

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

UNIVERSITÉ LARBI TEBESSI -TEBESSA-
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE APPLIQUÉE



Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Master L.M.D.

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Option : Biochimie Appliquée

Thème

**Etude bibliographique de l'effet larvicide de l'huile essentielle de
Rosmarinus officinalis à l'égard de *Culex pipiens* : Aspect
toxicologique**

M^{elle} SOUANE Khemissa

Elaboré par :

M^{elle} KECHROUD Sihem

Devant le jury

Dr. GHRISSI Bilel

MAA Université Larbi Tebessi -Tebessa-

Président

Dr. ZEGHIB Assia

MCA Université Larbi Tebessi -Tebessa-

Promotrice

Dr. BENLAKEHAL Ammar

MAA Université Larbi Tebessi -Tebessa-

Examineur

Date de soutenance : 27/06/2020

Note : /20

Mention :

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

UNIVERSITÉ LARBI TEBESSI -TEBESSA-
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE APPLIQUÉE



Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Master L.M.D.

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Option : Biochimie Appliquée

Thème

**Etude bibliographique de l'effet larvicide de l'huile essentielle de
Rosmarinus officinalis à l'égard de *Culex pipiens* : Aspect
toxicologique**

M^{elle} SOUANE Khemissa

Elaboré par :

M^{elle} KECHROUD Sihem

Devant le jury

Dr. GHRISSI Bilel

MAA Université Larbi Tebessi -Tebessa-

Président

Dr. ZEGHIB Assia

MCA Université Larbi Tebessi -Tebessa-

Promotrice

Dr. BENLAKEHAL Ammar

MAA Université Larbi Tebessi -Tebessa-

Examineur

Note : /20

Date de soutenance : 27/06/2020

Mention :

RÉSUMÉ



Abstract

ملخص

Résumé

Les moustiques *Culex pipiens* sont, sans aucun doute, parmi les insectes les plus répandus et les plus redoutés à la fois pour les désagréments que leur présence pose et pour les maladies transmissibles qu'ils peuvent transmettre lors d'un repas de sang, en plus d'être adaptés à différents environnements : propres et pollués, dans les zones rurales et urbaines. Pour lutter contre ce fléau, des quantités considérables d'insecticides chimiques de synthèse ont été utilisés dans le monde. La lutte contre les insectes nuisibles dont les moustiques comprend plusieurs méthodes, notamment, la lutte chimique et physique, mais la lutte biologique reste la plus sûre, la plus sélective et celle qui se biodégrade le mieux dans l'environnement telle que l'utilisation des huiles essentielles extraites de plantes comme insecticides.

Des recherches scientifiques antérieures ont prouvé que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* est l'une des huiles efficaces contre les moustiques car elle a montré une activité larvicide intéressante contre les larves L4 de *Culex pipiens* (en testant la toxicité).

Par conséquent, l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* devrait être utilisée plus largement dans la lutte contre les insectes.

Mots clés: *Culex pipiens*, Insecticides, *Rosmarinus officinalis*, Activité larvicide, Aspect toxicologique.

Abstract

Culex pipiens mosquitoes undoubtedly among the most widespread and most feared insects, both for the inconveniences that their presence poses and for the communicable diseases that they can transmit during a meal of blood, in addition to being adapted to different environments: and polluted in rural and urban areas. Considerable quantities of synthetic chemical insecticides have been used worldwide to control this scourge. pest control, including mosquitoes, includes several methods. Including chemical and physical control, but biological control remains the safest, most selective and most biodegradable in the environment such as the use of plant extract essential oils as insecticides.

Previous studies have shown that *Rosmarinus officinalis* essential oil is one of the effective oils against mosquitoes, because it has shown interesting larvicidal activity against L4 larvae. *Culex Pipiens* (By testing the toxicity).

Therefore, *Rosmarinus officinalis* essential oils should be used more widely in insect control.

Key words: *Culex pipiens*, Insecticides, *Rosmarinus officinalis*, Larvicidal activity, Toxicological aspect.

ملخص

تعتبر أنواع البعوض *Culex pipiens* من بين الحشرات الأكثر انتشارا و رعبا على حد سواء للإزعاج الذي يشكله وجودهم وللأمراض المنقولة التي يمكنهم نقلها أثناء وجبة الدم بالإضافة إلى ذلك فهي تتكيف مع بيئات مختلفة النظيفة والملوثة، المناطق الريفية والحضرية. ولمكافحة هذه الآفة تم استخدام كميات كبيرة من المبيدات الحشرية الكيميائية الاصطناعية في جميع أنحاء العالم. تشمل مكافحة الحشرات الضارة بما في ذلك البعوض على عدة طرق منها المكافحة الكيميائية، المكافحة الفيزيائية و غيرها. لكن المكافحة البيولوجية تظل الأكثر أمانا والأكثر انتقائية والأكثر تحللا في البيئة، بما في ذلك استخدام الزيوت العطرية المستخرجة من النباتات كمبيدات حشرية.

أثبتت الأبحاث العلمية السابقة أن زيت إكليل الجبل هو أحد الزيوت الفعالة ضد البعوض لأنه أظهر نشاطًا مثيّرًا للاهتمام ضد يرقات البعوض (*Culex pipiens* (L4) (من خلال اختبار السمية).

لذلك يجب استخدام الزيوت العطرية وخصوصا زيت إكليل الجبل على نطاق أوسع في مكافحة الحشرات.

الكلمات المفتاحية: *Culex pipiens*، المبيدات الحشرية، إكليل الجبل، نشاط اليرقات، الجانب السمي.

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier DIEU le miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'achever ce travail.

*Nous tenons à remercier vivement notre promotrice **Mme ZEGHIB Assia** qui nous a proposé le thème de ce projet, pour sa disponibilité, ses précieux conseils ses orientations et encouragements, tout au long de notre formation. Nous tenons à la saluer pour sa générosité et son ouverture d'esprit qui ont su nous laisser une large marge de liberté pour mener à bien ce travail.*

*Nous remercions vivement **Mr GHRISSI Bilel** pour avoir accepté de présider ce jury.*

*Nos vifs remerciements aux **Mr BENLAKEHAL Ammar** pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nous tenons à exprimer nos remerciements à tous les enseignants qui ont participé à notre formation, de près ou de loin.

Nous exprimons toute notre gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce manuscrit. Nous disons, ici, combien nous avons apprécié leur aide et leur amabilité.

Merci 

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mon père **AHMED** et ma mère **ZEHOUR** qui m'ont toujours soutenu tout au long de mes études. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

Aussi je dédie ce travail:

*A ma chère sœur : **RADHIA***

*A mes chers frères : **SALAH, Abedallah***

*Aux enfants de ma sœur : **AYOUB, KOUSSAI***

*A ma binôme **SIHEM** et sa famille.*

*A mon promotrice Mme **ZEGHIB ASSIA***

A Tous les enseignants qui m'ont donné l'occasion pour suivre mes études et réaliser ce travail.

A toute ma famille et à tous mes amis



Dédicaces

Je dédie cet humble travail à Mes parents

*Mon père **larbi** mon héros, cet homme de valeur, qui a fait de moi ce que je suis*

*Ma mère **farhîrebeha**, ma tendre et très chère mère, cet océan d'amour et d'affection, celle qui a toujours été là pour moi, mon meilleur coach*

*A mes chers frères : **Mourad, A. el Aziz, A. Elghafour** pour vous exprimer toute mon affection et ma tendresse*

*A mon binôme **Khemissa***

*A mes amies : **khaoula, sara, sihem, amel** et toute la promotion de master de Biochimie Appliqué*

*A ma promotrice **Mme Zeghib.A***

*A ma **grande famille** et **collègues** et tous ceux et toutes celles que j'ai involontairement omis de citer et qui n'en demeurent pas moins chers*



Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	La position systématique de <i>Culex pipiens</i>	06
02	Classification scientifique de <i>Rosmarinus officinalis</i>	16
03	Nomsvernaculaires de <i>Rosmarinus Officinalis</i>	17
04	Les principales familles trouvées dans le romarin	20
05	Les différentes classes terpénoïdes	22

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Photo d'une femelle de <i>Culex pipiens</i>	06
02	Œufs en nacelle de <i>Culex pipiens</i>	07
03	Nacelle de <i>Culex pipiens</i>	07
04	Larve de <i>Culex.pipiens</i>	08
05	Nymphe de <i>Culex pipiens</i>	08
06	Morphologie du moustique femelle <i>Culex pipiens</i>	09
07	Cycle évolutif de moustique <i>Culex pipiens</i>	10
08	<i>Rosmarinus officinalis</i>	17
09	Aspects morphologiques du romarin	18
10	<i>Rosmarinus officinalis</i>	18
11	Exemples de quelques compositions chimiques trouvées dans le romarin	20
12	Structure de l'isoprène (C ₅ H ₈)	22
13	Schéma d'un <i>Bacillus thuringiensis</i>	29
14	Mode d'action de la spore de Bt sur la larve de moustique	30
15	Montage de l'hydrodistillateur de type clevenger	34
16	Site d'élevage des <i>Culex pipiens</i>	36
17	Les étapes de la technique d'élevage	36

Liste des abréviations

<i>Cx. Pipiens</i>	<i>Culex pipiens</i>
<i>R. officinalis</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
AFNOR	Association Française de normalisation
C	Carbone
CL	Concentration létales
DEET	N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide
H	Heure
HE	Huile Essentielle
K+	Potassium
L	Litre
L4	Larve de stade 4
Ms	masse végétale sèche
ml	Millilitre
Na +	Sodium
P.P	Période de protection en heure
Rdt	Rendement
V	Volume d'huile essentielle Recueilli
ΔV	Erreur sur la lecture
°C	Degré Celsius
(%)	Pourcentage

Table des matières

Résumé

Abstract

ملخص

Dédicaces

Remerciement

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Etude bibliographique

Chapitre 1 : *Culex pipiens*

1.1. Généralités.....	06
1.2. Position systématique.....	06
1.3. Les principales caractéristiques.....	07
1.4. Caractères morphologique.....	07
1.4.1. Les œufs.....	07
1.4.2. Les larves.....	07
1.4.3. Les nymphes.....	09
1.4.4. Les imagos (l'adulte).....	09
1.5. Cycle évolutif	10
1.6. Bio-écologie du <i>Culex pipiens</i>	11
1.6.1. L'accouplement.....	11
1.6.2. La ponte.....	12
1.6.3. Recherche des hôtes.....	12
1.7. Facteurs de développement.....	12
1.8. Périodes d'activité.....	12
1.9. Intérêts dans l'écosystème.....	13
1.10. Les principales nuisances causées par le genre <i>Culex pipiens</i>	13
1.10.1. Les piqures.....	13
1.10.2. Transmission de maladie.....	13
1.11. Aperçu général sur les moyens de la lutte contre les moustiques.....	13
1.11.1. Lutte physique.....	14
1.11.2. Lutte chimique.....	14

1.11.3. Lutte biologique.....	14
-------------------------------	----

Chapitre 2: *Rosmarinus officinalis* (Huile essentielle)

2.1. Généralités	16
2.2. Historique.....	16
2.3. Classification.....	16
2.4. Etymologie.....	17
2.4.1. Noms vernaculaires	17
2.5. Distribution géographique.....	17
2.6. Descriptions botaniques.....	18
2.7. Les métabolites chez <i>Rosmarinus officinalis</i>	18
2.8. Composition chimique.....	19
2.9. Utilisations du romarin « <i>Rosmarinus officinalis</i> ».....	20
2.10. Huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>	20
2.10.1. Généralité.....	20
2.10.2. Répartition et la localisation dans la plante	21
2.10.2.1. Répartition.....	21
2.10.2.2. Localisation.....	21
2.10.3. Les propriétés physico-chimiques.....	21
2.10.4. Composition chimique des huiles essentielles.....	21
2.10.4.1. Groupe des terpéniques.....	22
2.10.4.2. Groupe des composés aromatiques.....	23
2.10.5. Fonction de l'huile essentielle dans la plante.....	23
2.10.6. Activité biologique.....	23
2.10.6.1. Activité antibactérienne.....	23
2.10.6.2. Activité antifongique.....	24
2.10.6.3. Activité antiviral.....	24
2.10.6.4. Activité Antiparasitaire.....	24
2.10.6.5. Activité antioxydante.....	24
2.10.6.6. Activité anti-inflammatoires.....	25
2.10.6.7. Activité anti-ovicide.....	25
2.10.6.8. Activité antispasmodique.....	25
2.10.6.9. Activité antiseptiques.....	25
2.10.7. Toxicité des huiles essentielles	25

Chapitre 3: Lutte biologique contre les insectes

3.1. Généralité.....	27
3.2. Définition de la lutte biologique.....	27
3.3. Principales formes de lutte biologique.....	27
3.3.1. Lutte biologique classique (par acclimatation).....	27
3.3.2. Lutte biologique par conservation.....	27
3.3.3. Lutte biologique par inondation ou inoculation.....	28
3.4. Les Principaux Organismes utilisés en lutte biologique.....	28
3.4. 1.Prédateurs.....	28
3.4.2. Parasitoïdes.....	29
3.4.3. Les micro-organismes.....	29
3.4.3.1. Les microchampignons.....	29
3.4.3.2. Les bactéries.....	29
3.4.3.3. Les Virus.....	30
3.5. Les avantages de la lutte biologique.....	30
3.6. Les inconvénients de la lutte biologique.....	31
3.7. Le monde botanique et les insecticides.....	31
3.7.1. Activité insecticide sur les moustiques vecteurs de pathologies humaines.....	31
3.5.1.1. <i>Culex pipiens</i>	31
3.5.1.2. <i>Anopheles stephensi</i> , <i>Culex quiquefasciatus</i>	32
3.6.2. Activité insecticide contre d'autres insectes parasites de végétaux.....	32

Chapitre 4: Effet larvicide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens*

4.1. Extraction de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>	34
4.2. Rendement de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>	34
4.3. Elevage des larves de <i>Culex pipiens</i>	35
4.4. Test de toxicité.....	37
4.5. L'effet larvicide des huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i> à l'égard de <i>Culex pipiens</i>	37

Conclusion

Références bibliographiques



INTRODUCTION



Introduction :

Depuis des millions d'années, les diptère forment un groupe d'insectes le plus écologiquement diversifié(les mouches et les moustiques), la famille des *Culicidae* est la plus abondante (**Boudemagh et al., 2013; Poupardin, 2011**).

