

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955- سكيكدة  
UNIVERSITE 20 AOUT 1955-SKIKDA



Faculté des Sciences  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Ecotoxicologie Animal  
Intitulé :

Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes de *Blattella germanica*

Présenté Par :

KERBOUA Kaouthar  
MEKITA Ouissem

BRAHIM BOUNAB Khawla  
BOUKHROUF Romaiassa

**Membre de Jury :**

Mme. ENNAGHRA N	MCB	Présidente	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Mme. BEKHAKHECHE M	MAB	Promotrice	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Mme. BOUABDALLAH N	MAB	Examinatrice	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2023/2024

## ***REMERCIEMENTS***

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements et nos profondes gratitudee avant tout à **Dieu** qui nous avons donné la force, le courage et la volonté d'élaborer ce travail scientifique.

Nous remercions, en premier lieu, **Mme ENNAGHRA Nadjat** Maître de conférences à l'Université de 20 Aout 1955- Skikda, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.

Nos remerciements vont également à, **Mme BOUABDALLAH Narimene** Maître Assistant à l'Université de 20 Aout 1955- Skikda, pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous tenons à remercier sincèrement notre encadreur, **Mme BEKHAKHECHE Manel** Maître Assistant à l'Université de 20 Aout 1955- Skikda, de nous avoir encadrée, guidée et accompagnée dans ce travail, ainsi que sa compréhension et ses précieux conseils, qui nous ont aidées dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

Nous remercions aussi, tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, depuis le début de notre premier cycle d'études jusqu'à la fin de la cinquième année universitaire 2024/2025.

## *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail :

À la source de courage et d'affection mon père, qui a tout sacrifié pour que j'atteigne ce niveau.

À la source de tendresse et d'amour ma mère, que j'ai toujours trouvé à mes côtés.

À mon mari Badis qui m'a toujours soutenu.

À mon très cher frère Yacine et sa femme Drifa

À mes merveilleuses sœurs : Meriem, Houda et Inès

À mon cher petit frère Marwan

Ainsi qu'aux petits anges salah, Khadija, Mouhamad, Ahmed, Manissa, Ayham et Cédra

À toute ma famille et ma belle-famille.

À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*Kaouthar*

## *Dédicace*

Celui qui a dit “je suis à la hauteur” l’a obtenue.

Le rêve n’était pas proche et le chemin n’était pas facile, mais je l’ai fait et je l’ai obtenu.

Grâce à l’amour, à la reconnaissance et à la gratitude envers Dieu, aujourd’hui, je contemple un rêve longtemps attendu qui est devenu une réalité dont je suis fier.

À mon ange pur et mon premier soutien après Dieu, ma mère “Malika”.

À celui qui m’a soutenu sans limites et m’a donné sans contrepartie, mon père “Mahfoud”.

À ceux dont il a été dit :

“Nous raffermirons ton bras avec ton frère”

À celui qui a tendu la main sans fatigue ni ennui durant ma faiblesse, mon frère “Mohamed”.

À ceux qui ont cru en mes capacités, m’ont rappelé ma force et m’ont soutenu comme mon ombre, mes sœurs “Marwa, Feryal et Ikhlas”.

Et enfin, à la douceur de notre maison et son petit, mon neveu “Racim”.

*Ouissem*

## *Dédicace*

Louange à Dieu pour la joie de l'accomplissement, et louange à Dieu au début et à la fin.

À mon père, qui a éclairé mon chemin et mon modèle à chaque pas que j'ai fait.

À ma mère bien-aimée, mon étreinte chaleureuse et mon ciel qui ne me quittait pas à chaque pas que je faisais.

À mes chers frères qui m'ont soutenu, et à mes collègues Ouissem, Roumaïsa et Kaouthar, qui m'ont soutenu et se sont soutenus mutuellement à la fin de notre parcours éducatif.

À ma famille en général et à mes chers professeurs qui m'ont enseigné et guidé.

Je vous dédie à tous cet humble travail et la somme de mes efforts, et que Dieu vous accorde le succès.

***Khawla***

## *Dédicace*

Au nom du Allah le clément le miséricordieux je dédie ce modeste travail :

Aux deux êtres, les plus chers au monde, ma mère et mon père qui m'ont élevé et soutenu tout ou long de ma vie.

À ma chère grande mère et Tout ma famille.

À mes chères sœurs Bouchera et Doua, merci infiniment pour tous ce que vous avez fait pour moi.

