/l
Géranium	$y=1,42x+0,27$	0,949	1,548g/l	12,08g/l
Néroli	$y= 0,98x+0,23$	0,865	1,724g/l	38,235g/l

Les Larves du 4^{ème} stade de *Culex pipiens* exposés à l'extrait des quatre plantes, présentent des moyennes de mortalités corrélées aux doses utilisées. La concentration de 3,171g/l, 0,086g/l, 1,548g/l, 1,724g/l d'extrait de genêt à balais, faux acacia, géranium et

néroli successivement, est nécessaire pour assurer une mortalité de 50% des larves des moustiques. Par contre, il faut une concentration de 18,19g/l, 6,68g/l, 12,08g/l, 38,235g/l d'extrait de genêt, faux acacia, géranium et néroli, pour une mortalité de 90% des larves. Le coefficient R^2 (0,865, 0,899, 0,931, 0,949) tend vers 1, indiquant le bon ajustement des modèles.

1.7. La régression linéaire de la mortalité moyenne en fonction des concentrations réalisées pour les quatre plantes.

Le traçage des droites de régression Probits= f (log doses), nous a permis d'obtenir les courbes illustrées par la figure 27 avec Y : valeur de probit, correspondant à l'effet insecticide (probit de mortalités) ; X : dose des extraits testés.

La figure 27 montre les droites de régression des quatre plantes testées, On observe une tendance linéaire montrant une corrélation entre l'augmentation de la concentration des extraits et les taux de mortalités enregistrés. La droite de régression après une exposition au genêt à balais est de la forme : $Y=1,68 X+0,82$, avec un $R^2 = 0,899$. Pour l'extrait du faux acacia, la droite de régression est de la forme : $Y= 0,7X+0,72$, $R^2 = 0,931$, pour l'extrait du géranium, la droite est de la forme : $Y=1,42X+0,27$, $R^2= 0,949$, tandis que pour l'extrait de néroli, la droite de régression est de la forme : $Y= 0,98X+0,23$, $R^2 = 0,865$ (Tab.7).

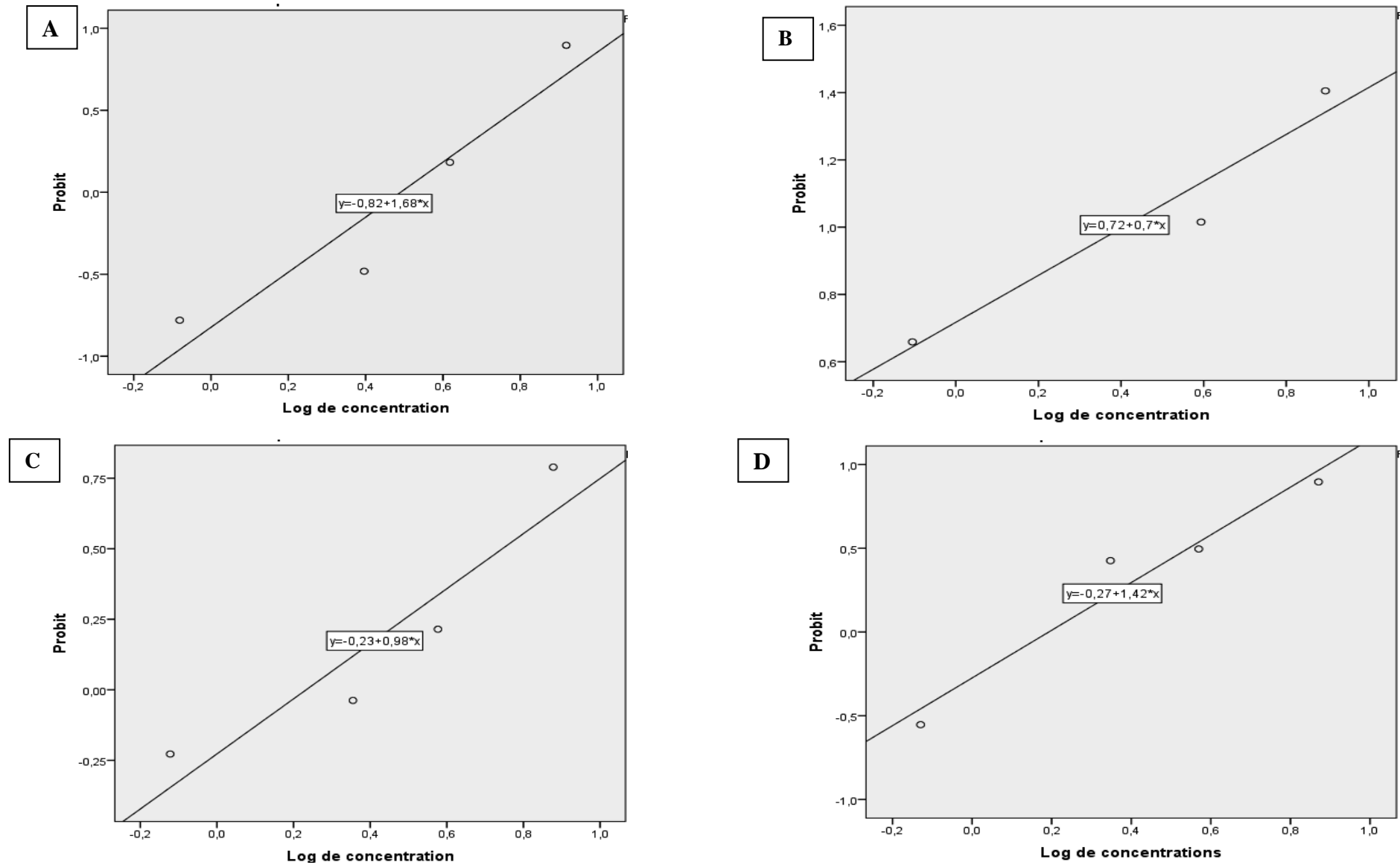


Figure 27. Régression linéaires de la mortalité moyenne en fonction des concentrations réalisées pour les quatre plantes (A: genêt à balais, B:Faux acacia, C: Néroli, D:geranium).