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 (**Bouabida, 2014**). En Algérie, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* sont considérés parmi les espèces les plus abondantes (**Aïssaoui et Boudjelid, 2014**). Ainsi, les *Culicidés* constituent les insectes piqueurs les plus nuisibles aux populations et continuent de transmettre des maladies infectieuses (**Bouabida, 2014; Benhissen et al., 2017; Bendali et al., 2001**) telles que la filariose (**Poupardin, 2011**).

Pour cette raison l'Homme a mis en place des programmes de lutte contre les moustiques qui comprennent généralement des insecticides neurotoxiques conventionnels (**Dahchar et al., 2016**) comme les organophosphorés, les organochlorés et les pyréthroides etc (**Zhang et al., 2016**).L'utilisation intensive et abusive de ces produits chimiques a entraîné divers inconvénients environnementaux et des effets secondaires sur des organismes non ciblé (**Akami et al., 2016**)telle que la pollution, l'atteinte des organismes non visés et notamment l'apparition de phénomène de résistance.

De ce fait la principale préoccupation des scientifiques est les impacts résiduels de ces insecticides ce qui nécessite de développer nouvelles solutions respectueux de l'environnement, plus sélectifs, biodégradables et présente une faible risque pour les mammifères tel que la lutte biologique (l'utilisation des huiles essentielles et des extraits végétaux comme insecticides) (**Pavela et al., 2016**).

Ainsi plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées (**Benayad, 2008**) parmi ces plante, le romarin (*Rosmarinus officinalis*) qui est l'une des plantes les plus répandues en méditerranéen et particulièrement en Algérie (**Azamoum et Rabia, 2018**).Cette plante renferme une huile essentielle à laquelle il doit ses propriétés intéressantes. Cette huile ont des activité biologiques tels l'activité anti-inflammatoire, antiseptique, antioxydant (**Fadil et al., 2015**) ont également des activités insecticides (**Tak et al., 2016**).

L'objectif de notre travail est l'étude bibliographique de la connaissance de l'efficacité des huiles essentielles extraites d'une plante *Rosmarinus officinalis* à l'égard d'une espèce de moustique *Culex pipiens*: Aspect toxicologique.

Notre travail sera structuré en 4 chapitre :

Chapitre1 : Présentation de *Culex pipiens*

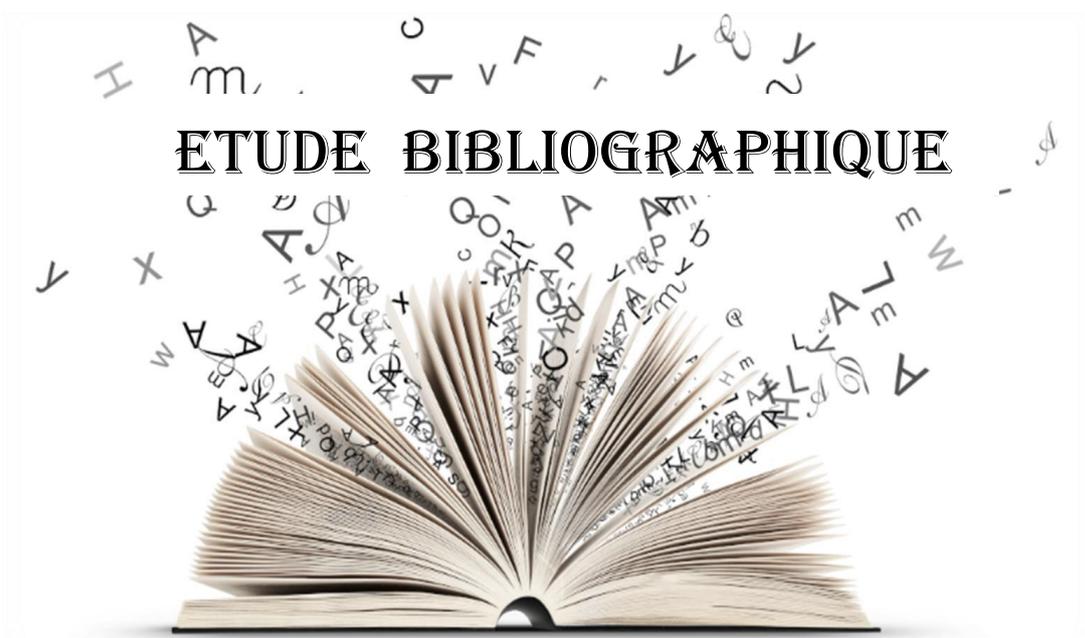
Chapitre2 : Présentation de *Rosmarinus officinalis* (huile essentielle).

Chapitre3 :Lutte biologique contre les insectes.

Chapitre4: Effet larvicide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens* : Aspect toxicologique.

Nous terminions par conclusion.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE



Chapitre 1:

Culex pipiens



1.1. Généralités :

Culex pipiens très répandu dans le monde. Il est présent en zones tropicales et tempérées (Berchiet et al., 2012). Il est capable de se développer dans toutes les régions du globe, excepte celles où il règne un froid trop (Resseguier, 2011), les larves de *Culex pipiens* se retrouvent dans les gîtes les plus divers des milieux urbain et périurbain, plus particulièrement ceux riches en matières organiques. *Culex pipiens* est une espèce qui se reproduit dans des habitats naturels et artificiels de différentes tailles (Figure 06). Son développement dans certaines régions est continu pendant toute l'année (Berchi et al., 2012).



Figure 01: Photo d'une femelle de *Culex pipiens* (Amara Korba, 2016).

1.2. Position systématique :

Tableau 01 : La position systématique de *Culex pipiens* (Boyer, 2006; Messai et al., 2010).

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous Embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous Classe	Pterygota
Ordre	Diptera
Sous Ordre	Nematocera
Famille	Culicidae
Sous Famille	Culicinae
Genre	<i>Culex</i>
Espèce	<i>Culex pipiens</i>

1.3. Les principales caractéristiques :

Culex appartient à la sous-famille des *Culicinae*, dont il possède les principales caractéristiques :

- Les palpes sont allongés chez le mâle (plus longs que la trompe) et légèrement recourbes vers le haut.
- Les palpes sont plus courts que la trompe chez la femelle (environ un quart de sa taille).
- Au repos, l'abdomen des adultes est quasiment parallèle au support,
- Les larves ont des antennes allongées et leur siphon respiratoire est long (Aouati, 2016).

1.4. Caractères morphologiques :

1.4.1. Les œufs :

Quarante-huit heures après la prise du repas sanguin, les femelles fécondées déposent leurs œufs à la surface de l'eau dans des réceptacles naturels. Ils sont pondus soit isolément, soit en amas (**Figure 08**) ou bien fixés à un support végétal immergé. La fécondité totale d'une femelle varie de 500 à 2 000 œufs (20 à 200 par ponte selon la quantité de sang disponible). Les œufs se développent en un à deux jours, lorsque la température de l'eau est suffisante (Ripert, 2007). Ils sont agglutinés en barquette stable de plusieurs dizaines d'œufs. Les œufs ont une taille de l'ordre de 0,5 mm généralement. Ils sont protégés par deux enveloppes : l'end chorion interne épais et l'exo chorion externe plus mince (**Figure 07**). Les œufs éclosent entre 38 et 48 heures après la ponte (Ouedraogo, 2011).

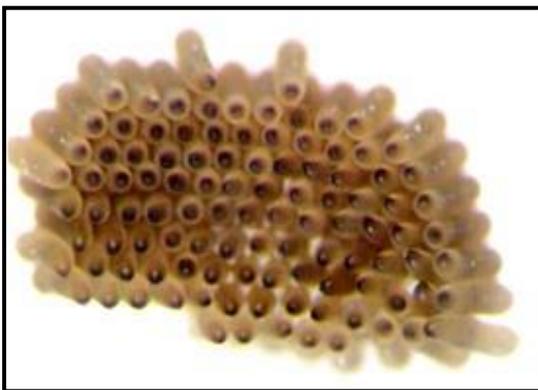


Figure 02 : Œufs en nacelle de *Culex pipiens* (Amara Korba, 2016).



Figure 03 : Nacelle de *Culex pipiens* (photo personnelle)

1.4.2. Les Larves :

Les larves sont clairement constituées de trois parties : La tête, Le thorax, L'abdomen (**figure 09**) (Belayadi, 2010). Les larves ont une croissance discontinue et subissent 4 mues, lui permettant de passer d'environ 2 à 12 mm de long, la durée des 4 stades larvaire est habituellement de 8 à 12 jours lorsque les conditions de température sont favorable, à chaque

mue est abandonnée dans l'eau l'exuvie (tégument externe) du stade précédent et la dernière mue transforme la larve du 4^{ème} stade en nymphe (Alayat, 2012). Ces larves mangent sans arrêt des algues et des organiques microscopiques. Elle respire par un siphon (Zerroug et Berchi, 2018). Les caractères morphologiques utiles en systématique concernent le quatrième stade :

- **La tête :** est pourvue d'une paire des mandibules à pointes aigues continuellement en activité et d'organes sensoriels (**Figure 09**): antennes, soies, palpes (Zerroug et Berchi, 2018).
- **Le thorax :** Le thorax est représenté par une masse indivise de forme légèrement globuleuse (**Figure 09**), large aplatie dorso-ventralement, le thorax est formé de trois segments soudés (prothorax, mésothorax et métathorax), dont la distinction se fait à l'aide de la chétotaxie. A l'angle antéro-dorsal, on distingue une paire de lobe transparent (notchedorgans) des Anglo-Saxons ou organes bilobés rétractiles, pas visibles sur tous les exemplaires. Entre les lobes de chaque paire, il y a une dépression en entonnoir. Les stigmates des stades successifs ne sont pas formés en dedans des stigmates précédents mais à partir des branches indépendantes de l'atrium stigmatique persistant, il serait possible que les trompettes respiratoires se rapportent de cette manière aux (Notchedorgans) (Ben malek, 2010).
- **L'abdomen :** Caractérisé par une forme allongée et sub-cylindrique, l'abdomen des larves de *Culicidae* est composé de dix segments individualisés (Alayat, 2012). Le dixième segment est le segment anal (**Figure 09**), il porte quatre longues papilles anales (lobes anaux), une brosse ventrale et des soies caudales internes et externes, sa partie tergale comporte un sclérote en selle (Ben malek, 2010).

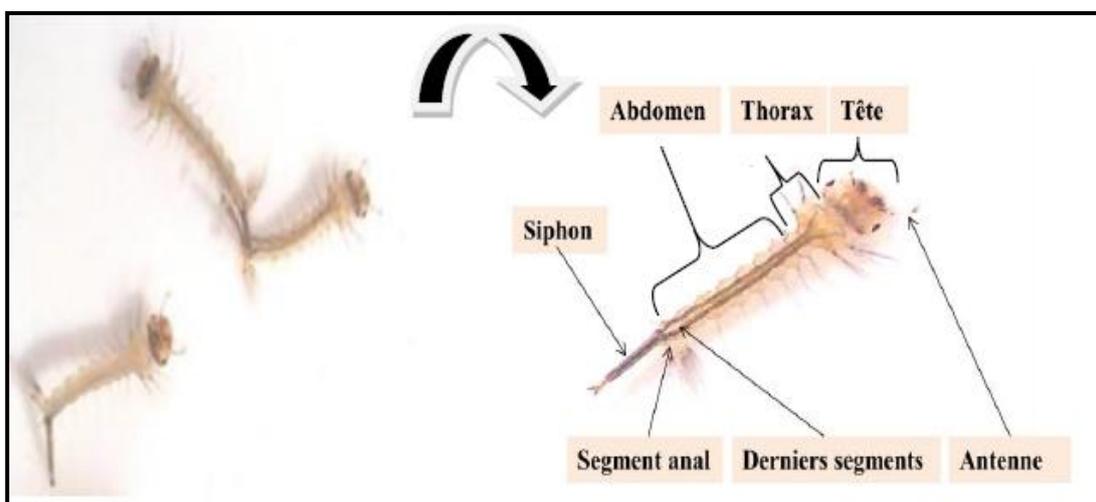


Figure 04 : Larve de *Culex pipiens* (photo personnelle).

1.4.3. Les nymphes :

La nymphe a une forme de point d'interrogation et respire par des Trompettes respiratoires situées sur le céphalothorax (**Figure10**). Elle n'ingère par contre aucune nourriture. Elle est extrêmement sensible et plonge dans l'eau au moindre mouvement perçu. *Culex pipiens* reste sous cette forme pendant 2 à 4 jours. A la fin de cette période, la nymphe donne un adulte, mâle ou femelle. Cette étape a généralement lieu le matin (**Resseguier, 2011**).



Figure 05: Nymphe de *Culex pipiens* (photo personnelle)

1.4.4. Les imagos (l'adulte) :

Quand l'adulte est complètement formé dans son enveloppe nymphale, l'insecte reste en surface et commence à respirer. Le tégument se dessèche alors au contact de l'air et il se forme une déchirure en T sur sa face dorsale sous l'effet de l'augmentation de la pression interne. Un adulte de *Culex pipiens* mesure de 3 à 6 mm de long. Son corps est segmenté en trois parties : La tête, Le thorax, L'abdomen (**Tabti, 2017**).

- **La tête :** De forme générale globuleuse (**Figure11**), porte: des yeux à facettes, volumineuses et presque jointives (séparés par une bande frontale étroite) souvent de couleur bleue ou vert métallique, une paire d'antennes à quinze segments, plumeuses chez le mâle, et presque glabres chez la femelle. La partie antérieure et supérieure de la tête comprend, de bas en haut et avant en arrière, le clypéus (au-dessus de l'insertion de la trompe), le front (qui porte les antennes), le vertex (région juxta-oculaire) et l'occiput (partie postérieure). L'ensemble des pièces buccales, de type piqueur, formant la trompe, ou proboscis (**Becker et al., 2011**).
- **Le thorax :** est Composé de trois segments soudés (le prothorax, le mésothorax et le métathorax), il porte les ailes et les pattes (**Benserradj, 2014**). Le thorax est garni d'écailles dont l'arrangement, la forme et la couleur constituent souvent une

ornementation spécifique. Les pattes présentent aussi des caractères taxonomiques, les plus importants sont la longueur relative des cinq tarse, la présence (ou absence) de pulvilli et l'ornementation due aux écailles. Assez uniforme, la nervation alaire permet de séparer les genres ; les nervures sont couvertes d'écailles de forme, de taille et de couleur variables avec les genres et les espèces (Aouati, 2016).