À tous ceux qui m'aiment, ceux qui j'aime, ce qui m'ont aidé de près ou de loin et également à tous ceux qui m'ont encouragé et soutenu.

À Tout mes amies

*Romaissa*

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1.</b> Comparaison de mortalité des mâles traités par l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> en fonction du temps.	<b>19</b>
<b>Tableau 2.</b> Comparaison de mortalité des mâles traités par l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> en fonction des concentrations.	<b>19</b>
<b>Tableau 3.</b> Comparaison de mortalité des femelles traitées par l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> en fonction du temps.	<b>20</b>
<b>Tableau 4.</b> Comparaison de mortalité des femelles traitées par l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> en fonction des concentrations	<b>20</b>
<b>Tableau 5</b> Paramètres toxicologiques de l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> (concentrations létales).	<b>21</b>
<b>Tableau 6.</b> Paramètres toxicologiques de l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> (temps létaux).	<b>21</b>

## Liste des Figures

<b>Figure 1.</b> <i>Blattella germanica</i> (A : Mâle ; B : Femelle).	<b>11</b>
<b>Figure 2.</b> Cycle de vie de <i>B. germanica</i> (x 0,67).	<b>12</b>
<b>Figure 3.</b> Élevage de masse de <i>B.germanica</i> .	<b>13</b>
<b>Figure 4.</b> Arbuste de <i>Rosmarinus officinalis</i> .	<b>14</b>
<b>Figure 5.</b> A : Appareil d'hydrodistillation à la vapeur, B : Entonnoir séparateur.	<b>15</b>
<b>Figure 6.</b> Traitement des blattes par inhalation.	<b>16</b>
<b>Figure 7.</b> Pourcentages de mortalité corrigée chez les mâles traités par différentes concentrations de l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> .	<b>18</b>
<b>Figure 8.</b> Pourcentages de mortalité corrigée chez les femelles traitées par différentes concentrations de l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> .	<b>20</b>

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage

**µl** : microlitre

**C** : Degré Celsius

**CL25** : Concentration létale à 25%

**CL50** : concentration létale a 50%

**CL90** : Concentration létale à 90%

**DMSO**:diméthylsulfoxyde

**F** : femelle

**Fig**: figure

**HE** : huile essentielle

**M** : mâle

**mg** : milligramme

**ml** : millilitre

**mm** : milimètre

**OILB** : L'Organisation internationale de la lutte biologique

**Tab** : tableau

**TL50** : temps léthal à50 %

**TL90** : Temps létale à 90%

## Résumé

Les insectes nuisibles urbains tels que *Blattella germanica*, une espèce qui présente plus de 90% des infestations domestiques, ont développé une résistance aux insecticides synthétiques. Il est donc urgent d'utiliser des insecticides alternatifs puissants, fabriqués à partir de substances naturelles comme les huiles essentielles. Au cours de ce travail, nous avons étudié l'impact toxicologique l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*, qui a été testé par inhalation sur les adultes de *B. germanica*. La toxicité de ce composé a été évaluée, en estimant les concentrations létales (CL50 et CL90) et les temps létaux (TL50 et TL90). Ce produit a présenté une bonne activité insecticide à l'égard des adultes de *B. germanica*.

**Mots clés :** *Blattella germanica*, *Rosmarinus officinalis*, huile essentielles, toxicité.

## Abstract

Urban insect pests such as *Blattella germanica*, a species that accounts for over 90% of domestic infestations, have developed resistance to synthetic insecticides. There is therefore an urgent need for powerful alternative insecticides made from natural substances such as essential oils. In this work, we studied the toxicological impact of *Rosmarinus officinalis* essential oil, which was tested by inhalation on *B. germanica* adults. The toxicity of this compound was assessed, estimating lethal concentrations (LC50 and LC90) and lethal times (TL50 and TL90). The product showed good insecticidal activity against *B. germanica* adults.