Discussion

Les plantes dans leur intégralité possèdent un complexe de produits chimiques qui s'appelle un principe actif, ayant une propriété toxique, anti virale, anti bactérienne ou anti fongique (Tennyson et *al.*, 2012).

Le géranium *Pelargonium graveolens*, est citée comme l'une des plantes les mieux appréciées et les plus utilisées en médecine traditionnelle, depuis longtemps et cela pour ses nombreuses propriétés thérapeutiques. C'est une source potentielle d'ingrédients actifs pour l'industrie alimentaire et pharmaceutique (Lis-Balchin, 2002; Saraswathi *et al.*, 2011; Ben Hsouna et Hamdi, 2012 ; Asgarpanah et Ramezanloo, 2015).

Selon El Ouadia *et al.*, (2017), la fraction acétate d'éthyle et la fraction éther diéthylique de l'extrait aqueux de *Pélargonium graveolens* présentent une bonne activité antioxydante, antibactérienne, antifongique ainsi qu'un effet acaricide .

Par ailleurs, les travaux de Sarrou *et al.*, (2013) ont démontrés L'activité antioxydante de différentes parties (fleurs, feuille, zeste) de *Citrus aurantium*.

L'effet inhibiteur des extraits de *Robinia pseudoacacia* sur la croissance de différents micro-organismes a été étudié par Szandra *et al.*, (2014), les résultats indiquent un bon effet antimicrobien contre les bactéries gram-négatives et gram-positives et *Fusarium proliferatum*.

Dans notre étude, nous avons estimé l'activité larvicide de quatre plantes à savoir: le genêt à balais (*Cytisus scoparius*), faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), géranium (*Pelargonium graveolens*) et le néroli (*Citrus aurantium*), sur les larves du quatrième stade de *Culex pipiens*.

Les résultats obtenus prouvent une sensibilité variable des larves, selon la nature de l'extrait, traduite par des taux de mortalité allant de faible à très élevé, en passant d'une concentration à une autre. Le pourcentage de mortalité obtenu est proportionnel aux doses utilisées, il augmente avec l'augmentation de la dose, comme le confirment Toubale *et al.*, (2019) dans leur étude sur l'effet larvicide des extraits d'*Urtica dioica* L.

Nos résultats prouvent également que l'activité larvicide évolue progressivement avec le temps d'exposition, en effet, une augmentation de mortalité est enregistrée, au fur et à mesure qu'on avance dans le temps d'exposition, parfois occasionnant un taux de mortalité qui avoisine les 100% et cela pour les doses les plus élevés. Nos résultats corroborent ceux

d'Aouati (2016), qui a étudié le potentiel d'action d'une dizaine de plantes (*Artemisia herba alba*, *Marrubium vulgare*, *Laurus nobilis*, *Eucalyptus globulus*, *Mentha spicata*, *Rosmarinus officinalis*, *Ruta montana*, *Thymus vulgaris*, *Lavandula officinalis* et *Origanum compactum*) à l'égard des larves du quatrième stade de *Culex pipiens*.

Des résultats similaires ont été également rapportés par Zerroug (2018), après étude de l'activité larvicide de huit plantes (*Eucalyptus globulus*, *Nerium oleander*, *Ocimum basilicum*, *Myrtus communis*, *Origanum majorana*, *Salvia officinalis*, *Nicotiana tabacum* et *Jasminum polyanthum*), sur les larves de *Culex pipiens*.

Nos résultats concordent ainsi parfaitement avec l'étude toxicologique effectuée par Ndione *et al.* (2007), qui indique que les substances actives contenues dans l'extrait de Neem sont libérées lentement induisant une mortalité progressive.

L'effet toxique de ces extraits est mis en évidence par la concentration létale DL50 et DL 90 de chaque plante. Il apparaît clairement que le faux acacia (*Robinia pseudoacacia*) possède une activité larvicide intéressante et supérieure aux autres plantes testées, engendrant un taux de mortalité élevé de 97.50% pour une dose de 7.85g/l, après 72h d'exposition. C'est également l'extrait qui agit à des concentrations relativement faibles DL50= 0.086g/l.

L'extrait du géranium agit à des concentrations légèrement plus élevées comparé au faux acacia, avec un DL50= 1.548g/l après 72h d'exposition,

Suivi par le néroli qui engendre après 72h de contact, une mortalité de 95% pour la concentration de 7.55g/l, la dose létale calculée pour cet extrait est égale à 3.171g/l.

Enfin, l'extrait aqueux de Genêt à balais qui a causé une mortalité de 92.50% des larves traitées pour la dose de 8.3g/l après 72h d'exposition avec une DL50=3.171g/l.