- **L'abdomen** : Constitué de 10 segments dont les sept premiers sont composés de tergite (plaque dorsale) (**Figure11**) et desternite (plaque ventrale). Les trois autres sont peu distincts et portent les appendices génitaux (**Zerroug et Berchi, 2018**).

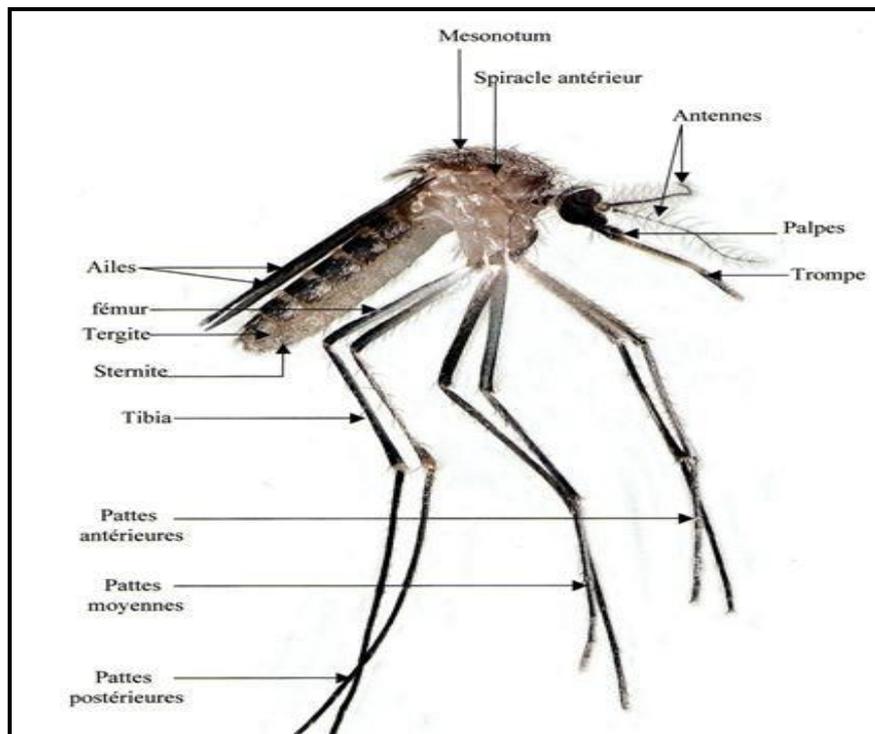


Figure 06: Morphologie du Moustique femelle *Culex pipiens* (**Boukraa, 2010**).

1.5. Cycle évolutif :

Le cycle de *Culex pipiens* comporte, comme celui de tous les insectes, 4 stades: l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago ou adulte. Il se décompose en deux phases :

- **Une phase aquatique** : pour les trois premiers stades (œufs, larve, nymphe).
- **Une phase aérienne** : pour le dernier stade (adulte) (**Figure12**).

Dans les conditions optimales, le cycle dure de 10 à 14 jours (**Resseguier, 2011**).

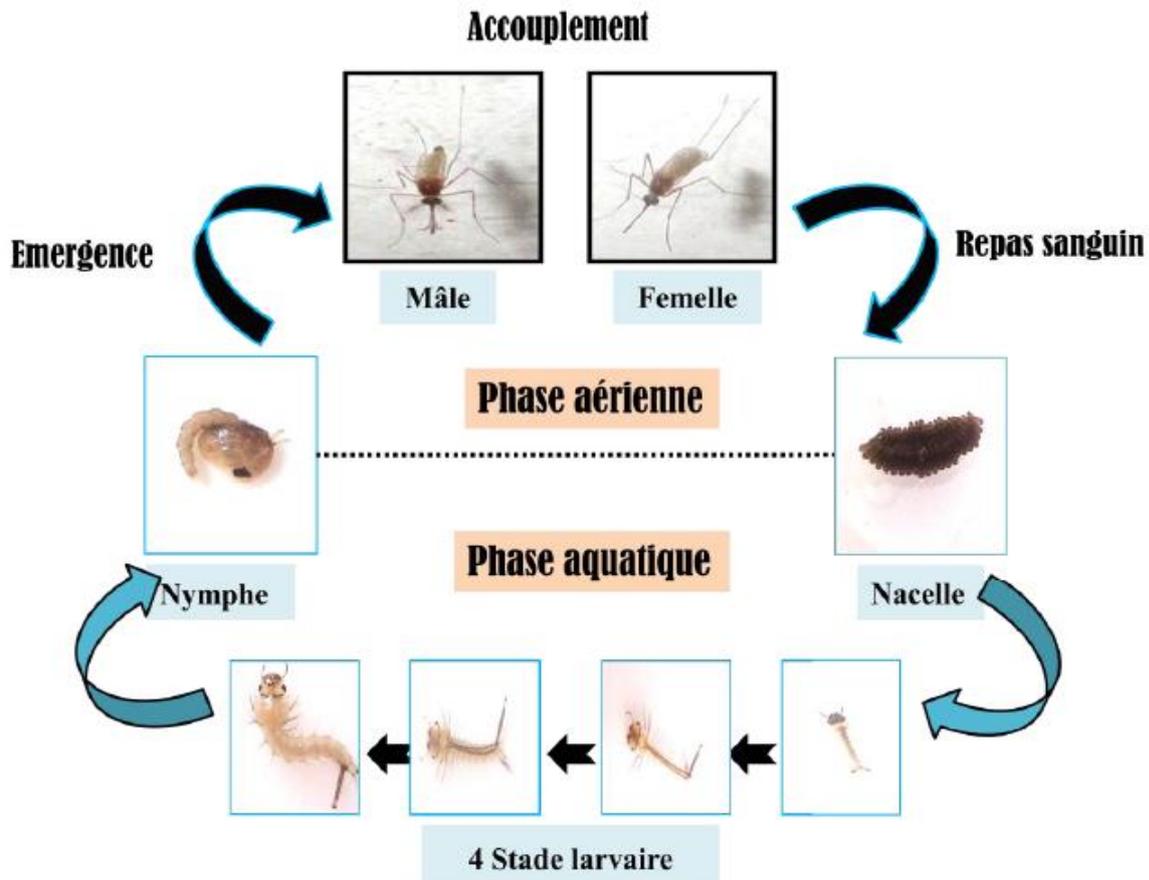


Figure 07 : Cycle évolutif de moustique *Culex pipiens* (photo personnelle).

1.6. Bio-écologie de *Culex pipiens*:

1.6.1 L'accouplement :

L'accouplement a lieu peu de temps après l'émergence des adultes, chaque femelle étant fécondée une seule fois pour toute sa vie. Avant l'accouplement, les mâles forment un essaim, peu après le coucher du soleil, à quelques mètres du sol. Le repas de sang est alors indispensable à la ponte pour les espèces hématophages. Toutefois, les femelles peuvent parfaitement se gorger d'eau sucrée et de nectar et vivre longtemps, mais alors elles constituent des réserves adipeuses au lieu de pondre. Quarante-huit heures après la prise du repas de sang, les femelles fécondées déposent leurs œufs, selon les espèces : à la surface d'eaux stagnantes (mare, étang) ou courantes (torrent, bord de rivière), dans des réceptacles naturels (flaque, trou de rocher, aisselles de feuilles, trou d'arbres...) ou artificiels (pneu, gouttière, pot de fleurs, carcasse de voiture...) ou sur des terres inondables (marécage, rizière...)(Belayadi et Ouali, 2010).

1.6.2. La ponte :

Après l'accouplement, la femelle part à la recherche d'un hôte pour se nourrir de sang nécessaire à la maturation des ovules. La ponte a lieu environ 5 jours après le dernier repas. *Culex pipiens* est de plus une espèce autogène, c'est-à-dire que la femelle est capable de pondre des œufs sans repas sanguin préalable. En automne, lorsque les journées commencent à raccourcir et que les températures baissent, 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**).

1.6.3. Recherche des hôtes :

Tous les insectes ou moustiques recherchent un hôte, animal ou végétal, pour la nutrition, un site de refuge, d'accouplement, ou de ponte. La recherche et la reconnaissance de l'hôte se font à distance en utilisant les signaux olfactifs et visuels et la sélection et l'acceptabilité de l'hôte se font à l'aide des indices tactiles, olfactifs et gustatifs au contact (**Deletre, 2014**).

1.7. Facteur de développement :

Différents facteurs vont influencer sur le degré d'humidité, et ainsi jouer un rôle dans le développement des *Culex*. On trouve :

- **Les facteurs naturels** : la fréquence des précipitations ainsi que leur quantité, les orages dont les dégâts peuvent causer des crues, la résurgence des nappes phréatiques. Ce type de facteurs dépend essentiellement de la région et il est difficile pour l'homme de les contrôler.
- **Les facteurs artificiels** : les systèmes d'irrigation par gravité tels que les rizières, Les zones d'élevage piscicoles et d'aquaculture, les stations d'épuration, les barrages, les lacs artificiels. Ces facteurs sont plus facilement contrôlables car créés par l'Homme. Pour ce qui est du rôle de la température, de fortes chaleurs, notamment en début d'été, favoriseront le développement de *Culex pipiens* (**Resseguier, 2011**).

1.8. Périodes d'activité :

Culex pipiens est présente dans toutes les régions zoo-géographiques, et est capable de se développer dans toutes les régions du globe, excepté celles où il règne un froid trop important comme l'Antarctique. Il va des tropiques aux régions tempérées fraîches (**Ibrahimet al., 2018**). Leur développement sera favorisé lors de fortes températures, associées à des taux d'humidité élevés ; la période de l'année correspondante est l'été, mais aussi l'automne dans une plus faible mesure (**Resseguier, 2011**).

1.9. Intérêts dans l'écosystème :

Les moustiques représentent un maillon essentiel dans le fonctionnement d'un écosystème aquatique. En effet, par sa présence en grand nombre, ils représentent une biomasse importante dont se nourrissent de nombreux organismes (batraciens, poissons...). Ils sont ainsi un maillon important de la chaîne trophique des zones humides. De plus, de par leur régime alimentaire, les larves participent au processus de destruction de la matière organique. Leur régime omnivore, avec l'ingestion de feuilles en décomposition par exemple, accélère la décomposition des matières organiques dans les écosystèmes aquatiques (**Benserradj, 2014**).

1.10. Les principales nuisances causées par le genre *Culex pipiens* :

On distingue deux types de nuisances causées par les moustiques *Cx.pipiens* :

1.10.1. Les Piqures :

La piqure de la femelle va entraîner, chez l'homme comme chez l'animal, une lésion ronde érythémateuse de quelques mm à 2 cm de diamètre. Il est à noter que la piqure ne provoque aucune douleur immédiate, grâce à un anesthésique local contenu dans la salive. Les lésions sont très souvent suivies d'une réaction allergique due aux allergènes présents dans la salive de *Culex pipiens*, injectée durant le repas sanguin (**Resseguier, 2011**).

1.10.2. Transmission de maladies :

En plus de la gêne occasionnée par leurs piqures, les moustiques représentent le groupe d'Arthropodes ayant l'impact sanitaire et vétérinaire le plus important (**Soltani et al., 2010**). Lorsque la femelle pique l'homme ou l'animal pour son repas de sang, des microorganismes ou virus causant des maladies peuvent être transmis à l'hôte. Les moustiques du genre *Culex* peuvent aussi transmettre des maladies telles que la filariose, certaines encéphalites et la fièvre du Nil occidental (FNO) (**Poupardin, 2011**).

1.11. Aperçu générale sur les moyens de lutte contre les *Culex pipiens* :

Depuis l'antiquité, l'homme a toujours cherché à se protéger contre les arthropodes nuisant et vecteurs. Dans différentes régions tropicales, certaines pratiques traditionnelles permettent la réduction des piqûres de moustiques dans les habitations. Les moyens mis alors en œuvre étaient essentiellement des mesures d'aménagement de l'environnement ou de lutte physique (**Ouedraogo, 2011**).

Parmi les principales méthodes de lutte contre les moustiques actuellement disponibles, nous pouvons retenir :

1.11.1. Lutte physique :

La base de toute lutte anti-vectorielle repose sur une gestion environnementale des populations de moustiques, qui passe tant par une modification des habitats destinée à prévenir, limiter ou supprimer les gîtes larvaires potentiels (drainage de milieux humides, traitement des eaux usées, remblai) que par une adaptation du comportement humain en vue de réduire au mieux le contact hôte-vecteur (gestion des déchets, suppression ou bâchage de récipients d'eau potentiels) (**Bawin et al., 2014**).

1.11.2. Lutte chimique :

Elle est basée sur l'utilisation d'insecticides chimiques. Ce sont des substances naturelles d'origine végétale, animale, minérale ou de synthèse présentant une toxicité préférentielle pour les insectes. Une substance ne peut être utilisée comme insecticide que si elle possède les propriétés suivantes :

- Une forte toxicité pour les insectes cibles seulement et sans conséquence ni pour le reste de la faune, ni pour la flore.
- Une stabilité et une rémanence importante, mais non excessive.
- Être dégradable dans l'environnement (**Ouedraogo, 2011**).

1.11.3. La lutte biologique :

La lutte biologique est l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs. La lutte biologique est l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs. Celle-ci s'illustre de différentes manières. La lutte par entomophage, qu'il soit parasitoïde ou ravageur, s'effectue par l'introduction d'un animal ravageur de l'organisme cible. La lutte microbiologique est l'utilisation de microorganismes (champignons, bactéries) qui infectent la cible souvent par ingestion. S'il organisme antagoniste doit être lâché ou inoculé (en grand nombre) à chaque fois qu'elle est efficace, c'est la lutte biologique inondative. Enfin, aux frontières de la lutte biologique ; la lutte autocide (encore dénommée lutte par mâles stériles) a pour principe l'introduction en grand nombre, dans une population naturelle, d'individus mâles de la même espèce rendus stériles mais au comportement sexuel intact. (**Benserradj, 2014**).