**Key words:** *Blattella germanica*, *Rosmarinus officinalis*, essential oil, toxicity.

## ملخص :

الحشرات الضارة الحضرية مثل، *Blattella germanica* وهي نوع يمثل أكثر من 90% من الإصابات المنزلية طورت مقاومة للمبيدات الحشرية الاصطناعية. لذلك، أصبح من الضروري استخدام مبيدات حشرية بديلة قوية، مصنوعة من مواد طبيعية مثل الزيوت العطرية. خلال هذا العمل، قمنا بدراسة التأثير السمي للزيت العطري لنبات *Rosmarinus officinalis* والذي تم اختباره عن طريق الاستنشاق على البالغين من *B. germanica*. تم تقييم سمية هذا المركب من خلال تقدير التركيزات القاتلة (LC50) و (LC90 والأوقات القاتلة TL50) و (TL90). أظهر هذا المنتج نشاطاً مبيداً حشرياً جيداً تجاه البالغين من *B. germanica*.

**الكلمات المفتاحية :** *Blattella germanica* ، *Rosmarinus officinalis*، الزيوت العطرية، السمية.

# Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction général.....	1
Chapitre I : Etude Bibliographique	
Partie 1 : Présentation de <i>Blattella germanica</i> .....	3
1. Introduction.....	3
2. Histoire.....	3
3. Habitat .....	3
4. Morphologie.....	4
5. Biologie.....	4
6. Taxonomie de <i>Blattella germanica</i> .....	4
7. La lutte contre les Blattes.....	5
7.1. La lutte chimique.....	5
7.2. La lutte physique.....	5
7.3. La lutte biologique.....	5
Partie 2 : Les huiles essentielles	7
1. Généralité sur les huiles essentielles.....	7
2. Définition.....	7
3. Variabilité des huiles essentielles.....	7
4. Méthodes d'analyses et contrôles de qualité des huiles essentielle.....	8
5. Relation composition chimique – activité.....	8
6. Localisation et rôle physiologique.....	8
7. Composition chimique.....	9
8. Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	9
• Hydrodistillation.....	9
• Entraînement à la vapeur d'eau.....	9
• Extraction par micro-onde sous vide.....	9
• Hydrodiffusion... ..	10

Chapitre II : Partie expérimentale	
1. Matériel & méthodes.....	11
1.1. <i>Blattella germanica</i> .....	11
1.1.1. Position systématique de l'insecte étudié.....	11
1.1.2. Cycle de vie du <i>B. germanica</i> .....	12
1.1.3. Récolte et Élevage de masse.....	12
1.2. Présentation de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	13
1.2.1. Classification de <i>R. officinalis</i> .....	14
1.2.2. Protocole de l'extraction.....	15
1.2.3. Détermination du rendement en huile essentielle (Rd%).....	15
1.3. Effets toxicologiques directes des insecticides sur <i>B. germanica</i> .....	15
1.3. 1. Traitement.....	15
1.4. Analyse statistique des données.....	16
1.4.1 Test de toxicité.....	16
Chapitre III : Résultats et Discussion	
1. Résultats.....	18
1.2. Rendement d'extraction d'huile essentielle.....	18
1.3. Etude toxicologique.....	18
1.3.1. Effet de l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> sur la mortalité de <i>B. germanica</i> .....	18
•Effet de l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> sur la mortalité des mâles.....	19
•Effet de l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> sur la mortalité des femelles.....	19
•Paramètres toxicologiques de l'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> .....	21
2. Discussion.....	22
Conclusion générale.....	24
Références Bibliographiques.....	25

# Introduction générale

---

### 1. Introduction

Les insectes sont devenus, par leurs capacités reproductrices, le groupe zoologique le plus abondant et le plus diversifié du règne animal. Les insectes ont développé diverses stratégies comportementales et physiologiques pour s'adapter à leur environnement (**Rodhain et Perez, 1985**). Les individus les considèrent comme des espèces bénéfiques (Abeilles) ou nuisibles aux cultures (Crickets), aux forêts (Chenilles) ou encore préjudiciables à la santé, telles que les moustiques et les blattes (**Ebeling, 1978 ; Van-Huis et al., 2014**).

De plus, les blattes se distinguent par leur phobie de la lumière et leur pouvoir de communication élevé ainsi que par le taux de fécondité (**Hasche et Zumofen, 1999**). Parmi les 4000 espèces connues jusqu'à présent, il n'y en a qu'une vingtaine nuisible sont perçus comme des problèmes sérieux en matière d'hygiène et de santé publique (**Delaunay et al., 2010 ; Yeom et al., 2012**). Effectivement, les blattes ont la capacité de transmettre des agents pathogènes (**Nasirian & Salehzadeh 2019 ; Castner et al., 2021**) et sont fréquemment responsables d'allergies (**Yangui et al., 2021**), ce qui peut entraîner des problèmes de santé. Les difficultés respiratoires (**Harraz et al., 2021**), les maladies infectieuses telles que l'hépatite (**Turturice et al., 2017 ; Lai, 2017**), le choléra (**Kassiri et al., 2018**) et la tuberculose (**Tichafogwe et al., 2020**) sont également transmises par ces agents. La blatte germanique, l'espèce la plus commune sur notre planète et la plus liée à l'homme, perpétue encore aujourd'hui son expansion. Selon **Elie (1998)**, elle est à l'origine de 90% des infestations signalées.