Toutefois, ces extraits agissent à des concentrations légèrement plus faibles en les comparant aux concentrations létales d'autres plantes tel que *Eucalyptus globulus* dont le DL50= 3.57 g/l) (Zarroug, 2018) et *Urtica dioica L.* avec un DL50=4,48g/l, testé par Toubal *et al.*,(2019) dont l'effet toxique semble moins important.

Des travaux effectués par Mwaiko (1992), Mwaiko et Savaeli (1994) ont rapporté que les extraits de *Citrus* possèdent un bon potentiel larvicide contre les culicidés, notamment contre *Aedes Albopictus*. D'autres auteurs tel que Chansang *et al.*, (2005) ont indiqué une toxicité élevée des extraits de cinq plantes médicinales du genre *Citrus* contre le quatrième stade

larvaire de *Culex quinquefasciatus*. Les mêmes faits sont également rapportés dans d'autres études portant sur l'effet bioinsecticide des huiles essentielles de *Citrus aurantium* sur *Culex pipiens* (Melliou Eleni, 2009 ; Michaelakis, 2009 ; El Akhal *et al.*, 2014; Sayah, 2014)

En dehors des moustiques, le genêt à balais (*Cytisus scoparius*) qui a engendré une mortalité de 92.50% au bout de 72h d'exposition sur les larves de *Culex pipiens* est également identifié par Ben Mammam *et al.* (2018) comme étant un bon biocide à l'égard de l'espèce ravageuse de puceron noir de la fève (*Aphis fabae*).

Quant à *Pelargonium graveolens*, ce sont surtout les extraits des huiles essentielles qui ont fait l'objet (Fanny, 2008).

Selon Jeyabalan *et al.*, (2003), l'extrait des feuilles de *Pelargonium citrosa* agit sur les larves d'*Anopheles stephensi* en induisant des malformations corporelles, une faiblesse, ainsi qu'un ralentissement des mouvements. Ces mêmes effets étaient également remarqués, pendant nos expériences, où plusieurs larves ont présenté des déformations morphologiques.

D'autres chercheurs ont mis en évidence des anomalies corporelles induites par l'activité larvicide des extraits de plantes à l'égard des larves de moustiques. Koua et ces collaborateurs en 1998, ont démontré que l'intestin moyen des larves d'*Anopheles gambiae* traitées à l'extrait aqueux de l'avocatier *Persea americana* était la partie la plus affectée.

Les cellules de la partie antérieure de l'estomac chez les moustiques absorbent les graisses, tandis que celles de la partie postérieure, absorbent majoritairement les éléments toxiques, ce qui laisse penser qu'elles sont les premières à être endommagées (Al-Mehmadi *et al.*, 2010).

En effet, des dommages morphologiques graves des cellules épithéliales au niveau des caeca gastriques sont observés chez les larves d '*Aedes aegypti* traitées par le neem (Ndione *et al.*, 2007).

Zerroug (2018) a déduit que l'extrait agit comme un poison qui agit par ingestion sur le système digestif des larves du moustique, aussi révèle que la pathologie évolue par étapes jusqu'à l'éclosion et la dégénérescence totale des cellules des larves exposés.

Conclusion

Au terme de cette étude, l'efficacité larvicide des extraits aqueux de quatre plantes à savoir; *Robinia pseudoacacia*, *Citrus aurantium*, *Pelargonium graveolens*, *Cytisus scoparius*, testées sur les larves du quatrième stade de *Culex pipiens* indique un effet toxique traduit par des taux de mortalité variable selon la nature de l'extrait.

L'évolution du taux de mortalité des larves traitées est en progression dans le temps (interaction dose-temps) et varie en fonction de la dose (relation dose-réponse).

L'effet d'extraits se caractérise par les déformations morphologiques apparentes sur les larves traitées.

Les essais toxicologiques ont permis de déterminer les concentrations sous létales et létales des extraits aqueux à l'égard des larves du quatrième stade de *C. pipiens*.

- L'extrait *Robinia pseudoacacia* a engendré un taux de mortalité élevé de 97.50%, après 72h d'exposition, il agit à des concentrations relativement faibles avec un DL50 de 0.086g/l
- L'extrait de *Pelargonium graveolens* a induit une mortalité de 92.50% après 72h d'exposition, son DL50 est de 1.548g/l.
- L'extrait de *Citrus aurantium* présente une mortalité de 95% après 72h de contact, pour la concentration la plus élevée, la dose létale calculée pour cet extrait est égale à 3.171g/l.
- Enfin, l'extrait aqueux de *Cytisus scoparius* a causé une mortalité de 92.50% des larves traitées après 72h d'exposition. La dose létale DL50 est de 3.171g/l.

De tous les extraits utilisés, il apparait clairement que *Robinia pseudoacacia* est le plus efficace envers les larves de *Culex pipiens*.

Perspectives

Au demeurant, la présente étude constitue un premier pas vers l'évaluation des extraits comme biocide naturel et mérite d'être reprise et développée, de manière à établir :

- Une étude de la toxicité des différentes parties des plantes séparément (feuilles, racines, fleurs) pour déduire les parties toxiques.
- Des fractionnements de ces extraits totaux afin de préciser la nature des molécules actives et améliorer les valeurs des concentrations létales.
- Effectuer une étude morphométriques, histologiques, biochimiques traitée pour démontrer l'effet de ces extraits sur les larves.
- l'identification des mécanismes et des sites d'actions des plantes testées sur les larves de moustiques.
- Evaluer la toxicité de ces extraits sur d'autres espèces de moustiques, ainsi que sur la faune associée et déduire son impact sur l'environnement.
- Etudier l'effet insecticide des plantes sous formes huiles essentielles afin de déterminer l'effet répulsif sur les adultes.
- A l'avenir, il serait intéressant de compléter cette recherche et d'évaluer l'efficacité sur terrain dans des conditions naturelles.