Chapitre 2:

Rosmarinus Officinalis (Huile
essentielle)



2.1. Généralités :

Parmi toutes les espèces végétales (800 000 à 1500 000 selon les botanistes), seulement 10% sont dites aromatiques (**Khia et al., 2014**).

Le romarin appartient à la famille des *Lamiacées* (**De Oliveira et al., 2019**), qui est l'une des familles de floraison les plus grandes et les plus distinctes plantes, dont environ 236 genres et 6900–7200 espèces dans le monde (**Andrade et al., 2018**). Le *Rosmarinus officinalis* est une herbe médicinale largement utilisée à travers le monde (**Fadil et al., 2015**), très riche en huile essentielle(**figure 01**) il est cultivé de nos jours à grande échelle en Espagne, en Italie, au Portugal, en France, au Maroc, en Tunisie et en Algérie, pour l'extraction de l'huile essentielle. La production mondiale actuelle se monte à environ 300 tonnes (**Castellana et Jama, 2012**).

2.2. Historique :

Le romarin est connu depuis longtemps pour ses vertus médicinales, notamment des Grecs et des Romains. Ces derniers en faisaient des couronnes d'où le nom arabe ikhil al-jabal (couronnes de montagne) traduit du latin. Au moyen âge, il connut un grand prestige comme médicament des paralysies (**Fadi, 2011**).

Le romarin connût, dès le moyen-âge, un rôle important en parfumerie, et surtout en cosmétique. L'utilisation du romarin en parfumerie remonte au moins au XVIIe siècle, avec le premier parfum alcoolique, l'eau de la Reine de Hongrie, dont le romarin était l'un des principaux composants, et que certains historiens datent même du XIVe siècle (**Castellana et Jama, 2012**).

2.3. Classification :

Tableau 02 : Classification scientifique de *Rosmarinus officinalis* (**Andrade et al., 2018**).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Rosmarinus</i>

Espèce

Rosmarinus officinalis



Figure 08: *Rosmarinus officinalis* (Marion, 2015).

2.4. Etymologie :

Le romarin tire son nom du latin *Rosmarinus*, qui signifie rosée de la mer, pourrait s'appliquer au parfum de la plante, à la couleur de la fleur ou même à sa prédilection pour le littoral (Mehalaine, 2017).

2.4.1. Noms vernaculaire :

Tableau 03: Noms vernaculaire de *Rosmarinus Officinalis*

Nom vernaculaire en arabe	Eklil, Klil, Hatssalouban, Hassalban, Helhal, Yazir	(Aouad et Belayachi, 2018 ; Ghourri et al,2014).
Nom vernaculaire en Français	Encensier, herbe aux couronnes, romarin, romarin officinal	(Chibah et Labandji,2017)

2.5. Distribution géographique :

Le *Rosmarinus officinalis* est une plante médicinale originaire du bassin méditerranéen qui pousse à l'état sauvage. Le romarin aime les terrains calcaires et s'accommode très bien des contrées arides et rocailleuses (Mouas et al., 2017). C'est une plante résistante à la sécheresse qui présente des caractères apparents de xérophytisme (petite feuilles etc...) (Chafai et al., 2014).

En Algérie, le romarin est l'une des sept espèces végétales excédant 50,000 hectares sur le territoire national (**Riguet et Mezroua, 2019**).

2.6. Descriptions botaniques :

Rosmarinus officinalis appartient à la famille botanique des *Lamiacées* au sein du genre *Rosmarinus* (**Chafai et al., 2014**) C'est un arbrisseau pouvant atteindre 1,5 m de haut (**Figure02**), poussant sur des terrains arides et rocailleux (**Casanova et Tomi, 2018**). La tige ligneuse est couverte d'une écorce grisâtre et se divise en de nombreux rameaux opposés (**Chafai et al., 2014**). Le romarin possède des feuilles persistantes, allongées, d'un vert sombre et il fleurit au printemps (**Figure 03**) et en automne en donnant des fleurs allant du bleu clair au violet (**Casanova et Tomi, 2018**). Le fruit est un tétrakène brun foncé, lisse et globuleux, de 2,3 mm de long (**Marion, 2015**), entouré par un calice brun et persistant. L'inflorescence et le calice ont une pilosité très courte, l'inflorescence est en épis très courts et les bractées mesurent 1 à 2mm (**Chafai et al., 2014**).



Figure 09: Aspects morphologiques du romarin (**Casanova et Tomi, 2018**)



Figure10: *Rosmarinus officinalis* (**Chafai et al., 2014**).

2.7. Les métabolites chez *Rosmarinus officinalis* :

-Les métabolites primaires : se trouvent dans toutes les cellules végétales. Ils sont indispensables pour la vie de la plante : sucre, lipides, protéines, acides aminés (**Laurent, 2017**).

-**Les métabolites secondaires** : n'ont qu'une répartition limitée dans la plante et ne font pas partie des matériaux de base de la cellule. Ces composés ne se trouvent normalement que dans des tissus ou organes particuliers à des stades précis du développement. Leur action est déterminante pour l'adaptation de la plante au milieu naturel : agents protecteurs contre les stress physiques, défense contre les agressions extérieures, pigmentation de la plante pour capter l'énergie solaire ou à l'opposé protéger l'organisme contre les effets nocifs induits par les radiations solaires (**Laurent, 2017**).

La concentration de ces molécules dans les différentes parties des plantes est influencée par plusieurs facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité, l'intensité lumineuse, l'eau, les sels minéraux et le CO₂ (**Ramakrishna et Ravishankar, 2011**).

Il existe différentes classes de métabolites secondaires dont 3 dominent la phytochimie des plantes : Les alcaloïdes, Les terpènes (Elle contient une grande partie d'huiles essentielles), Les substances phénoliques comme les flavonoïdes, les tanins (**Laurent, 2017**).

2.8. Composition chimique :

Rosmarinus officinalis c'est une plantes médicinales très utilisé depuis plusieurs siècles pour ses richesses en différent composés utiles (**Bayala, 2014**). Les principales composés rencontrés peuvent se classer comme suit (**Tableau 02**) :

Tableau 04: Les principales familles trouvées dans le romarin:

Huile essentielle	camphre (5,0-21%), le 1,8-cinéole (15-55%), α -pinène (9,0-26%), bornéol (1,5-5,0%), camphène (2,5-12%), β -pinène (2,0-9%) et limonène (1.5-5.0%)	(Andrade et al., 2018)
des flavonoïdes	tels que la genkwanine, la cirsimaritrine ou l'homoplantagine	(Borràs-Linares et al., 2014)
Acide phénole	acide rosmarinique, acide cafeique	(Borràs-Linares et al., 2014)
des composés terpéniques	Diterpènes (rosmaridiphénol, rosmadial et acide carnosique) ; Triterpènes (l'acide ursolique)	(Borràs-Linares et al., 2014)
acides organiques	dont l'acide glycolique, l'acide citrique et l'acide glycérique.	(Anne-Claire, 2015)
Minéraux	Na +, K+	(Anne-Claire, 2015)

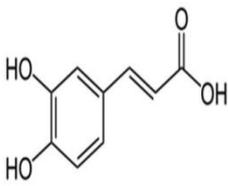
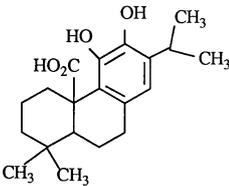
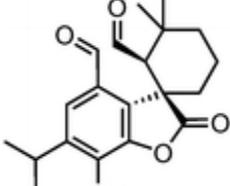
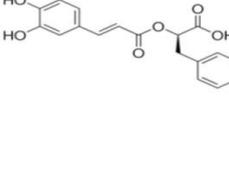
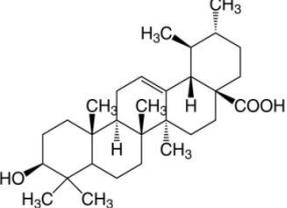
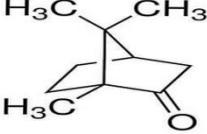
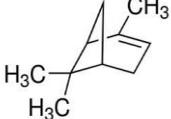
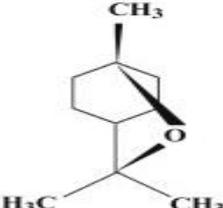
			
Acide cafeique	Acide carnosique	Rosmadiol	Acide rosmarinique
			
Acide ursolique	Camphre	α -pinène	1,8-cinéole

Figure 11: Exemples de quelques compositions chimiques trouvées dans le romarin (Couic-Marini et Lobstein, 2013), (Bayala, 2014).

2.9. Utilisations du romarin « *Rosmarinus officinalis* » :

Le romarin est à la fois une plante ornementale, aromatique et médicinale. Les feuilles séchées de *Rosmarinus officinalis* sont utilisées en tant que condiment et rentrent dans la composition des thés et infusions. *Rosmarinus officinalis* sous forme de feuille séchées ou d'huile essentielle, trouve sa principale utilisation pour la fabrication de produits cosmétiques (parfums, savons, crèmes, tonifiants de cheveux, shampooings et autres préparations). *Rosmarinus officinalis* sert aussi pour produire les antioxydants naturels qui ont plusieurs utilisations dans les industries agroalimentaires, cosmétiques et en pharmaceutiques (Chafai et al., 2014).

2.10. Huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* :

2.10.1. Généralité :

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de substances volatiles composés à forte odeur qui sont synthétisés en plusieurs divers organes végétaux et exercent diverses fonctions écologiques (Rašković et al., 2014).

Les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* sont également d'une grande importance qui est traduite par ses nombreuses utilisations médicinales dues à ses puissantes propriétés

antibactériennes, cytotoxiques, antimutagènes, antioxydantes et anti-inflammatoires (**Wollinger et al., 2016**).

2.10.2. Répartition et la localisation dans la plante :

2.10.2.1. Répartition :

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, ils sont presque exclusivement de l'embranchement des Spermaphytes, les genres qui sont capables de les élaborer sont rassemblés dans un nombre restreint de familles comme les : *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Asteraceae*, *Rutaceae*, *Myrtaceae*, *Poaceae*, *Cupressaceae*, *Piperaceae* (**Khia et al., 2014**).

2.10.2.2. Localisation :

Toutes les parties des plantes aromatiques, tous leurs organes végétaux, peuvent contenir de l'huile essentielle (les fleurs, les feuilles, les organes, les fruits, le bois et les écorces). Les huiles essentielles sont stockées dans des structures cellulaires spécialisées (cellules à huile essentielle, cellules à poils sécréteurs, canaux sécréteurs) et ont vraisemblablement un rôle défensif (**Ryma, 2016**).

2.10.3. Les propriétés physico-chimiques : Les huiles essentielles sont généralement :

- liquide à la température ordinaire
- d'odeur aromatique
- rarement colorées quand elles sont fraîches
- Leur densité est le plus souvent inférieure à celle de l'eau.
- Elles ont un indice de réfraction élevé.
- Elles sont volatiles et entraînaient par la vapeur d'eau.
- Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, la plupart des solvants organiques (**Boukhobza et Goetz, 2014**).
- Elles se composent de molécules à squelette carboné, entre 10 et 15 atomes de carbone en générale (**Laurent, 2017**).

2.10.4. Composition chimique des huiles essentielles :

La composition d'une huile essentielle (HE) est souvent très complexe. La plupart du temps, une HE comporte un ou deux composants majoritaires. D'une façon générale, les constituants appartiennent principalement à deux types chimiques. D'un côté, on retrouve les composés terpéniques (hydrocarbures) : monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), triterpènes (C30). Ce sont les molécules les plus fréquemment rencontrés dans les huiles essentielles. Exemples : alcools, esters, aldéhydes, cétones, éthersoxydes mono- et

sesquiterpéniques. L'autre groupe correspond aux composés aromatiques dérivés du phénylpropane. Exemples : Acide et aldéhyde cinnamiques, eugéniol, anéthole... (Laurent, 2017).

2.10.4.1. Groupe des terpéniques :

Les terpènes constituent les principaux composants des huiles essentielles. Ce sont des hydrocarbures formés par l'assemblage de deux ou plusieurs unités isopréniques. Ce sont des polymères de l'isoprène de formule brute $(C_5H_8)_n$ (Chenni, 2016). Les terpènes peuvent être classés selon leur nombre de motifs isoprènes (Tableau 03) ainsi que leurs arrangements (Herzi, 2013). On distingue donc les mono terpènes, les sesquiterpènes, les di terpènes, les triterpènes et les poly terpènes. Seuls les terpènes les plus volatils, mono (C 10) et sesquiterpènes (C 15) sont retrouvés dans la composition chimique des HE (Laurent, 2017).

Tableau 05: les différentes classes terpénoïdes (Boukhobza et Goetz, 2014).

Squelette carboné	Type de terpenoïdes	Exemple de molécule
C 5	Hemiterpenes	Isoprène
C 10	Monoterpènes	Géraniol, menthol,
C 15	Sesquiterpènes	β -santalol, carotol
C 20	Diterpènes	Sclaréol, manool
C 30	Triterpènes	Lanostérol
C 40	Tetraterpènes	Caroténoïdes
+ C 40	Polyterpènes	Caoutchouc

- **Les monoterpènes :** Ils comportent deux unités isoprène (C_5H_8) (figure 05). Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques (Zaibet, 2018), tels que le 1,8-cinéole, le camphre et l' α -pinène (Rašković et al., 2014). A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales: alcool, aldéhydes, cétones et des esters (Zaibet, 2018).

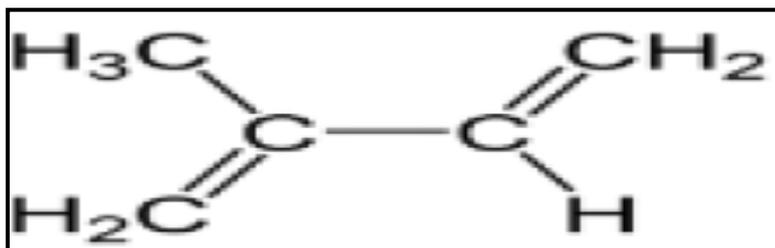


Figure 12: Structure de l'isoprène (C_5H_8) (Lakhdar, 2015).