Les insecticides conventionnels (organochlorés, organophosphorés, carbamate et pyréthriinoïdes) ont longtemps été utilisés pour combattre les blattes, et plus particulièrement *Blattella germanica*. Cependant, leur utilisation prolongée, leur non spécificité et leur rémanence ont engendré d'importantes perturbations dans l'environnement (**Kristensen et al., 2005 ; Sawczyn et al., 2012 ; Wu et Appel, 2017 ; Yang et al., 2019**), ainsi que l'émergence de phénomènes de résistance chez les organismes concernés (**Hemingway et al., 1993 ; Kristensen et al., 2005 ; Rahayu et al., 2016 ; Naqqash et al., 2016 ; Liang et al., 2017, Wu et Appel 2017**). De cette manière, et en raison de l'intérêt croissant pour la préservation de l'environnement, il est devenu crucial de présenter de nouvelles molécules qui préserveront les écosystèmes (**Kristensen et al., 2005 ; Swanton et al., 2011**).

Selon **Kristensen et al. (2005)**, le phénomène de résistance chez les blattes, en particulier *Blattella germanica*, pose un problème majeur dans la gestion de ce fléau. En effet, plusieurs stratégies alternatives et/ou complémentaires sont envisagées afin de contourner les

## Introduction

mécanismes de résistance. Parmi ces moyens complémentaires, nous avons les insecticides biologiques notamment les extraits naturels de plantes comme les huiles essentielles.

Les extraits naturels de plantes offrent l'avantage de provoquer très peu de résistance contrairement aux insecticides synthétiques, car leur efficacité provient d'une synergie d'action entre les différents composés organiques qu'ils contiennent (**Pavela, 2014 ; Deletre et al., 2015**). Les huiles essentielles (HE) étant biodégradables et peu toxiques pour les mammifères, elles font partie des produits d'origine naturelle les plus employés dans la lutte antivectorielle (LAV) (**Deletre et al., 2013**). En effet, elles possèdent des propriétés insecticides et répulsives (**Deletre et al., 2016 ; Pohlit et al., 2011**). Pour cela nous avons effectué un test de toxicologie en utilisant un biopesticide : l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*.

Le présent manuscrit est structuré en trois chapitres dont le premier met en évidence bibliographie sur les blattes et les méthodes de lutttes ainsi que sur l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* qu'on a utilisé. Le deuxième chapitre porte sur le matériel et les méthodes utilisées pour réalisation de cette étude. Le troisième chapitre est consacré sur les résultats obtenus et les discussions sur l'effet de ce produit sur les adultes *Blattella germanica*.

# **Chapitre I : Étude Bibliographique**

---

### Partie 1 : Présentation de *Blattella germanica*

#### 1. Introduction

Les blattes domestiques vivent en étroite association avec l'homme. Originaires des régions tropicales, la plupart des espèces fréquentent la zone tempérée, dans les endroits qui leur fournissent un microclimat convenable, et une nourriture qui leur conviennent (**Roth et Willis, 1957**). Parmi les espèces de blatte domestique fréquentant les habitations (**Robinson, 2005**), il convient de citer *Periplaneta americana* (**Linnaeus, 1758**), *Blatta orientalis* (**Linnaeus, 1758**) et *Blattella germanica* (**Linnaeus, 1767**). Il faut noter que *B. germanica* est la plus répandue et cause à elle seule jusqu'à 90% des infestations (**Bell, 1990**).