1. **Abbot W.S., 1925** -Méthode de calcul de l'efficacité d'un insecticide. JEcon Entomol 18:265-266.
2. **Adisso D. N., et Alia A.R., 2005**- Impact des fréquences de lavage sur l'efficacité et la durabilité des moustiques à longue durée d'action de types Olyset Net ® et Permanet ® dans les conditions de terrain. Mém. Doctorat. 79P.
3. **Aïssaoui L. et Boudjelida H., 2014**- Larvicidal activity and influence *thuringiensis* (Vectobac G), on longevity and fecundity of mosquito species. Euro. J. Exp. Bio., 4 (1), 104-109.
4. **Al-Mehmadi R.M. & Al-Khalaf A.A., 2010**- Larvicidal and histological effects of Melia azedarach extract on *Culex quinquefasciatus* Say larvae (Diptera: Culicidae). Journal of King Saud University - Science 22(2), 77-85,
5. **Amara K et al ., 2016**-Ecological differentiation of members of the *Culex pipiens* complex, potential vectors of West Nile and Rift Valley Fever virus in Algeria . Article. Pasteur institute of Algeriz Entomology Unit, Department Parasitic and population genetique Eco-epidemiology, Algiers , Algeria , 11p.
6. **Amraoui F., Krida G., Bouattour A., Rhim A., Daaboub J., Harrat Z., Boubidi S.-C., Aouati A., 2016**-Etude de la toxicité de certaines plantes sur les larves de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae). Thèse de Doctorat, université des frères Mentouri. Constantine. Algerie. 129p.
7. **Asgarpanah. J, Ramezanloo.F., 2015**-An overview of Phytopharmacology of *Pelargonium graveolens* L. Indian Journal of dr Knowledge 14: 558-563.
8. **Balenghien T., 2006**- Identification des vecteurs du virus West Nile à la modélisation du risque d'infection en Camargue. Thèse d'Université en ligne à <http://tel.archives-ouvertes.fr>.
9. **Balenghien T., 2007**-Les moustiques vecteurs de la Fièvre du Nil occidental en Camargu. .In.Insectes. 146(3) :13-17.
10. **Becker N., 1998** - The use of *Bacillus thuringiensis* sub sp. israelensis (BTI) against mosquitoes, with special emphasis of the ecological impact. Israel Journal of Entomology XXXII : 63-69.
11. **Benkalfate-El.H.C., 1991**-Cartographie écologique de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) En milieu urbain (Ville de Tlemcen Algerie), recherche de causalites de la dynamique démographique des stades pré imaginaux .Thèse de Magister , université de Tlemcen.144p.

Références Bibliographie

12. **Berchi S., 2000-** Bio écologie de *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte. *Thèse Doc. Es. Scien. Univ. Constantine*, 133p.
13. **Berchi S., Aouati A., and Louadi K., 2012 -** Typology of favourable biotopes to the larval development (Diptera-Culicidae), source of nuisance at Constantine (Algeria). *ecologia mediterranea*.Vol (3 8)2.
14. **Berchi S., Boulknafd F ., Louadi K., 2012-** Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique*, 63 (3): 203-206.
15. **Berge TO., 1975 -** International catalogue of Arboviruses, including certain other viruses of Vertebrates. US Depart. Hlth. Educ. And Welfare.Public.N°75-8301, 2 edit. bioinsecticides (Spinotoram and Vertemic) compared with methomyl against *Culex pipiens* and *Anopheles multicolor*. *World journal of agricultural sciences*, 4(2), 198-205.
16. **Ben-Ammar R , Francesco R, Shankar-Aguilera S et Daniele De Luca , Lucia De M , Nadya Y.,2018-** Le score de l'échographie pulmonaire prédit les besoins en tensioactifs chez les nouveau-nés extrêmement prématurés 10p.
17. **Ben Hsouna A & Hamdi., 2012-**Composition phytochimique et activités antimicrobiennes des huiles essentielles et extraits organiques de *pélargonium graveolens* poussant en Tunisie 7p , 11:167.
18. **Bouabida H, Djebbar F & Soltani N., 2012-** Etude systématique et écologique des moustiques (Diptera :Culicidae) dans la région de Tébessa (Alegria)
19. **Boukhatem M N. Hamaidi M S., Saidi F., Hakim Y ., 2010-**Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du *Géranium Rosat* (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie).; *Revue « Nature et Technologie »*. Nat Technol 3: 37–45.
20. **Boukhatem MN, Saidi F, Hamaidi MS, Hakim Y, Mekarnia M ., 2011-** Culture et exploitation industrielle du géranium rosat (*Pelargonium graveolens*) en Algérie : état des lieux et perspectives. *Phytothérapie* 9: 304–305.
21. **Boyer S., 2006 -** Résistance métabolique des larves de moustiques aux insecticides: Conséquences Environnementales. *Thes. Doc., Univ. Joseph Fourier-Grenoble I*, 65p.
22. **Bregues C., Hawkes N J., Chandre F., McCarrolls L., Duchon S., Guillet P., Manguin S., Morgan J. & Hemingway J., 2003-** Pyrethroid and DDT cross-resistance in *Aedes aegypti* is correlated with novel mutations in the voltage-gated sodium channelgene. *Medical and Veterinary Entomology*, 17: 87-94.