- **Les sesquiterpènes** : Sont une classe de terpènes formés de trois unités isopréniques et donc ils contiennent 15 carbones. Ils présentent également un suffixe en « -ène ». Un sesquiterpène peut être acyclique ou contenir un à deux cycles. Ils ont les mêmes caractéristiques (propriétés odorantes) que les monoterpènes. Ils sont présents en plus faibles proportions que les monoterpènes dans les huiles essentielles. D'une manière générale, ils jouent le rôle d'agent de défense dans les plantes (**Laurent, 2017**).

2.10.4.2. Groupe des composés aromatiques :

Les composés aromatiques sont des dérivés du phénylpropane. Ils sont moins abondants que les terpènes. Deux classes de composés aromatiques peuvent être distinguées: les composés substitués sur le noyau de benzène et les dérivés dans lesquels le substituant est directement attaché au cycle benzénique de la chaîne latérale des composés substitués (**Bayala, 2014**).

2.10.5. Fonction de l'huile essentielle dans la plante :(Laurent, 2017).

- Les plantes étant immobiles, elles auraient développé les huiles essentielles pour constituer une défense chimique contre les micro-organismes. Elles repoussent les parasites et protègent la plante de certaines maladies grâce à leurs propriétés antifongiques, antivirales, antibactériennes ou insectifuges.
- Elles attirent les insectes pollinisateurs (fleurs parfumées, fécondées par certains insectes butineurs) et permettent ainsi à la plante d'assurer sa reproduction.
- Elles aideraient à guérir blessures et attaques diverses auxquelles sont soumises les Plantes.
- Elles remplissent une action de protection contre les brûlures solaires.
- Elles pourraient permettre aux plantes de communiquer entre elles. Par exemple, une plante attaquée par un herbivore pourrait envoyer des signaux d'alerte (substances volatiles comme hexénal ou l'ocimène) aux autres plantes du secteur, pour lesquelles déclenchent des mécanismes de défense.
- Elles représentent une réserve d'énergie mobilisable (ex : en cas de conditions climatiques défavorables).

2.10.6. Activité biologique :

2.10.6.1. Activité antibactérienne :

Grace à leurs caractères lipophiles, les huiles essentielles sont capables de traverser la membrane cellulaire et dégrader les couches de polysaccharides, de phospholipides et d'acides gras, ce qui conduit à des dommages au niveau de la membrane et l'augmentation de

sa perméabilité. Chez les bactéries, la perméabilité de la membrane est due à la perte d'ions à la réduction du potentiel membranaire et à l'effondrement de la pompe à protons. En outre, les huiles essentielles peuvent coaguler le cytoplasme et endommager les lipides et les protéines. Ces dommages de la paroi et de la membrane cellulaire entraînent des fuites des macromolécules et une lyse de la cellule bactérienne (**Dhifi et al., 2016**).

Généralement, les huiles essentielles ont un plus grand effet contre les bactéries pathogènes à Gram positif que les bactéries à Gram négatif, car les composés hydrophobes qui peuvent traverser les structures lipopolysaccharidiques de la bactérie Gram négatif sont limités en raison de leur membrane externe recouvrant la paroi cellulaire (**Omonijo et al., 2018**).

2.10.6.2. Activité antifongique :

Les huiles essentielles ou leurs composés actifs peuvent être employés comme agents de protection contre les champignons et les micro-organismes envahissant la denrée alimentaire (**Juarez et al., 2016**).

2.10.6.3. Activité antiviral :

De très nombreuses familles chimiques ont révélé des activités antivirales in vitro. C'est le cas des phénols monoterpéniques ou aromatiques, des alcools monoterpéniques ainsi que des aldéhydes monoterpéniques et aromatiques. L'activité antivirale découle de la liposolubilité des HE, ce qui leur permet de pénétrer dans l'enveloppe virale riche en lipides. Les HE sont plus actives sur les virus enveloppés car ils sont plus fragiles que les virus nus. Ils sont donc particulièrement efficaces envers les virus herpes simplex, VHS-1 (herpès labial) et VHS-2 (herpès génital) (**Laurent, 2017**).

2.10.6.4. Activité antiparasitaire :

Le groupe des phénols possède une action puissante contre les parasites (**Rouani, 2015**).

2.10.6.5. Activité antioxydante :

De nombreuses huiles essentielles présentent une propriété antioxydant. En particulier, les HE de thym et d'origan, et dans une moindre mesure l'huile essentielle de romarin, présentent les activités anti-oxydantes les plus importantes parmi les plantes aromatiques. L'activité anti-oxydante des HE dépend de plusieurs caractéristiques structurales des molécules en relation avec leur propriété d'oxydoréduction, et est attribuée essentiellement à la forte réactivité des substituant des groupes hydroxyles. Les composés phénoliques, comme le thymol, le carvacrol et l'eugénol font partie des molécules des huiles essentielles présentant

les plus fortes activités antioxydants ainsi que d'autres composés qui contribuent à cette activité tels que les monoterpènes alcools, cétones, aldéhydes, hydrocarbures et éthers (Gabriel et al., 2013).

2.10.6.6. Activité anti-inflammatoires :

Le romarin est connu pour ses propriétés thérapeutiques contre les douleurs abdominales et pour le traitement des maladies inflammatoires respiratoires, comme l'asthme bronchique. Certaines études expérimentales ont rapporté les activités anti-inflammatoires et analgésiques de l'huile essentielle et les terpènes biologiquement actifs tels que l'acide carnosique, le carnosol, l'acide ursolique et l'acide bétulinique, ainsi que l'acide rosmarinique, rosmanol et acide oléanolique (Andrade et al., 2018).

2.10.6.7. Activité anti-ovicide :

L'huile essentielle du romarin s'est avéré un agent anti-ovicide contre trois espèces de moustique (*Anophelesstephensi*, *Aedesaegyptiet*, *Culex quinquefasciatus*, de même. Ont trouvé que cette huile présente une activité répulsive contre les moustiques (Abdessultane, 2017).

2.10.6.8. Activité antispasmodique :

De nombreuses huiles essentielles sont réputées pour diminuer ou supprimer les spasmes gastro-intestinaux. L'huile essentielle ayant révélé cette activité sont : l'angélique, le basilic, la camomille, le girofle, la lavande fine, la mélisse, la menthe poivrée et le thym. Elles stimulent les sécrétions gastriques par une action anti-cholinergique, d'où l'action « digestive » ce qui a pour conséquence des effets positifs sur la nervosité et l'insomnie (Laurent, 2017).

2.10.6.9. Activité antiseptiques :

Les aldéhydes et les terpènes sont réputés pour leurs propriétés désinfectantes et antiseptiques et s'opposent à la prolifération des germes pathogènes (Rouani, 2015).

2.10.7. Toxicité des huiles essentielles :

Les études scientifiques montrent que les huiles essentielles peuvent présenter une certaine toxicité. Il faut cependant remarquer que celle-ci varie selon la voie d'exposition et la dose prise. Les HE semblent n'être toxiques par ingestion que si celle-ci est faite en de grandes quantités et en dehors du cadre classique d'utilisation. Les huiles ne seront toxiques par contact que si des concentrations importantes sont appliquées (Degryse et al., 2008).

A graphic illustration showing two hands, one from the top and one from the bottom, gently holding a small green plant with several leaves. A small fly is perched on the stem of the plant. The background is white.

Chapitre 3:

Lutte biologique contre les insectes

3.1. Généralité :

Au cours du temps, le concept de lutte biologique a évolué et a inclus dans sa définition actuelle toutes les formes non chimiques de lutte contre les ravageurs des cultures et des mauvaises herbes. Cette définition extensible s'ajoute à l'utilisation de biocides indépendants ou inactifs, de méthodes culturales, de résistance taxonomique, de phéromones et d'événements (inhibiteurs du développement des insectes), d'insecticides pour les plantes et même de méthodes physiques de contrôle. Ces méthodes biologiques apportent des solutions viables en raison de l'automatisation des micro-organismes pathogènes d'insectes ou des pathogènes végétaux, de leur diversité, de leur spécificité, de leur compatibilité interne avec la nature et de leur capacité à se développer avec et sans intervention humaine (**Sellami et al., 2015**).

3.2. Définition de la lutte biologique :

Elle se définit comme étant l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour lutter contre les vecteurs de maladies et de nuisances. On considère comme agent de lutte biologique, tout organisme qui permet d'interrompre le cycle de développement des insectes et pouvant être utilisé à grande échelle par la communauté (**Ouedraogo, 2011**). Ces organismes sont appelés ennemis naturels et peuvent être des prédateurs (**Mesmin, 2018**).

3.3. Principales formes de lutte biologique :

3.3.1. Lutte biologique classique (par acclimatation) :

Elle consiste à l'introduction des organismes exotiques (non indigènes=allochtones) dans un territoire avec l'espoir qu'ils s'y établissent pour lutter de manière durable contre des organismes exotiques nuisibles (**Bouzerida et al., 2016**).

La lutte biologique classique fut utilisée en Algérie dans les années 1920 lorsque la coccinelle australienne *Rodolia (Novius) cardinalis* (Mulsant) fut introduite pour lutter contre la cochenille exotique *Icerya purchasi* Maskell. Ce ravageur détruisait à l'époque la presque totalité des vergers d'agrumes du pays (**Saharaoui, 2017**).

3.3.2. Lutte biologique par conservation :

Se sont toutes les méthodes qui permettent d'augmenter des populations d'organismes indigènes, par exemple, en modifiant l'environnement ou les pratiques agricoles

(de l'implantation de haies abritant les agents de lutte biologique). La lutte biologique classique et la lutte biologique par conservation ont des rapports très étroits avec l'écologie et la biologie de population (**Bouzerida et al., 2016**).

3.3.3. Lutte biologique par inondation ou inoculation :

Ces méthodes correspondent à l'augmentation du nombre d'ennemis naturels grâce à l'introduction d'un petit nombre d'organismes censés se multiplier dans l'environnement (on parle aussi de lutte biologique par inoculation) ou d'un grand nombre d'organismes qui peuvent ou non se fixer dans l'environnement (on parle aussi de lutte biologique inondative) (**Mesmin, 2018**).

Ce type de lutte n'est pas forcément durable mais vise surtout à protéger une culture pendant une période donnée (période de végétation ou de fructification par exemple) (**Bouzerida et al., 2016**).

3.4. Les agents ou auxiliaires :

3.4.1. Prédateurs :

Les prédateurs tuent leur proie pour se nourrir de leur contenu ; ils sont de taille supérieure à celle des proies (**Ouadah, 2019**). L'utilisation de prédateurs naturels est plutôt récurrente, notamment pour limiter les populations de larves de moustiques. Les poissons larvivores font partie des premiers prédateurs. Le plus représentatif est *Gambusia affinis*, connu aussi sous le nom de faux-guppy. Très efficace contre les moustiques, notamment du genre *Culex*, ce petit poisson survit dans de nombreuses conditions de salinité, d'oxygénation et de turbidité (**Ghosh et Dash, 2007**). De plus, des études récentes montrent que sa simple présence dans un étang peut dissuader les femelles moustiques à pondre, diminuant de ce fait les populations locales de moustiques (**Chobu et al, 2015**).

La présence de Notonectes, qui sont de petites punaises aquatiques prédatrices, peut aussi dissuader les femelles moustiques de pondre dans le même bassin (**Bonizzoni et al, 2013**). Parmi les prédateurs aériens, on retrouve aussi de nombreux oiseaux comme les hirondelles ou les martinets (**Goulu, 2018**).

3.4.2. Les parasitoïdes :

Les parasitoïdes sont les entomophages qui, pour compléter leur cycle de vie, tuent leur hôte. Les parasitoïdes pondent à l'intérieur ou à la surface de l'hôte cible puis la larve issue de l'œuf se nourrit de son contenu et se développe pour se transformer en un adulte, ainsi le développement du parasite entraîne la mort du ravageur (Sellami et al., 2015).

3.4.3. Les micro-organismes

3.4.3.1. Les microchampignons :

Plus de 700 espèces de microchampignons entomopathogènes ont été utilisés en lutte biologique. Ils appartiennent aux sous-taxons des *Mastigiomycotina*, *Zygomycotina*, *Ascomycotina* et *Deuteuromycotina*. Les microchampignons entomopathogènes peuvent infecter leur hôte par ingestion ou par simple contact rendant tous les stades (œuf, larve, adulte) sensibles. Les espèces les plus utilisées en lutte biologique sont du genre *Beauveria*, *Metharizium*, *Verticillium*, *Erynia*, *Hirsutella*, *Entomophthora* et *Entomophaga* (Sellami et al., 2015).

3.4.3.2. Les bactéries :

Bacillus sphaericus et *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bt-H14) (Figure 13) sont utilisés comme larvicides. Ces bactéries forment au cours de leur phase de sporulation, une ou plusieurs inclusions parasporales ou cristaux, toxiques pour les larves aquatiques de plusieurs espèces de moustiques et de simules après ingestion. Ces cristaux contiennent les endotoxines qui constituent le principe actif de ces bio-insecticides (Ouedraogo, 2011).

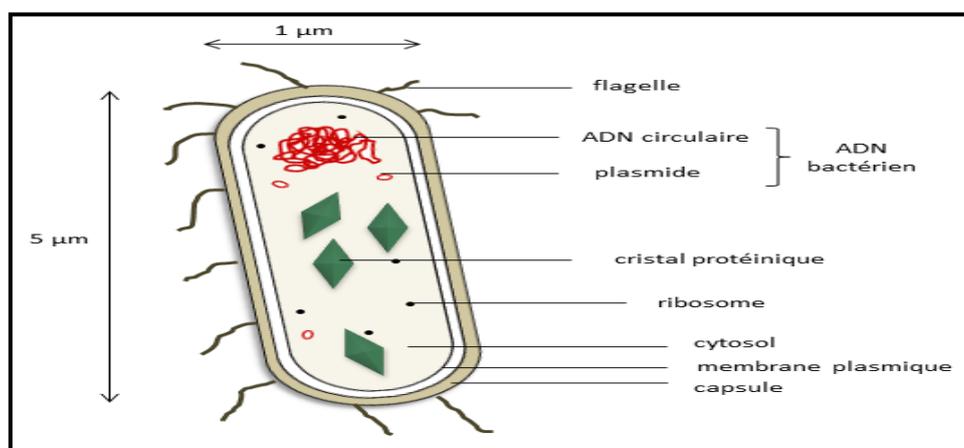


Figure 13 : Schéma d'un *Bacillus thuringiensis* (Bouzerida et al., 2016).