#### 2. Histoire

Historiquement, les scientifiques pensaient que les blattes germaniques étaient originaires du nord-est de l'Afrique, entre les grands lacs africains, l'Éthiopie et la République du Soudan. Nord-Est de l'Afrique, entre les grands lacs africains, l'Éthiopie et la République du Soudan. Il y a plusieurs siècles, cet insecte est arrivé en Europe de l'Est à bord de navires grecs et phéniciens, et s'est répandu à Byzance, en Asie mineure, dans la région de la mer Noire et dans le sud de la Russie. Il s'est ensuite lentement répandu vers le nord et l'ouest de l'Europe. Une fois que la blatte germanique a été introduite en Europe occidentale, elle s'est répandue par le biais du commerce et des déplacements humains dans pratiquement toutes les régions du monde, pratiquement toutes les régions du monde. La blatte germanique s'est établie en Angleterre pas plus tard qu'au milieu des années 1900. Selon **Miall et Le Patourel (1989)**, son établissement supposé à Leeds s'est fait par le biais de paniers à pain transportés par des soldats revenant de la guerre de Crimée (1854-1856). *Blattella germanica* a été nommée pour la première fois *Blatta germanica* par Linné en 1767 pour des insectes collectés au Danemark.

#### 3. Habitat

*B. germanica* préfère un environnement chaud et humide. C'est pourquoi elle est donc devenue un ravageur courant dans les cuisines et les restaurants où la nourriture, la chaleur et l'humidité les conditions écologiques nécessaires (**Cornwell, 1968**). Cependant, elle a également été trouvée à l'extérieur dans de nombreuses régions du monde (**Shuyler, 1956 ; Cornwell, 1968**).

### 4. Morphologie

*B. germanica* est une petite blatte. Les adultes mesurent de 10 à 14 mm de long et sont de couleur brun jaunâtre, avec deux bandes parallèles foncées sur le pronotum (**Guthrie et Tindall, 1968 ; Lee et Robinson, 2001**). Les mâles adultes ont un corps mince, un abdomen effilé, et une paire de stylets sur la plaque subgénitale. Les femelles sont plus robustes, ont un abdomen arrondi et n'ont pas de stylets sur la plaque subgénitale (**Appel, 1995**).

### 5. Biologie

*B. germanica* subit une métamorphose incomplète avec trois stades de vie : œuf, nymphe et adulte. Le cycle de vie commence par la fécondation de l'œuf, suivie d'une série de mues au stade nymphal et se termine par l'émergence d'un adulte entièrement ailé lors de la dernière mue. Le cycle de vie est achevé en 100 jours dans des conditions favorables (**Archbold et al., 1987**).

Le stade nymphal commence lorsque le premier stade éclot de l'oothèque. Normalement, le nombre de mues est de cinq ou six chez les mâles (**Seamans et Woodruff, 1939 ; Roth et Stay, 1962**) et de six chez les femelles (**Tanaka et Hasegawa, 1979 ; Keil, 1981**). Selon **Tanaka (1981)**, le nombre de mues est déterminé par le troisième stade tardif. Les nymphes ayant un corps relativement petit subissent six mues et celles ayant un corps plus grand subissent cinq mues. **Kunkel (1975)** signale que chaque mue dure 20 minutes à 29 °C. La période de développement complet des nymphes est d'environ 50-60 jours à température ambiante. Le sexe peut être identifié pendant le stade précoce de la nymphe (**Ross et Cochran, 1960**).

Les adultes sont entièrement ailés et ont développé des organes sexuels. Les mâles commencent à s'accoupler dans les trois jours qui suivent l'émergence de la dernière mue (**Roth et Willis, 1952**). Les femelles commencent à s'accoupler à 4-5 jours (**Roth et Willis, 1952 ; Ueda et al., 1969**) ou à 6-7 jours après l'émergence (**Tanaka, 1973**).

### 6. Taxonomie de *Blattella germanica*

Les blattes sont une sous-classe primitive d'insectes appartenant à la sous-branchement des Mandibulata, descendant des Ptérygotes (**Schal et al., 1984 ; Grancolas, 1998 ; Linnaeus, 1767**). L'ordre des Dictyoptères comprend six familles selon la classification de

**Roth (2003)** : Polyphagidae, Cryptocercidae, Nocticolidae, Blattidae, Blattellidae, Blaberoidae. L'espèce *Blattella germanica* est un genre de blattes de la famille des Blattellidae.

### 6. La lutte contre les Blattes

Il est très difficile d'éliminer définitivement les populations des blattes mais il est possible de contrôler leur développement et de limiter leur prolifération (**Grandcolas, 1996**).