Références Bibliographie

23. **Brown A. W. A., 1967** - The present status of control of *Culex pipiens fatigans*. *Bull. Org. Mond. Santé.* (37) : 297-299.
24. **BRUNHES I., RHAÏM A., GEOFFROY B., ANGEL G. , HERVY J.P., 1999**- Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne, Logiciel d'identification et d'enseignement, I.R.D., édition.
25. **Carnevale P., 1995**- La lutte anti vectorielle, perspectives et réalités. Unité de lu formation, Division de lu Lutte contre les Maladies Tropicales, Organisation Mondiale de la Santé, Médecine Tropicale, 55, 4s.
26. **Chandre F., Darriet F., Manga L., Agokbetom., Faye O., Mouchet J., Guillet p., 1999**-Status of pyrethroid resistance in *Anopheles gambiae sensulato*. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 77 : 230-234.
27. **Chansang U., N. Zahiri, S. Bansiddhi, Jaree, B. Thidarat, T. Ratom, M. Jiranuch, B. Nipa, Mulla, S. Mir., 2005**-Mosquito larvicidal activity of aqueous extracts of long pepper (*Piperretrofractum vahl*) from Thailand, *J. vect. Ecol.*, 30 (2005) 195.
28. **Choochote W., Chaiyasit D., Kanjanapothi D., Rattanachanpichai E., Jitpakdi A., Tuetun B. & Pitasawat B., 2005**. Chemical composition and anti-mosquito potential of rhizome extract and volatile oil derived from *Curcuma aromatica* against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Vector Ecol* 30(2), 302–309.
29. **Coutin R., 1988**- Les moustiques: des insectes nuisibles présents partout. Biologie des espèces.de *Bacillus sphaericus*, Neide, 1904, pour la lutte contre les moustiques. Thèse Doctorat d'Etat, Paris, 215, 215 pp.
30. **Darriet F., 1998** - La lutte les moustiques nuisant et vecteurs de maladies. Khartala-orstom, Paris.91P.
31. **Darriet F., Marcombe S et Corbel V., 1984**- Insecticides larvicides et adulticides alternatifs pour les opérations de démoustication en France. Institut des recherches pour le développement IRD.
32. **El kady G A., Kamal N H., Mosleh Y and Bahgat I M., 2008**- Comparative toxicity of two bioinsecticides (Spinotoram and Vertemic) compared with methomyl against *Culex pipiens* and *Anopheles multicolor*. *World journal of agricultural sciences*, 4(2), 198-205.
33. **Euzeby J., 2008**- Grand dictionnaire illustre de parasitologie médicale et vétérinaire. Paris: Editions Tec & Doc. p 818.
34. **Faraj C., 2006**- Elkohli M, Lyagoubi M. Cycle gonotrophique de *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae), vecteur potentiel du virus West Nile, au Maroc : estimation de la durée en laboratoire. *Bulltin de Sociologie et Pathologie Exot*, 119-121.

Références Bibliographie

35. **Farajollah A., 2015-** Crans Wj., Bryant P., Burkhalter K.I et Godsey Ms. Detection of West Nile viral RNA from an overwintering pool of *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae) in New jersey. J Med Entomol. 42 : 490-494.
36. **Fargues J et Bourguet D., 2005-**La lutte microbiologique contre les insectes ravageurs des cultures: contraintes, bilan et perspectives. Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. E. T. DOC. Paris-Londres-New-York, Lavoisier: 1013.
37. **Fondje O., Robert V., Legoff G., Toto J.C & CARNEVALE P., 1992-** R Le paludisme urbain à Yaoundé (Cameroun) : étude entomologique dans deux quartiers peu urbanisés. Bull. Soc. Path. Ex., 7 4 85, 1992, 57-63.
38. **Fournier J ., 2003-** Insecticides. In: Chimie des Pesticides. Ed. Des trois Moutiers, Vienne, 235 320.
39. **Gabrielle Tora Y Caro., 2005-**Evaluation in vitro de l'efficacité du fipronil sur *Culex pipiens pipiens* .47p.
40. **Gashen, H., 1932-** Influence de la température et de la diminution larvaire sur le développement de *Culex pipiens* (race autogène). Bull. Soc. Path. Exot., 25 : pp. 577-581.
41. **Ghédira K et Goetz P., 2015-** *Citrus aurantium* L.var. *amara* Link. *Phytothérapie* **13**, 320-327.
42. **Ghosh A., Chowdhury N. & Chandra G., 2012-** Plant extracts as potential mosquito larvicides. *The Indian journal of medical research* **135**(5), 581.
43. **Guillaumot L., 2006-**Les moustiques et la dengue. Institut pasteur de Nouvelle. Calédonie.15p. Article. Site :Institut posteur. Hyperlien(url):http://www.institutpasteur.nc/article.php?id_article=78 consulté le 13.09.10.
44. **Guyatt MD., Jack Sinclair M., Deborah J.,Cook, MD, MS.,1999-** For the Evidence-Based Medicine Working Group and the Cochrane Applicability Methods Working .Group *JAMA*. 281(19):1836-1843. doi:10.1001/jama.281.19.1836.
45. **Hamon J. et Mouchet (J.), 1967-**La résistance aux insecticides chez *Culex pipiens fatigans* wiedmann. Bull. Org. mond. Santé, 37 : 277-286.
46. **Hassaine K., 2002** - Les Culicides (Diptera- Nematocera) de l'africque méditerranéenne. Bioécologie d'*Aedes caspius* et d'*Aedes detritus* des marais salés, d'*Aedes mariaae* des rock Pools littoraux et de *Culex pipiens* des zones urbaines de la région occidentale algérienne. Thèses Doc. d'état. Univ. Tlemcen : 203p.