Les spores des bactéries entomophages ingérées s'accumulent dans l'intestin des larves (**Figure 14**). Les cristaux sont alors digérés, ce qui entraîne la libération des endotoxines provoquant à terme la mort de la larve (**Romão et al., 2011**).

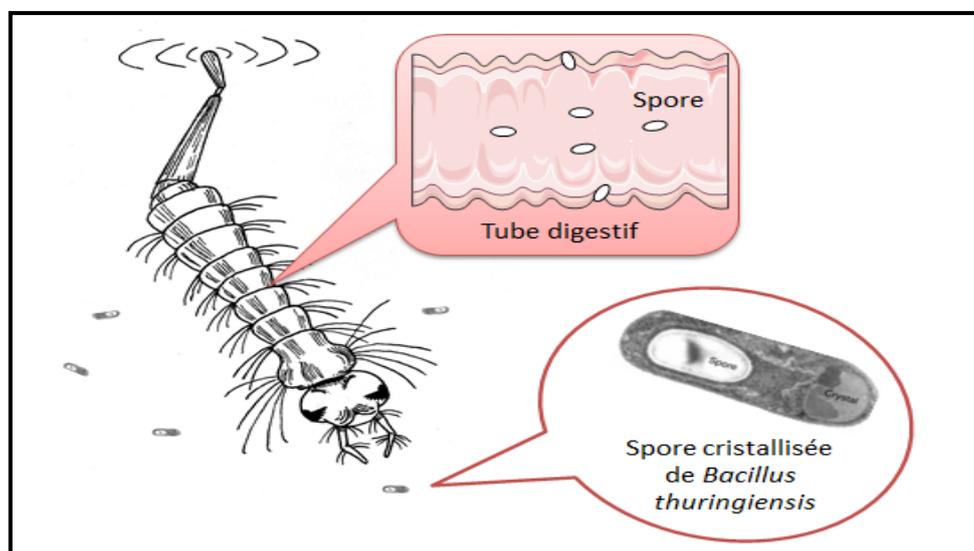


Figure 14: Mode d'action de la spore de Bt sur la larve de moustique (**Goulu, 2018**).

3.4.3.3. Les Virus :

On distingue deux groupes de virus entomopathogènes : les virus possédant des corps d'inclusion paracrystallins et les virus sans corps d'inclusion. Ces deux groupes sont divisés en sept familles. Les *Baculoviridae*, les *Reoviridae* et les *Poxviridae* sont les virus les plus utilisés en lutte biologique parmi les 650 espèces de virus entomopathogènes connus. Les baculovirus sont des virus en forme de bâtonnet, leur génome est constitué d'une molécule d'ADN bi-caténaire, circulaire, super-enroulée de haut poids moléculaire. Lorsque les baculovirus infectent le noyau des cellules, ils forment des corps d'inclusion appelés les polyèdres, qui sont riches en particules virales. Une fois ingérés, les polyèdres sont dissous dans le suc intestinal de l'insecte libérant les virions qui traversent les cellules de l'épithélium intestinal par fusion membranaire ou par endocytose pour infecter par la suite les tissus de l'hôte (**Sellami et al., 2015**).

3.5. Les avantages de la lutte biologique :

Les principaux avantages de la lutte biologique sont son innocuité, sa spécificité, son acceptabilité sociale potentielle, l'absence de développement de résistance chez les ravageurs (**Lambert, 2010**).

3.6. Les inconvénients de la lutte biologique :

Les principaux inconvénients sont le risque d'effet sur des organismes non dirigés, son irréversibilité, les appréhensions de certains consommateurs, son coût actuel élevé, la complexité de production de certains auxiliaires et son effet restreint. Il est important de préciser qu'autant ces avantages que ces inconvénients sont variables selon l'auxiliaire, le ravageur et les conditions d'utilisation (**Lambert, 2010**).

3.7. Le monde botanique et les insecticides :

Plus de 59 familles et 188 genres de plantes sont utilisés pour la répression des insectes ravageurs. Ces plantes contiennent des substances qui ont des propriétés anti-appétences, répulsives ou même insecticides (**Sellami et al., 2015**).

3.7.1. Activité insecticide sur les moustiques vecteurs de pathologies humaines :

3.7.1.1. *Culex pipiens* :

De nombreux insecticides sont généralement utilisés comme larvicides pour contrôler *Culex pipiens*, vecteur de la filariose lymphatique. Une étude a été entreprise pour évaluer l'activité anti-larvicide d'extraits de plantes (dont le Romarin) potentiellement actifs sur les larves de *Culex pipiens*. Les effets des extraits, éthanoliques et à l'éther de pétrole, ont été évalués in vitro sur le troisième stade larvaire de *Culex pipiens*. De façon générale, les extraits à l'éther de pétrole ont été plus efficaces contre les moustiques que les extraits éthanoliques. Parmi tous les extraits testés, celui de *Rosmarinus officinalis* a présenté une efficacité moyenne (**Hasaballah, 2015**).

Les huiles essentielles de plantes ont été proposées comme une alternative prometteuse à l'anti-moustique établi : le DEET (N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide). Une étude a effectué des tests sur des moustiques *Cx. pipiens* femelles. Parmi les 9 huiles essentielles testées, c'est celle du Romarin qui s'est avérée la plus efficace (vitesse de répulsion la plus élevée : 45 mm/min) et elle est aussi beaucoup plus efficace que le DEET. En conclusion, cette étude suggère que 8 des huiles essentielles testées (dont celle de Romarin) peuvent être utilisées comme contrôle des vecteurs de maladies (par exemple, l'imprégnation des moustiquaires) (**Adams et al., 2016**).

3.7.1.2. *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus* :

Les piqûres de moustiques appartenant aux genres *Anopheles*, *Culex* sont une nuisance générale et sont responsables de la transmission de maladies tropicales graves comme la malaria, la dengue hémorragique. Les plantes sont des sources traditionnelles d'huile essentielle répulsives pour les moustiques, d'huiles glycéridiques et de produits chimiques répulsifs et synergiques. Une revue a fait une recherche sur les brevets de répulsifs anti-moustiques à base d'huile essentielle et a révélé l'existence de 144 brevets, principalement originaires d'Asie. En général, ces brevets décrivent des compositions répulsives pour diverses applications. L'huile essentielle de *R. officinalis* étudiée a pour composés majoritaires : verbénone, camphre, bornéol, acétate de bornyle, α -terpinéol, terpinèn-4-ol (ils ont tous prouvé une action anti-moustique). Elle est présente dans 9% des brevets répertoriés par cette revue. L'huile essentielle de Romarin présente des propriétés anti-moustiques [PP : Période de Protection en heures] sur : *Anopheles stephensi* (PP = 8 h ; 100% de répulsion), *Culex quinquefasciatus* (PP = 8 h ; 100% de répulsion) (Pohlit et al., 2011).

3.7.2. Activité insecticide contre d'autres insectes parasites de végétaux :

L'activité insecticide de l'huile essentielle de Romarin contre divers insectes parasites de végétaux a été étudiée par plusieurs auteurs (Sánchez Chopa et Descamps, 2012 ; Zhang et al., 2015 ; Moretti et al., 2002; Tak et al., 2016). Les résultats paraissent encourageants et l'huile essentielle de Romarin pourrait être une alternative intéressante dans le contrôle des insectes nuisibles.

Chapitre 4:

Effet larvicide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*
à l'égard de *Culex pipiens* : Aspect toxicologique



4.1. Extraction de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* :

Les parties aériennes de *Rosmarinus officinalis*. Ont été collectées en mois d'avril, sur des arbustes d'apparence saine. La matière végétale, cueillie, a été séchée à l'air libre, à l'ombre jusqu'à la stabilisation de son poids (7jours).L'extraction de l'huile essentielle a été faite par la méthode d'hydro distillation des feuilles sèches de la plante durant 2 heures (**Figure 15**), à l'aide d'un appareil de type Clevenger (**Mouasetal., 2017**). Il est constitué d'un chauffe ballon, un ballon de 1L, une colonne de condensation de la vapeur (réfrigérant) et un collecteur en verre qui reçoit les extraits de la distillation (**Fadil et al., 2015**). Les vapeurs chargés d'huile, en traversant un réfrigérant, se condensent et sont récupérées dans une ampoule à décanter. L'eau et l'huile se séparent par différence de densité (**Mouas et al., 2017**). L'huile essentielle obtenue est conservée au réfrigérateur dans un flacon en verre brun fermé hermétiquement à 4°C et à l'ombre (**Fadil et al., 2015**).

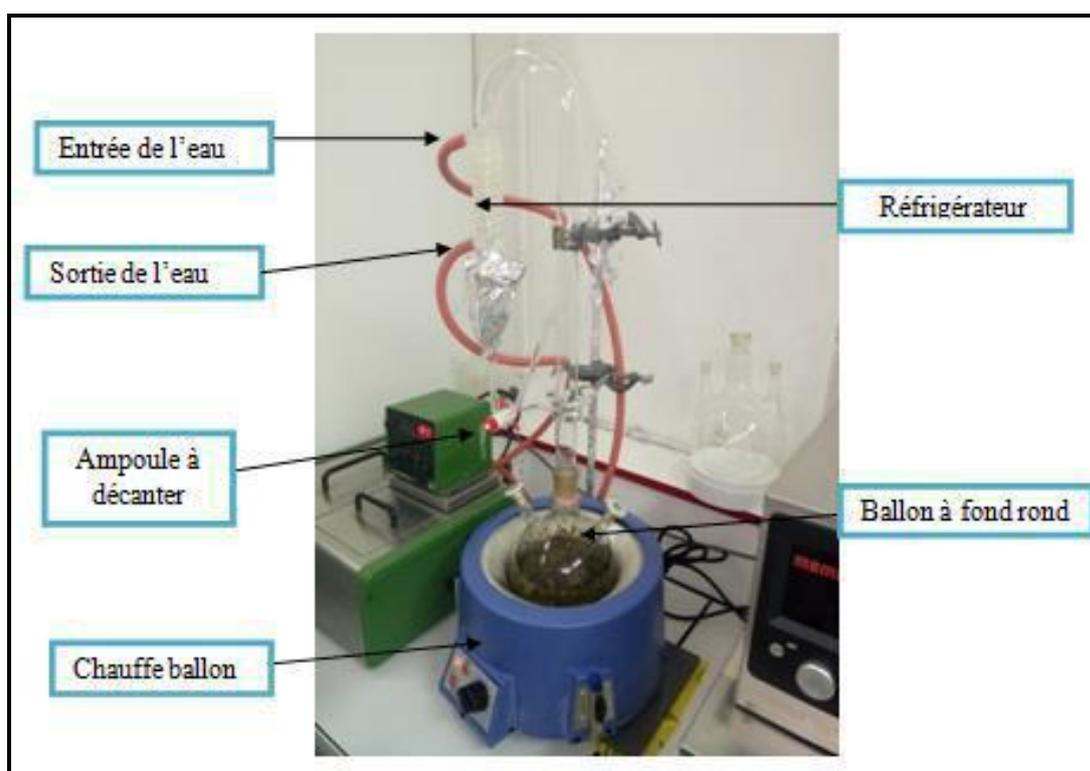


Figure 15: Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger (**Houam et Achouri, 2019**).

4.2. Rendement de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* :

Le rendement en huile essentielle est exprimé par le volume d'huile (en millilitre) obtenue pour la masse 100 g de matière végétale sèche par la relation suivante :(**Ghanmi et al., 2010**) .

$$\text{Rdt}(\%) = \left[\frac{v}{ms} \times 100 \right] \mp \left[\frac{\Delta V}{ms} \times 100 \right]$$

Avec :

Rdt (%) : rendement en HE (ml/g).

V : volume d'HE recueilli.

ΔV : erreur sur la lecture.

ms : masse végétale sèche.

La méthode d'obtention des huiles essentielles reste une étape très importante, qui peut agir directement sur la qualité et la quantité des huiles essentielles. Le succès de cette étape est interprété par le calcul des rendements (**Bruneton, 1987**). Le rendement 1.24 % est conforme avec les normes AFNOR. (0,5-2).

(**Ben Slimane et al., 2015**) Le rendement moyen de l'huile essentielle de *R.officinalis* était de 1,34%.

(**Neffar et Benabderahmane, 2013**) montrent une teneur en huile essentielle de (0.74% et 0.47%) pour la même espèce récoltée respectivement du Nord et du Sud « Djebel Metlili » Batna.

(**Houam et Achouri., 2019**) présente un rendement de 1.24 % de la matière sèche de la partie aérienne de la plante de la région de Tébessa.

(**AtikBekkaraet al ; 2007**) ont montré que le romarin sauvage a donné un rendement de 0.8%.

(**Fadil et al., 2015**) montre qu'il existe plusieurs facteurs influençant le rendement parmi eux on cite les facteurs géo climatiques (la nature du sol, la température), la période de la récolte, la durée de séchage, le mode d'extraction et les parties de la plante utilisé.

4.3. Elevage des larves de *Culex pipiens* :

Les larves de *Culex pipiens* utilisées pour l'élevage ont été collectées dans des gites non représentés de la région de Morssott (**Figure 16**). La récolte est faite dans des bacs en plastique à l'aide d'une passoire afin de réduire la quantité d'eau lors du prélèvement des larves. La collecte est faite dans des récipients dont le contenu de chaque récipient est déplacé dans des cristallisoirs. A l'aide d'une pipette-gouttes, les larves sont triées, selon leurs stades de développement, dans des gobelets contenant l'eau déchlorurée. La nourriture des larves est composée d'une mixture composée de biscuits (75%) et de levure sec (25%) réduits finement en farine et tamisés. L'eau est renouvelée chaque 2 jour. Les nacelles, après éclosion, vont se développer et transformer en larves (**Figure 17**).



Figure 16 : Site d'élevage des *Culex pipiens* (Photo personnel).