#### 7.1. La lutte chimique

Traditionnellement, la lutte chimique contre les blattes, notamment *B. germanica*, se fait à l'aide d'insecticides organiques (organochlorés, organophosphates, carbamates, pyréthriinoïdes). Selon **Casida et Durkin (2013)** et **Casida (2017)**, ces insecticides visent directement le système nerveux central des insectes. Selon **Fulton et Key (2001)**, il altère les canaux de sodium et entrave les systèmes nerveux endocrinien et immunitaire.

Dans les années 1980, les pyréthriinoïdes et le thiocyclame ont été utilisés avec succès. Toutefois, leur manque de spécificité et leur persistance ont engendré d'importants changements environnementaux. Selon (**Sawczyn et al., 2012**), les années 1990 ont vu l'introduction de nombreux nouveaux insecticides, comme les phéromones (**Hauptman et al., 1986**), et les IGD qui sont des molécules sélectives, non polluantes qui perturbent les éléments essentiels du développement des insectes, tels que la régulation cutanée ou hormonale. Ces substances, à l'origine satisfaisantes pour leur première utilisation, ont commencé à s'affaiblir en raison des résistances développées par les populations d'insectes (**Sunaga et al., 2004; Sharma et al., 2010 ;et Chen et al., 2020**). Selon **Fabre (1954)**, les pesticides inorganiques incluent l'arsenic, le sofras, le cyanhydrique et le borique.

#### 7.2. La lutte physique

Les pièges à glue sont une méthode de combat physique qui présente également l'avantage de signaler la présence de blattes (**Appel, 1990 ; Kim et al., 1995 ; Lyon, 1997**).

##### a. La lutte biologique

En termes étymologiques, un bio-pesticide désigne un pesticide d'origine biologique, c'est-à-dire produit à partir d'organismes vivants ou de substances naturelles synthétisées par ces derniers. Selon **Regnault-Roger et ses collègues (2005)**, L'Organisation internationale de

la lutte biologique (OILB) donne la définition suivante : « l'emploi par l'homme d'ennemis naturels tels que des prédateurs, des parasitoïdes ou des agents pathogènes afin de réguler les populations d'espèces nuisibles ».

La lutte biologique consiste alors à utiliser de manière rationnelle ces insecticides biologiques efficaces, tels que les bactéries, les virus, les champignons, les ennemis naturels, les nématodes entomopathogènes, les parasites et les substances d'origine végétale (**Maïza *et al.*, 2013 ; Tomè *et al.*, 2013 ; Cepeda-Palacios *et al.*, 2014 ; Gaire *et al.*, 2019, Isman, 2019 ; Pan et Zhang, 2020**). Parmi les molécules à fortes valeur ajoutées, mais présentes en faibles quantités et dotées d'une activité biologique et olfactive, citons les huiles essentielles (**Jouault, 2012**).

### Partie 2 : Les huiles essentielles

#### 2. Généralité sur les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont les métabolites secondaires les plus étudiés et jouent un rôle commercial majeur. D'après **Afnor NF (2000)**, on peut définir une huile essentielle comme un « produit fabriqué à partir d'une matière première végétale, après avoir séparé la phase aqueuse par des procédés ». On peut donc définir l'huile essentielle comme l'essence volatile extraite de plantes aromatiques par distillation sèche ou par entraînement à la vapeur, ou par un moyen mécanique sans utilisation de chauffage. Cette définition définit strictement les huiles essentielles. Cependant, cela exclut les produits obtenus, toujours à partir de matières premières végétales, mais en utilisant d'autres méthodes d'extraction, telles que l'emploi de solvants non aqueux ou l'utilisation de l'enfleurage (**Besombes, 2008**).

#### 3. Définition

Selon **Kalemba (2003)**, les huiles essentielles sont des ensembles naturels complexes de composés volatils métabolites, qui sont extraits par hydrodistillation ou par méthode d'expression mécanique. Les feuilles, les graines, les bourgeons, les fleurs de brindilles, les écorces, le bois, les racines, les tiges ou les fruits, ainsi que les gommés qui s'écoulent du tronc des arbres. Selon **Burt (2004)**, on les obtient par hydrodistillation, une méthode d'expression à froid, tout comme les agrumes. De nouvelles méthodes ont été mises au point afin d'améliorer la productivité, telles que l'extraction à basse température et sous haute pression avec du dioxyde de carbone liquide (**Santoyo et al., 2005**) ou l'extraction assistée par ultrasons ou micro-ondes (**Kimbaris et al., 2006**).