47. **Himmi O., Dakk M., Trari B., Elagbani M.E., 1995** - Les Culicidae du Maroc : clés d'identification avec données biologique et écologique. Travaux de l'institut scientifique (N44).Rabat(Maroc).
48. **Himmi O., 2007**-Les diptères (Insectes, Diptères) du Maroc systématiques, Ecologique et études de épidémiologiques pilotes.Thes.Doc.,Univ Mohamed V, Rabatt, pp289.
49. **Janin J., 2006**-Intoxication volontaire par ingestion d'huile essentielle de Géranium bourbon (*Pelargonium Graveolens*). A propose d'un cas réunionnais. Thèse de doctorat en médecine. Université Henri Poincaré NANCY I : 108 p.
50. **Jeyabalan et al, 2003**- Studies on effects of *Pelargonium citrosa* leaf extracts on malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston. *Bioresource Technology* 89 (2003) 185-189.
51. **Jolivet., 1980** - Les insectes et l'homme.PUF, collect. Que sais-je ?,128 p.
52. **Karch (S.), 1987**-Etudes au laboratoire et dans les conditions naturelles de l'activité larvicide de *Bacillus sphaericus neide*, 1904, pour la lutte contre les moustiques, docteur d'état est sciences (sciences naturelles) 221p.
53. **Kettle D.S., 1995** - Médical and veterinary Entomology, 2nd ed. Walling forde :CAB International, 725p.
54. **Kosone T., Takagi, H., Horiguchi N., Kakizaki S., Sato K., 2008**- Transforming growth factor-alpha accelerates hepatocyte repopulation after hepatocyte transplantation. *J Gastro enterol Hepatol*, 23., 260-266, 1440-1746 (Electronic), 0815-9319 (Linking).
55. **Koua M., 1994**- Devision de recherche en zones de savanes , Département Foresterie , INSTITUT DES FORETS . Korhogo, Cirad-Foret 42 p
56. **Krida G., Bouattour A., Rodhain F., Failloux AB., 1998** - Variability among Tunisian populations of *Culex pipiens*: genetic structure and susceptibility to a filarial parasite, *Brugia pahangi*. *Parasitol Res* 84: 139-142.
57. **Little, E.L., 1971**-Atlas of United States trees, vol. 1. Conifers and important hardwoods. U.S. Department of Agriculture, Miscellaneous Publication 1146. Washington, DC. 9 p., 313 maps.
58. **Lefèvre P.C., Blancou J., Chermette R., 2003** - Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail en Europe et en Régions Chaudes, Editions Tec&Doc. Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France Année 2005 158-1 p. 77

Références Bibliographie

59. **Le Guenno B., Bougermouh A., Azzam T. & Bouakaz R., 1996** -West Nile: a deadly virus? The Lancet **348**(9037), 1315.of *Bacillus*
60. **Linnée C., 1758** - Systema naturae per regna tria naturae. Edition 10. Vol.1.Holmiae: 824 p.
61. **Matile L., 1993**-R Diptères d'Europe occidentale. Ed. Boubée, Paris ,T. I,439 p.
62. **Meigen (J.-W.), 1818**- Systematische Beschreibung der bekannten europäischen zweiflügeligen Insekten. Aachen und Hamm,7 fasc., 1818-1838.
63. **Messai N., Berchi S., Boulknafd F. & Louadi K., 2010**-Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). Entomologie faunistique – Faunistic Entomology 63(3), p. 203- 206.
64. **Miller M., 2002**-*Geranium and Pelargonium*. The taxonomy of Geranium species and cultivars, their origins and growth in the wild (Ed) Taylor & Francis. South Bank University, London, UK, 49-79.
65. **Muriel M., 2005**- Evaluation in vitro de l'efficacité du fipronil sur *Culex pipiens*. thèse pour obtenir le grade de docteur veterinaire à Toulouse .
66. **Mwaiko, G.L. and Z.X.1994**- *Savaeli.*, *Lemon peel* oil extract as mosquito larvicide. *East Afr. Med.J.*, 71 (1994) 797-799.
67. **Mwaiko, G.L.,1992**- *Citrus peel* oil extracts as mosquito larvae insecticides. *East Afr. Med. J.*, 69 (1992) 223-226.
68. **Ndione R.D.,Faye O., Ndiaye M., dieye A.et Aeoutou J.M.,2007**-Toxic effects of neem products (*Azaadirachta indica* A.Juss) on *Aedes aegypti* Linnaeus 1762 larvae. *African Journal of Biotechnology* 6(24).
69. **OMSb ,1988**- lutte contre les vecteurs et les nuisible en milieu urbain. Onzième rapport du comité OMS d'expert de la biologie des vecteurs.et de la lutte anti vectorielle.
70. **OMS, 2004**.-Questions fréquemment posées à propos de l'utilisation du DDT pour la lutte antivectorielle., 54
71. **OMS., 1963** - Méthode à suivre pour déterminer la sensibilité ou la résistance des larves de moustiques aux insecticides. In résistance aux insecticides et lutte contre les vecteurs. Treizième rapport du comité OMS d'experts des insecticides, Genève : OMS, Sér. Rapp. Techn. 265: 55-60.
72. **OMSc., 1974**- Manuel pratique du lutte antilarvaire dans les programmes anti paludiques.
73. **Pates, H. et Curtis, C. 2005**- Mosquito behavior and vector control. *Annual Review Of Entomology* **50**: 53-70.