Nous avons procédé à des observations journalières jusqu'à l'obtention des nymphes. Ces dernières sont placées dans des cages cubiques recouvertes d'un tulle avec une ouverture fermée par une épingle pour faciliter le retrait des bacs. Sur les cages nous avons placé un repas sucré pour les mâles (raisin sec) et un repas sanguin pour les femelles.

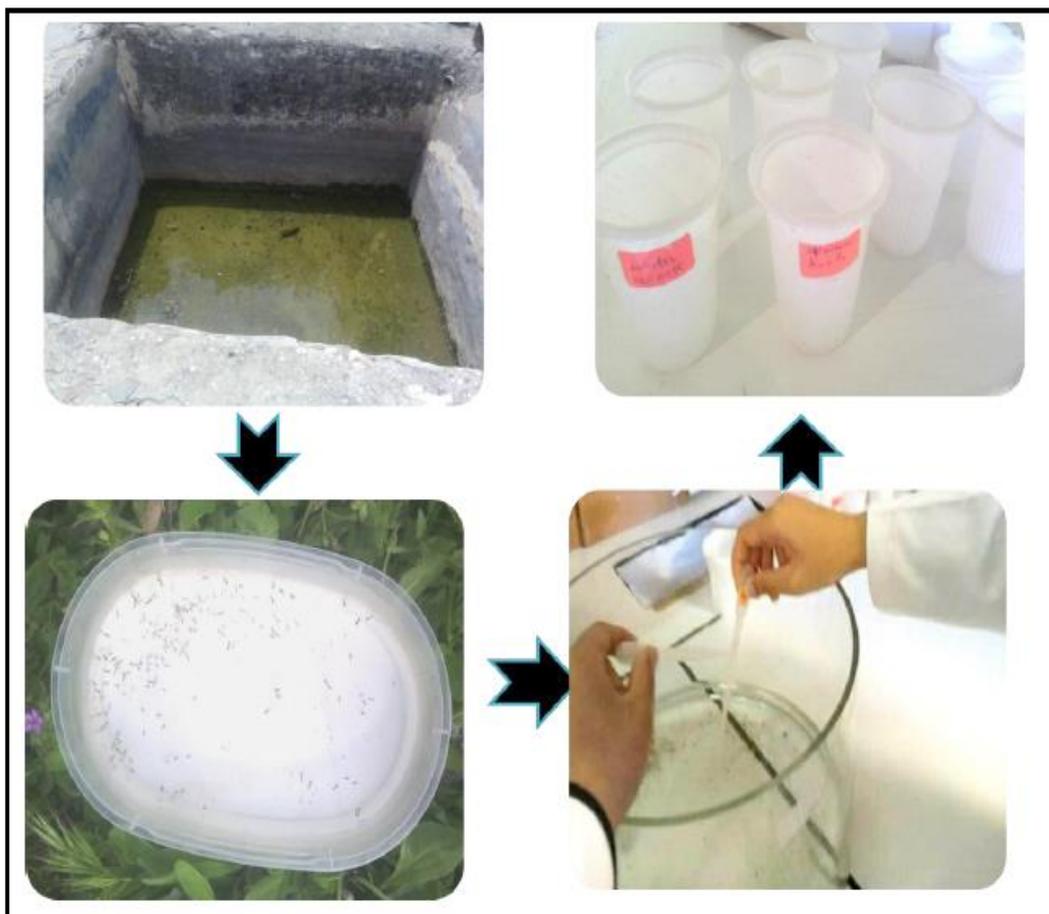


Figure 17: Les étapes de la technique d'élevage (photo personnelle).

4.4. Test de toxicité :

Les tests toxicologiques sont adoptés pour tester la sensibilité des larves, vis-à-vis des insecticides utilisés en campagnes de lutte (OMS, 1963). 1mL de chaque solution préparée est mis dans des récipients contenant 150 mL d'eau déchlorurée en contact avec 20 larves du stade 4 de *Culex pipiens*. Le même nombre de larves a été placé dans des récipients témoin contenant 150 ml d'eau déchlorurée. Dix répétitions ont été réalisées pour chaque dilution ainsi que pour le témoin. Nous avons dénombré les larves mortes et vivantes après 24, 48,72 h de contact avec l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* (Berrah et Ahcene, 2016).

4.5. L'effet larvicide des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens* :

Les tests de toxicité sont appliqués sur des larves du quatrième stade (L4) nouvellement exuviées de *Culex pipiens* avec des différentes concentrations.

(Houam et Achouri, 2019) montrent une sensibilité variable des larves L4 nouvellement exuviées de *Culex pipiens* vis-à-vis de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*. Le pourcentage de mortalité augmente de manière progressive au cours du temps et ce pour chaque concentration-test.

(Benayad, 2008) montrent que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* appliquée à différentes concentrations pendant 24h, présente un effet toxique qui varie selon la concentration, avec une mortalité importante observée de 100% comparativement aux témoins, à la concentration la plus élevée (350 ppm). Cette étude toxicologique a mis en évidence l'activité larvicide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*, avec une relation concentration-réponse. En effet, si on peut mettre en évidence une relation entre la quantité d'un produit et des changements conséquents sur une fonction, on caractérise déjà mieux l'efficacité du produit.

(Berrah et Ahcene, 2016) montrent que Les concentrations létales, la CL50 (ou l'insecticide induit la mortalité de 50 % de la population ciblée), et le CL90 (qui provoque la mortalité de 90% de la population).

(Alaoui Boukhris, 2009) au Maroc. Il a été confirmé que les concentrations minimales nécessaires pour atteindre 100 % de mortalité des larves de *Culex pipiens* ont été évaluées à (4ml/L) pour *Rosmarinus officinalis*, ce qui correspond à huit fois la concentration utilisée dans notre étude (500 µl/L).

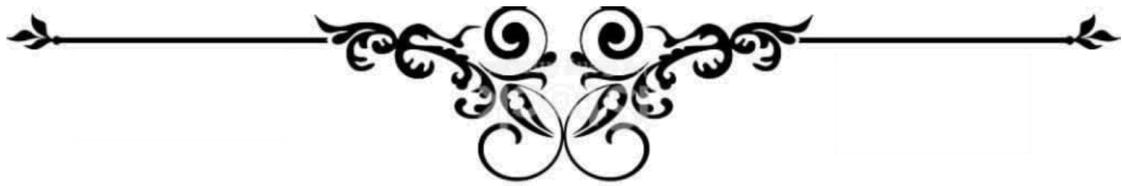
(Djekidel et Benbahaz, 2016) montrent que la concentration de 1.25 ml/L de l'huile essentielle extraite à partir de *Rosmarinus officinalis* récolté dans la région de Laghouat induit

une mortalité de 100 % des larves de *Culex pipiens*.

(Jonatas et al, 2015) montrent que l'huile essentielle des parties aériennes de *Rosmarinus officinalis* L'extraite par hydrodistillation, possède un effet toxique contre *A. Aegypti*. Il n'a été observé que la nanoémulsion contenant de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* causé $80 \pm 10\%$ de mortalité après 24 h et $90 \pm 10\%$ de la mortalité après 48 heures.



CONCLUSION



Conclusion :

Compte tenu des problèmes liés à l'application des insecticides chimiques et leur impact nocif sur la santé et l'environnement, il est nécessaire d'utiliser des alternatives naturelles qui jouent le même rôle que les insecticides synthétiques et présentent des avantages écologiques et économiques.

Dans notre étude bibliographique, nous avons évalué l'activité anti-larvaire des huiles essentielles végétales, *Rosmarinus officinalis* sur une espèce de moustique, *Culex pipiens* la plus répandue en Algérie, où les recherches scientifiques ont prouvé au cours des années précédentes que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* montre une activité larvicide intéressante contre les larves L4 nouvellement exuvies de *Culex pipiens*.

Par conséquent, ces huiles essentielles ont des propriétés insecticides car les résultats précédemment obtenus ouvrent des perspectives intéressantes d'application dans la production de biocides.

A

Abdessultane, M. (2017). Effet du Romarin (*Rosmarinus officinalis*) sur la conservation traditionnelle des dattes dans la région d'Adrar (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draia-ADRAR).68p.

Adams, T. F., Wongchai, C., Chaidee, A., & Pfeiffer, W. (2016).“Singing in the Tube” audiovisual assay of plant oil repellent activity against mosquitoes (*Culex pipiens*). *Parasitology research*, 115(1), 225-239.

Aïssaoui L. Boudjelida H. 2014. Larvicidal activity and influence of *Bacillus thuringiensis* (Vectobac G), on longevity and fecundity of mosquito species.Euro. J. Exp. Bio., 4 (1): 104-109.

Akami M., Niu C., Chakira H., Chen Z., Vandi T and Nukenine E.N.(2016). Persistence and comparative pesticidal potentials of some constituents of *Lippia adoensis* (Lamiales: Verbenaceae) essential oil against three life stages of *Callosobruchus maculatus* (Fab) (Coleoptera: Bruchidae).*British Biotechnology Journal*. 13(4): 1-16.

Alaoui Boukhris M. (2009). Activités larvicides des extraits de plantes sur les larves de moustiques vecteurs de maladies parasitaires, Thèse de Master Sciences et Techniques: CMBA Chimie des Molécules Bio Actives, Université Hassan II Mohammedia, Algérie. 55 - 75p.

Alayat, M. S. (2012). Bio-écologie, position taxonomique et compétence vectorielle du complexe *Culex pipiens* (Diptera; Culicidae) responsable de la transmission du virus West Nile et du virus de la fièvre de la vallée du Rift en Algérie. Mémoire de Magistère en Biologie environnementale, option de Biologie et écologie animale. Université Annaba. 67p.

Amara Korba, R. (2015). Évaluation du risque d'introduction du virus West Nile et du virus de la fièvre de la vallée en algérie. These de doctorat. Département de biologie. Université Badji Mokhtare d'Annaba. Pp 19,20.

Andrade, J. M., Faustino, C., Garcia, C., Ladeiras, D., Reis, C. P., & Rijo, P. (2018). *Rosmarinus officinalis* L.: an update review of its phytochemistry and biological activity. *Future science OA*,4(4), FSO283.

Aouad, A.Belayachi K.(2019). Contribution à l'étude de l'activité antimicrobienne de l'extrait hydro-méthanolique de *Rosmarinus officinalis* L. récolté à la région de Naama vis-à-vis de certains germes responsables de toxi-infections alimentaires (thèse de master, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem). 97p.

Aouati, A. (2016). Etude de la toxicité de certaines plantes sur les larves de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae).thèse de doctorat (Universite Des Freres Mentouri).

Atikbekkara, F., Bousmaha, L., Taleb bendiab, S.A., Boti, J.B., Casanova J. (2007) Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. *Biologie & Santé*. 7: 6-11p.

Azamoum, F., Rabia, F. Z., & Iguer-Ouada, M. E. (2018). Intérêt des huiles essentielles du *Rosmarinus officinalis* dans la conservation de la mobilité du sperme du bélier à 4° C.(thèse de master).

B

Badreddine, B. S., Olfa, E., Samir, D., Hnia, C., & Lahbib, B. J. M. (2015). Chemical composition of *Rosmarinus* and *Lavandula* essential oils and their insecticidal effects on *Orgyia trigotephra* (*Lepidoptera, Lymantriidae*). *Asian Pac J Trop Med*, 8(2), 98-103

Bawin, Thomas, et al. "La lutte contre les moustiques (*Diptera: Culicidae*): diversité des approches et application du contrôle biologique." *The Canadian Entomologist* 147.4 (2015): 476-500.

Bayala, B. (2014). Etude des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires, anti-prolifératives et anti-migratoires des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Burkina Faso sur des lignées cellulaires du cancer de la prostate et de glioblastomes (Doctoral dissertation). 224p.

Belayadi, K., and Ouali, K. (2010) "Caractérisation des peuplements de culicidés ornithophiles, mammophiles et anthropophiles responsables de la transmission de maladies au niveau des régions lacustres du Parc National d'El-Kala." Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences de la mer. Université Badji Mokhtar Annaba. pp 48.

Benayad, N. (2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Université Mohammed V – Agdal. Rabat, 63 p.

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.

Benhissen, S., Habbachi, W., & Ouakid, M. L. (2017). biodiversité et répartition des moustiques (*diptera: culicidae*) dans les oasis de la région de Biskra (sud-est algérien). Université Badji Mokhtar, El-Hadjar, Annaba, Algérie, n°1: 96-101.

Ben Malek, L. (2010). Etude bioécologie des *Culicidae* des zones urbaines et rurales de l'extrême Nord-Est Algérien. Lutte bactériologique par le *Bacillus thuringiensis* s.s. sérotype H14 à l'égard des adultes femelles et des larves néonats d'*Anopheles maculipennis* s.s. *lambanensis*. Mémoire de magister. 95p.

Ben Slimane B, Ezzine O, Dhari S, Chograni H, Ben Jamaa M, L. (2015). Chemical composition of *rosmarinus* and *lavandula* essential oils and their insecticidal effects on *orgyia trigotephra* (*lepidoptera, lymantriidae*). *Asian Pac J Trop Med*, 8(2), 98-103

Benserradj, O. (2014). Evaluation de *Metarhizium anisopliae* à titre d'agent de lutte biologique contre les larves de moustiques. (thèse de doctorat, Université Constantine 1). 208p.

Berchi, S., Aouati, A., & Louadi, K. (2012). Typologie des gîtes propices au développement larvaire de *Culex pipiens* L. 1758 (*Diptera-Culicidae*), source de nuisance à Constantine (Algérie). *Ecologia Méditerranéa*, 38, 5-16.

Borrás-Linares, I., Stojanović, Z., Quirantes-Piné, R., Arráez-Román, D., Švarc-Gajić, J., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. (2014). *Rosmarinus officinalis* leaves as a natural source of bioactive compounds. *International journal of molecular sciences*, 15(11), 20585-20606.

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(3):pp.1-6.

Boukraa, S. (2010). Bio-systématique des moustiques (*Diptera: Culicidae*) dans et aux alentours des fermes d'élevage en Belgique.

Boukhobza, F., & Goetz, P. (2014). *Phytothérapie en odontologie* - Editions CdP : Initiatives Santé.

Boyer, S. (2011). Résistance métabolique des larves de moustiques aux insecticides: Conséquences environnementales (Thèse de doctorat).