#### 4. Variabilité des huiles essentielles

La composition d'une HE varie considérablement en fonction de nombreux facteurs, qu'ils soient intrinsèques (facteurs génétiques, localisation, degré de maturité), extrinsèques (sol, climat, altitude) ou technologiques (techniques d'exploitation de matériel végétal). Effectivement, des changements majeurs se produisent lors du processus de séchage, de stockage, d'extraction et de conditionnement (**Evans, 1996**).

### 5. Méthodes d'analyses et contrôles de qualité des huiles essentielle

D'après la pharmacopée française et européenne, diverses études sont réalisées pour contrôler les huiles essentielles. L'objectif de ce contrôle est de déterminer les propriétés physicochimiques de l'huile essentielle. Ces caractéristiques spécifiques à chaque huile seront ensuite employées pour décrire l'huile essentielle et servir de critère de qualité. Le recueil de normes de l'Association française de normalisation (**Afnor, 1996**), qui sont les mêmes que les normes internationales de l'Organisation internationale de standardisation (**ISO, 1977**), explique les méthodes de détermination des caractéristiques physico-chimiques.

### 6. Relation composition chimique – activité biologique

On a décrit la composition chimique de nombreuses huiles essentielles. Selon **Burt (2004)**, la variabilité dépend de divers éléments tels que le stade de développement des plantes, les organes prélevés, la période et la zone géographique de récolte. La composition chimique des huiles essentielles peut varier au sein d'une même espèce : on parle alors de races chimiques ou de chémotypes. Un polymorphisme chimique : une espèce peut présenter un caryotype homogène et être capable de produire des huiles.

### 7. Localisation et rôle physiologique

En général, les huiles essentielles sont présentes dans les plantes supérieures. Selon **Guignard (2000)**, elles peuvent être conservées dans tous les organes : les fleurs, les feuilles, les rhizomes, les fruits, les écorces et les cultures. Les huiles essentielles varient selon les espèces et, même si leurs fonctions (toutes les fonctions) sont encore mal connues. Il est toutefois évident qu'elles jouent un rôle dans les relations que la plante entretient avec les êtres vivants qui l'entourent. Selon **Bruneton (1999)**, ils jouent sans doute un rôle crucial dans la coévolution des plantes avec les organismes vivants, notamment les prédateurs, ainsi que dans la pollinisation et la dissémination.

Dans la nature, les huiles essentielles jouent un rôle crucial dans la préservation des plantes en tant que produits antibactériens, antiviraux, antifongiques, insecticides et également comme agents insecticides. Il peut également lutter contre les herbivores en diminuant leur envie d'une telle plante. Selon **Bakkali et al. (2008)**, elles ont également la capacité d'attirer les insectes en favorisant la dispersion de pollens et de graines, ou au contraire en repoussant d'autres indésirables.

### 8. Composition chimique

Les composés odorants des huiles essentielles sont principalement composés de deux groupes différents, en fonction de la voie métabolique empruntée ou utilisée. Selon **Kurkin (2003)**, il s'agit des terpènes (mono et sesquiterpènes), qui sont majoritaires dans la plupart des essences, ainsi que des composés aromatiques issus du phényl propane.

### 9. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

- **Hydrodistillation**

L'échantillon végétal à distiller est directement exposé à l'eau bouillante. Sa flottabilité ou son immersion totale varient en fonction de sa densité et de la quantité de la matière manipulée. L'alambic peut être chauffé directement (alambic à feu nu) ou injecté de vapeur surchauffée pour évaporer l'eau. Selon **Benjilali (2004)**, cette approche est recommandée pour les matières premières qui réagglutinent facilement et empêchent ainsi la vapeur de pénétrer dans la masse végétale, comme les pétales de roses, les fleurs d'orangers, etc.

- **Entraînement à la vapeur d'eau**

Une des techniques officielles pour obtenir des huiles essentielles est l'entraînement à la vapeur d'eau. Contrairement à l'hydrodistillation, cette méthode ne met pas directement l'eau en contact avec la matière végétale à traiter. La matière végétale au-dessus d'une grille est traversée par de la vapeur d'eau fournie par une chaudière. Au fur et à mesure que la vapeur traverse le matériau, les cellules se brisent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'effet de la chaleur, créant ainsi un mélange « eau + huile essentielle ».