74. **Pavela R., 2008**-Larvicidal effects of various Euro-Asiatic plants against *Culex quinquefasciatus* Say larvae (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res* **102**(3), 555–559, DOI:10.1007/s00436-007-0821-3.
75. **Pilo-Moron E., Vincent J. & Corroller Y.L., 1970**- Isolation of a West Nile virus from the extreme south of the Algerian Sahara (Djanet). *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie* **48**, 181–184.
76. **Pressat R., 1905**- L'analyse démographique. Paris, Presses Universitaires de France, 498 p.
77. **Rehimi N. & Soltani N., 1999**-Evaluation en laboratoire d'Alsystin, un inhibiteur de la synthèse de la chitine, contre *Culex pipiens pipiens* (Dip., Culicidae) : effets sur le développement et la sécrétion de la cuticule. *J. Appl. Entomol.*, 123, 437-441.
78. **Ressiguiet P., 2011**-Contribution à l'étude du repas sanguin de *Culex pipiens pipiens*. Thèse d'exercice, école nationale de Toulouse-ENTV., 80.
79. **Robert V., 1989**-La transmission du paludisme humain : La zone des savanes d'Afrique de l'Ouest. Thèse Doctorat d'Etat, Paris, 325pp.
80. **Rodhain F., Perez C., 1985** - Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Ed. Maloine S. A. Paris . 458 p.
81. **Roman E., 1960**- élevage en série du moustique citadin *Culex pipiens fatigans* Wiedemann 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de Savane Soudanienne ouest-africaine. Longévité et déplacement d'adultes marqué avec des poudres fluorescentes. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. ent. Med. Et parasitol.* (1), 3-36.
82. **Rosine J., 1999**- Résistance d'*Aedes aegypti* et de *Culex pipiens quinquefasciatus* aux insecticides organophosphorés, biologiques et aux pyréthriinoïdes en Martinique et en Guadeloupe. DEA Santé publique et pays en voie de développement, université Paris-VI.
83. **Roth M. 1980** - Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes, ORSTOM, Paris. 259P.
84. **Sahir-Halouane F, Benzina F et Hamid S., 2021**- Évaluation de l'activité larvicide de *Bacillus thuringiensis* vis à vis des larves du 4ème stade de moustique domestique *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae). University M'Hamed Bougara of Boumerdes. 11p.90-99.
85. **Saraswathi V ,Michael J.Puglisi Alyssa H.Hasty., 2011**-Le rôle du tissu adipeux dans la médiation des effets bénéfiques de l'huile de poisson alimentaire ,Le Journal de la biochimie nutritionnelle P 101-108.

86. **Sarrou Simona E , Podgrabinska,Melanie Cassella,Sathish Kumar Mungamuri,Nikki Feirt Ronald Gordon,Chandandeeep S. Nagi,Yarong Wang,David Entenberg, Joh Condeelis,Mihaela Skobe Suwendu Das.,2013**-Tumor cell entry into the lymph node is controlled by CCL1 chemokine expressed by lymph node lymphatic sinuses, *Exp Med (2013) 210 (8): 1509–1528*.
87. **Seguy E., 1947**-La vie des mouches et des moustiques. *P. Lechevalier* (ed.), Paris, 252 p.
88. **Soltani N., Bendali F & Djebbar F., 2001**-Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* L. dans des conditions de laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Département de Biologie Faculté des Sciences, Université Badji-Mokhtar 23000 - Annaba (Algérie), 57: 255-265.
89. **Szandra D, Gábor D, Katalin P, László F., 2014**- les effets inhibiteurs de croissance des métabolites bioactifs dans les extraits de bois de *Robinia pseudoacacia* L. inhibent la croissance de divers micro-organismes, DOI:10.17202/JUSO.2014.1.28 .
90. **Tennyson S, Ravindran J, Arivoli S.,2012**- Screening of twenty five plant extracts for larvicidal activity against *Culex quinquefasciatus* say (Diptera: Culicidae). The Asian pacific journal of Tropical biomedicine. doi.; 10(12):4.
91. **Thierry Damien A.O., 2011**-Lutte bio-écologique contre *Culex pipiens quinquefasciatus* en milieu urbain au Burkina faso. Thèse de doctorat en Entomologie, Université de Ouagadougou.127p
92. **Tijane M., Sarih M. & Failloux A.-B., 2012**- *Culex pipiens*, an Experimental Efficient Vector of West Nile and Rift Valley Fever Viruses in the Maghreb Region. *PLOS ONE* 7(5), e36757, DOI:10.1371/journal.pone.0036757.
93. **Yébakima A., 1991**- Recherches sur *Aedes aegypti* et *Culex pipiens* en Martinique : écologie larvaire, résistance aux insecticides, application à la lutte. Thèse de doctorat d'États sciences, université Montpellier-II.
94. **Zerroug S., 2018**. Etude biométrique et histologique sur des larves de *Culex pipiens* Linnée, 1758 (Diptera , Culicidae) Exposées aux extraits aqueux de plantes .Thèse .Doc. : 759

Annexes I

Tableau 1. Les températures et l'humidité de laboratoire.