Bouzerida, K. Mandi, R. Lahlouh, B. (2016). La lutte biologique contre les insectes nuisibles: Utilisation des plantes et des extraits de plantes. Thèse de master. Université des Frères Mentouri Constantine.115p.

C

Casanova, J., & Tomi, F. (2018). Spécificité de l'huile essentielle de romarin spontané (*Rosmarinus officinalis L*) de Corse et de Sardaigne.

Castellana, R et Jama, S. *Floriculture et parfumerie: les origines de l'acclimatation végétale sur la cote d'azur*. Issued by the phoenix project, 2012

Chafai Elalaoui, A., Boukil, A., Bachar, M., & Lkhoumsi, D. Guermal A Aafi A et al .(2014) Manuel des bonnes pratiques de collecte du romarin «*Rosmarinus officinalis*». *Centre de Recherche Forestière, HCEFLCD*. P :03,04.

Chenni, M. (2016). Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic «*Ocimum basilicum L*» extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. Mémoire de doctorat, université d'Oran1.185p.

Chibah, R., & Labandji, A. (2017). Extraction et caractérisation des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et l'étude de quelques activités biologiques. (thèse de master, université d'bouira).73p.

Chobu M, Nkwengulila G, Mahande AM, Mwang'onde BJ, Kweka EJ (2015) *Direct and indirect effect of predators on Anopheles gambiae sensu stricto*. *Acta Trop*. 142:131-7

Couic-Marinier, F., & Lobstein, A. (2013). Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités pharmaceutiques*, 52(525), 22-25.

D

Dahchar Z., Bendali-Saoudi F and Soltani N., 2016. Larvicidal activity of some plant extracts against two mosquito species *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*.,4(4): 346-350.

Degryse A., Delpla I., Voinier M. (2008). Risque et bénéfices possibles des huiles essentielles. Ingénieure du Génie Sanitaire, atelier santé environnement.

Deletre Emilie. (2014). De la répulsion chez les insectes - Cas d'étude du moustique *Anophelesgambiae* et de la mouche blanche Bemisiatabaci. Montpellier : Montpellier SupAgro, 312 p. Thèse de doctorat : Ecosystèmes et sciences agronomiques : Montpellier SupAgro.

De Oliveira, J. R., Camargo, S. E. A., & De Oliveira, L. D. (2019). *Rosmarinus officinalis* L.(rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *Journal of biomedical science*, 26(1), 5.

Djeghader N, (2014).Impact d'un régulateur de croissance des insectes, novaluron sur *Culex pipiens*, aspects: developpemental, structural et hormonal. p06

Djekidel F. et Ben bahaz N. (2016). Effet de trois plantes médicinales à l'égard de trois espèces des *Culicidées* dans la région de Laghouat, Département de Biologie, Faculté des Sciences mémoire de Master Parasitologie et interactions négatives, Université Amar Telidji-Laghouat, Algérie.

Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: a critical review. *Medicines*, 3(4), 25.

F

Fadi Z, (2011), *Rosmarinus officinalis* Le bon procédé d'extraction pour un effet thérapeutique optimal.Pour l'Obtention du Doctorat en pharmacie université Mohammed –V faculté de Médecine et de pharmacie-Rabat. 210p.

Fadil, M., Farah, A., Ihssane, B., Haloui, T., & Rachiq, S. (2015). Optimisation des paramètres influençant l'hydrodistillation de *Rosmarinus officinalis* L. par la méthodologie de surface de réponse Optimization of parameters influencing the hydrodistillation of *Rosmarinus officinalis* L. by response surface methodology. *J. Mater. Environ. Sci*, 6(8), 2346-2357.University, Fez , Morocco.

Fatima, B. E. R. R. A. H., &Hadjer, A. H. C. E. N. E. (2017). Etude préliminaire de l'effet larvicide d'une plante du genre *Rosmarinus* à l'égard de *Culex pipiens* (Doctoral dissertation).

G

Gabriel, I., Alleman, F., Dufourcq, V., Perrin, F., & Gabarrou, J. F. (2013). Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles. 2. Hypothèses sur les modes d'action impliqués dans les effets observés. *INRA Prod. Anim*, 26(1), 13-24.

Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Isamili, M. R., Houti, H., El Monfalouti, H., ... & Chaouch, A. (2010). Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guerçif (Maroc oriental). *Phytothérapie*, 8(5), 295-301.

Ghosh, S. K., & Dash, A. P. (2007). Larvivorous fish against malaria vectors: a new outlook. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 101(11), 1063-1064.

Ghourri, M., Zidane, L., & Douira, A. (2014). La phytothérapie et les infections urinaires (La pyélonéphrite et la cystite) au sahara Marocain (Tan-Tan). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 20(3), 3171-3193.

Goulu, M. (2018). Développement d'une nouvelle stratégie de protection chimique contre les moustiques vecteurs de maladies: utilisation d'une association répulsif/insecticide afin d'optimiser l'efficacité du traitement tout en réduisant les doses utilisées (Doctoral dissertation, Angers). 225p.

H

Hasaballah, A. I. (2015). Toxicity of some plant extracts against vector of lymphatic filariasis, *Culex pipiens*. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 45(1), 183-192.

Herzi, N. (2013). *Extraction et purification de substances naturelles: comparaison de l'extraction au CO₂-supercritique et des techniques conventionnelles* (Doctoral dissertation).

Houam A., Achouri K. (2019). Evaluation du potentiel larvicide d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* à l'égard de *Culex pipiens*. thèse de master. Université Larbi Tébessi-Tébessa-

I

Ibrahim, H. A., Sawires, S. G., & Hamza, A. F. (2018). Morphological characterization and distribution of antennal sensilla of irradiated female mosquito, *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) with gamma radiation. *Journal of radiation research and applied sciences*, 11(4), 291-298.

J

Jonatas L., Duartea., Jesús R., Amadoa., Anna E. Oliveíraa, Rodrigo S. Cruzb, Adriana. M., Ferreiraa, Raimundo N.P., Soutoc, Deborah Q., Falcãod, José C.T., Carvalhoa, Caio P., Fernandes, (2015) :Evaluation of larvicidal activity of a nanoemulsion of *Rosmarinus officinalis* essential oil.

Juárez, Z. N., Bach, H., Sánchez-Arreola, E., Bach, H., & Hernández, L. R. (2016). Protective antifungal activity of essential oils extracted from *Buddleja perfoliata* and *Pelargonium graveolens* against fungi isolated from stored grains. *Journal of applied microbiology*, 120(5), 1264-1270.

K

Khia, A., Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Aberchane, M., Quaboul, B., ... & Charrouf, Z. (2014). Effet de la provenance sur la qualité chimique et microbiologique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. du Maroc. *Phytothérapie*, 12(6), 341-347.

L

Lakhdar, L. (2015). Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans*: Etude in vitro (Doctoral dissertation).

Lambert, N. (2010). Lutte biologique aux ravageurs: applicabilité au Québec (Doctoral dissertation, Université de Sherbrooke–Canada-). 103p.

Laurent Julia. (2017). Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine (Doctoral dissertation, université Toulouse 3). 225p

M

Marion L., 2015. Le Romarin, *Rosmarinus officinalis* L. une Lamiacée médicinale de la garrigue provençale. Université d'Aix-Marseille – Faculté de Pharmacie. 229 p.

Mehalaine, S. (2017). Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de quelques plantes médicinales et amélioration de leur production en culture in vitro.134p.

Mouas, Y., Benrebiha, F., & Chaouia, C. (2017). Evaluation de l'activité antibacterienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du romarin *rosmarinus officinalis* l. *Revue Agrobiologia*, 7(1), 363-370.

Moretti, M. D., Sanna-Passino, G., Demontis, S., & Bazzoni, E. (2002). Essential oil formulations useful as a new tool for insect pest control. *AAPs PharmSciTech*, 3(2), 64-74.

Mesmin, X. (2018). La régulation naturelle des insectes ravageurs des cultures légumières et ses conséquences sur la production: quantification du service fourni et recherche de leviers pour son intensification. Thèse de doctorat. Université pretagne. 279p.

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*.

N

Neffar, F., & BENABDRRAHMENE, Z. (2013). Quantification des Huiles Essentielles dans deux Espèces de Romarin (*Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*) au niveau de Djebel Metllili (Batna).

O

Omonijo, F. A., Ni, L., Gong, J., Wang, Q., Lahaye, L., & Yang, C. (2018).Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production. *Animal Nutrition*, 4(2), 126-136

Ouadah, F. (2019). Lutte biologique contre les pucerons. Interaction entre parasitoïde et prédateurs: Cas du parasitoïde d'Aphis gossypii Glover (Hom: *Aphididae*) *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hym: *Braconidae: Aphidiinae*) et de la cécidomyie prédatrice *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (*Diptère: Cecidomyiidae*) (thèse de magister, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem).90p.

Ouedraogo, T. D. A. (2011). Lutte bio-écologique contre *Culex Pipiens* quinquefasciatus en milieu urbain au Burkina Faso (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou UFR/Sciences de la vie et de la terre (UFR/SVT), Burkina Faso).137p.

P

Pavela F., Maggi F.,Hélène M.,Buntcha M., Woguem V., Paulin H., Dongmo F. et al.(2016).Traditional herbal remedies and dietary spices from Cameroon as novel sources of larvicides against filariasis mosquitoes.*Parasitol Res.*115:4617–4626.

Pohlit, A. M., Lopes, N. P., Gama, R. A., Tadei, W. P., & de Andrade Neto, V. F. (2011). Patent literature on mosquito repellent inventions which contain plant essential oils—a review.*Planta medica*, 77(06), 598-617.

Poupardin, R. (2011). Interactions gènes-environnement chez les moustiques et leur impact sur la résistance aux insecticides (Doctoral dissertation.Université de Grenoble).287p.

R

Ramakrishna A, Ravishankar G. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior*, p: 6.

Rašković, A., Milanović, I., Pavlović, N., Čebović, T., Vukmirović, S., & Mikov, M. (2014). Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*) essential oil and its hepatoprotective potential. *BMC complementary and alternative medicine*, 14(1), 225.

Resseguier, Pierre. (2011). Contribution à l'étude du repas sanguin de *Culex pipiens pipiens*. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat, Université Paul – Sabatier de Toulouse.80.

Riguet, S., & Mezroua, Z.(2019) Utilisation de quelques extraits végétaux (*Colocynthis vulgaris et Rosmarinus officinalis*) dans la lutte contre la pourriture de l'inflorescence du palmier dattier dans la région de Biskra. p:10.

Ripert, C. (2007). Epidémiologie des maladies parasitaires, affections provoqués ou transmises par les arthropodes. Tome 4, Cachan : EM inter, 581p

Romão, T. P., de-Melo-Neto, O. P., & Silva-Filha, M. H. N. L. (2011). The N-terminal third of the BinB subunit from the *Bacillus sphaericus* binary toxin is sufficient for its interaction with midgut receptors in *Culex quinquefasciatus*. *FEMS microbiology letters*,321(2), 167-174.

Rouani, M. (2015). Contribution à la valorisation du potentiel aromatique et médicinal des plantes marocaines: Genre *Artemisia*. Valorisation par combinaison des méthodes phytochimiques, de synthèse organique et d'activité biologique (Doctoral dissertation). P:16,17.

Ryma, L. (2016). Valorisation des huiles essentielles et des extraits de *Satureja calamintha nepeta*: activité antibactérienne, activité antioxydante et activité fongicide (Doctoral dissertation, Université BADJI Mokhtar Annaba).

S

Saharaoui, L. (2017). Les coccinelles algériennes (*Coleoptera, Coccinellidae*): analyse faunistique et structure des communautés (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).194p.

Sánchez Chopa, C., & Descamps, L. R. (2012). Composition and biological activity of essential oils against *Metopolophium dirhodum* (*Hemiptera: Aphididae*) cereal crop pest. *Pest management science*, 68(11), 1492-1500.

Sellami, S., Tounsi, S., & Jamoussi, K.(2015). La lutte biologique, alternative aux produits phytosanitaires chimiques.*Journal of new sciences*.19(5),736-743.

Soltani, N., Larhem, A. B., & Boudjelida, H. (2010). Lutte chimique contre le moustique: évaluation d'un insecticide sélectif à l'égard des larves de *Culex pipiens*. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat, (47), 177-182.

T

Tabti, N. (2017). Étude comparée de l'effet de *BACILLUS THURINGIENSIS* sur les populations purifiées et des populations des gîtes artificiels de *CULEX PIPIENS*

(DIPTERCULICIDAE) dans la ville de Tlemcen. These de doctorat. Département d'écologie et environnement. Université de Tlemcen.180p.

Tak, J. H., Jovel, E., & Isman, M. B. (2016). Comparative and synergistic activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil constituents against the larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Pest management science*, 72(3), 474-480.

W

Wollinger A., Perrin E., Chahboun J., Touraud D. and Kunz W. (2016).Antioxydant activity of hydro distillation water residues from *Rosmarinus officinalis*L. leaves determined by DPPH assays, Comptes Rendus Chimie 1631-0748/Academie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS.

Z

Zaïbet, W. (2018). Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de *Daucus aureus* (Desf) et de *Reutera lutea* (Desf.) Maire, et leur application comme agents antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (*PEBD*)(Doctoral dissertation).119p.

Zerroug, S., & Berchi, S. (2018). Etude biométrique et histologique sur des larves de *Culex pipiens* Linnée, 1758 (*Diptera, Culicidae*) Exposées aux extraits aqueux de plantes (Doctoral dissertation, (Universite Des Freres Mentouri).p .12,13,18

Zhang C., Runqiang L., He J., Zhiqing M.,and Zhang X.,2016.Chemical compositions of *Ligusticumchuanxiong* oil and *Lemongrass*oil and their Joint Action against *Aphis citricola* vander Goot (Hemiptera:Aphididae).*Molecules.*,21: 1359.

Zhang, Z., Bian, L., Sun, X., Luo, Z., Xin, Z., Luo, F., & Chen, Z. (2015). Electrophysiological and behavioural responses of the tea geometrid *Ectropis obliqua* (*Lepidoptera: Geometridae*) to volatiles from a non-host plant, rosemary, *Rosmarinus officinalis* (*Lamiaceae*). *Pest management science*, 71(1), 96-104.