date	Température	humidité
11-avril	22,5C°	52%
12-avril	22,8C°	51%
13-avril	19,1C°	56%
14-avril	20,5C°	53%
15-avril	18,8C°	66%
18-avril	18,4C°	53%
19-avril	19,1C°	44%
21-avril	21,1C°	47%
22-avril	18,5C°	59%
25-avril	21,9C°	57%
27-avril	19,8C°	63%
29-avril	24C°	51%
02-mai	20,3C°	58%
04-mai	24,3C°	59%
06-mai	20,9C°	70%
10-mai	25,2C°	50%
16-mai	25,4C°	43%
19-mai	26,8C°	45%
20-mai	26,2C°	44%
22-mai	27C°	45%
24-mai	25,1C°	49%
25-mai	25,1C°	40%
02-juin	25,7C°	59%
03-juin	28,4C°	49%
05-juin	26,1C°	64%
06-juin	25,2C°	70%
07-juin	27,5C°	60%
08-juin	28,3C°	50%
13-juin	29,8C°	34%
14-juin	29,6C°	39%
15-juin	29,8C°	36%
16-juin	30,9C°	35%
20-juin	27,4C°	59%
21-juin	28,9C°	40%
22-juin	31,2C°	33%
23-juin	28,6C°	47%
24-juin	28,4C°	44%
27-juin	27,5C°	59%
28-juin	28,1C°	49%
13-juillet	32,6C°	44%
14-juillet	31,6C°	33%
Somme	1038,4	2059%
Moyenne	25,3268293	50%
Écart-type	4,04839625	0,09920968

Annexes I

Tableau 2. Mortalités cumulées des larves de *Culex pipiens* en fonction du temps et des différentes doses de genêt à balais.

Genêt à balais				
Temps Doses	4H	24H	48H	72H
1%	2.5%	20%	30%	32.5%
3%	10%	22.5%	30%	42.5%
5%	20%	32.5%	57.5%	67.5%
10%	27.5%	67.5%	77.5%	92.5%

Tableau 3. Mortalités cumulées des larves de *Culex pipiens* en fonction du temps et des différentes doses de faux acacia.

Faux acacia				
Temps Doses	4H	24H	48H	72H
1%	5%	47.5%	65%	77.5%
3%	5%	55%	77.5%	90%
5%	5%	47.5%	80%	92.5%
10%	12.5%	47.5%	72.5%	95%

Tableau 4. Mortalités cumulées des larves de *Culex pipiens* en fonction du temps et des différentes doses géranium.

Géranium				
Temps Doses	4H	24H	48H	72H
1%	5%	12.50%	25%	40%
3%	2.50%	17.50%	52.50%	77.50%
5%	5%	17.50%	42.50%	80%
10%	7.50%	47.50%	77.50%	92.50%

Annexes I

Tableau 5. Mortalités cumulées des larves de *Culex pipiens* en fonction du temps et des différentes doses de néroli.

Néroli				
Temps Doses	4H	24H	48H	72H
1%	7.5%	35%	47.5%	57.5%
3%	0%	27.5%	57.5%	65%
5%	2.5%	27.5%	65%	75%
10%	7.5%	47.5%	72.5%	95%

Résumé

Résumé :

La toxicité des extraits aqueux de quatre plantes à savoir: *Cytisus scoparius*, *Robinia pseudoacacia*, *Pelargonium graveolens* et *Citrus aurantium* ont été testées sur les larves de quatrième stade de *Culex pipiens*, selon les conditions du laboratoire, à différentes concentrations 1%, 2%, 5%, 10%, avec un total de 4 répétitions, en appliquant le Protocole d'OMS. Ces extraits entraînent une mortalité de 97.50%, 95%, 92.50% et 92.50%, à la dose 10%. Les doses létales DL50 sont de 0.086g/l, 7.55g/l, 1.548g/l et 3.171g/l pour *Robinia pseudoacacia*, *Citrus aurantium*, *Pelargonium graveolens*, *Cytisus scoparius*, respectivement. Des déformations morphologiques remarquables sont observées chez les larves traitées avec les extraits de plantes comparativement aux larves témoins. Ces résultats montrent les propriétés larvicides importantes des extraits testés contre les larves de *Culex pipiens*.

Mots-clés : Extraits aqueux, larvicide, *Cytisus scoparius*, *Robinia pseudoacacia*, *Pelargonium graveolens*, *Citrus aurantium*, *Culex pipiens*.

Abstract:

The toxicity of the aqueous extracts of four plants namely: *Cytisus scoparius*, *Robinia pseudoacacia*, *Pelargonium graveolens* and *Citrus aurantium* were tested on the fourth instar larvae of *Culex pipiens*, under laboratory conditions, using different concentrations 1%,2%,5%,10%, for a total of 4 replicates, following the WHO Protocol. These extracts caused 97.50%, 95%, 92.50% and 92.50% mortality at the 10% dose, LD50 lethal doses are in the range of 0.086g/l, 7.55g/l, 1.548g/l and 3.171g/l for *Robinia pseudoacacia*, *Citrus aurantium*, *Pelargonium graveolens*, *Cytisus scoparius* species, respectively. Morphological deformations were observed on larvae treated with the plant extracts compared to control larvae. These results show the important larvicidal properties of the tested extracts against *Culex pipiens* larvae.

Keywords: Aqueous extracts, larvicide, *Cytisus scoparius*, *Robinia pseudoacacia*, *Pelargonium graveolens*, *Citrus aurantium*, *Culex pipiens*.