Par la suite, le mélange est transmis au condenseur et à l'essencier, où il est divisé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle. L'évitement du contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques permet d'éviter tout contact direct. Selon **Marie (2005)**, il existe certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation qui peuvent affecter la qualité de l'huile.

- **Extraction par micro-onde sous vide**

L'utilisation des microondes pour l'extraction permet de gagner du temps avec une vitesse trois fois plus rapide et un rendement accru. En ce qui concerne la plante fraîche, l'extraction

est réalisée sans utilisation de solvant, ce qui présente un intérêt économique considérable (**Ramdani et al., 2010**).

- **Hydrodiffusion**

Ce nouveau procédé repose sur la pulsation de vapeur d'eau à une pression très faible à travers la masse végétale, ce qui permet de gagner du temps et de l'énergie (**Bruneton, 2009**).

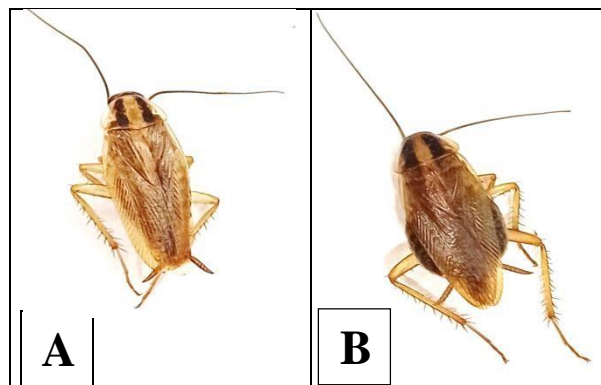
# **Chapitre II : Partie expérimentale**

---

### 1. Matériel & méthodes

#### 1.1. *Blattella germanica*

*B. germanica* est un insecte de la famille des Blattellidae, à développement hétérométabole, avec deux phénotypes postembryonnaires, les larves et les adultes. La répartition de l'insecte est cosmopolite la plus proche de l'homme dans le monde et pose un problème majeur en matière d'hygiène et de santé humaine. Selon **Tine (2013)**, *B. germanica* est de petite taille (10 à 15 mm de long) et présente un corps aplati dorso-ventralement, d'un brun roussâtre avec deux bandes noires longitudinales sur le pronotum. Les ailes sont bien développées chez les adultes des deux sexes, les femelles sont plus foncées et ont un corps trapu et musculeux avec un abdomen arrondi entièrement recouvert par les ailes. Selon (**Rust et al., 1995**), les mâles ont un abdomen effilé et un pygidium non recouvert par les ailes, ce qui permet de voir le segment terminal de l'abdomen (**Fig. 1**).



**Figure 1.** *Blattella germanica* (A : Mâle ; B : Femelle) (**Photo Originale**)

##### 1.1.1. Position systématique de l'insecte étudié

**Embranchement :** Arthropoda

**Sous-Embranchement :** Mandibulata

**Classe :** Insecta

**Sous classe :** Pterygota - Neoptera

**Super ordre :** Orthoteroidae

**Ordre :** Dictyoptera

**Sous ordre :** Blattaria

**Super famille :** Blaberoidae

**Famille :** Blattellidae

**Sous famille :** Blattellinae

**Genre :** *Blattella*

**Espèce :** *germanica* (**Linnaeus, 1767**).

### 1.1.2. Cycle de vie du *B. germanica* :

Les femelles ont la capacité de pondre 5 à 8 oothèques par vie, avec une taille de 30 à 48 œufs, ce qui leur permet de pondre en moyenne 300 œufs tout au long de leur vie. Selon **Tanaka et Gordon (1996)**, les oothèques sont placées à proximité d'une source de nourriture, 24 heures avant l'éclosion. La création d'une deuxième oothèque nécessite environ deux semaines (**Jacobs, 2013**). Les larves qui éclosent sont molles, blanchâtres et, après quelques heures de tannage de la cuticule, deviennent brunâtres. Les larves possèdent une **aptitude (Willis et al., 1958)**. La croissance larvaire se déroule en 5 à 7 stades successives séparées par des mues. Il peut être réalisé en 5 à 6 mois dans des conditions favorables (25° et 70% d'humidité relative) (**Wattiez et Beys, 1999**) (**Fig.2**). Si les conditions sont défavorables, cela peut prendre plus d'un an (**Mourier, 2014**). Selon **Mourier (2014)**, la durée de vie de la blatte varie de 100 à 200 jours.

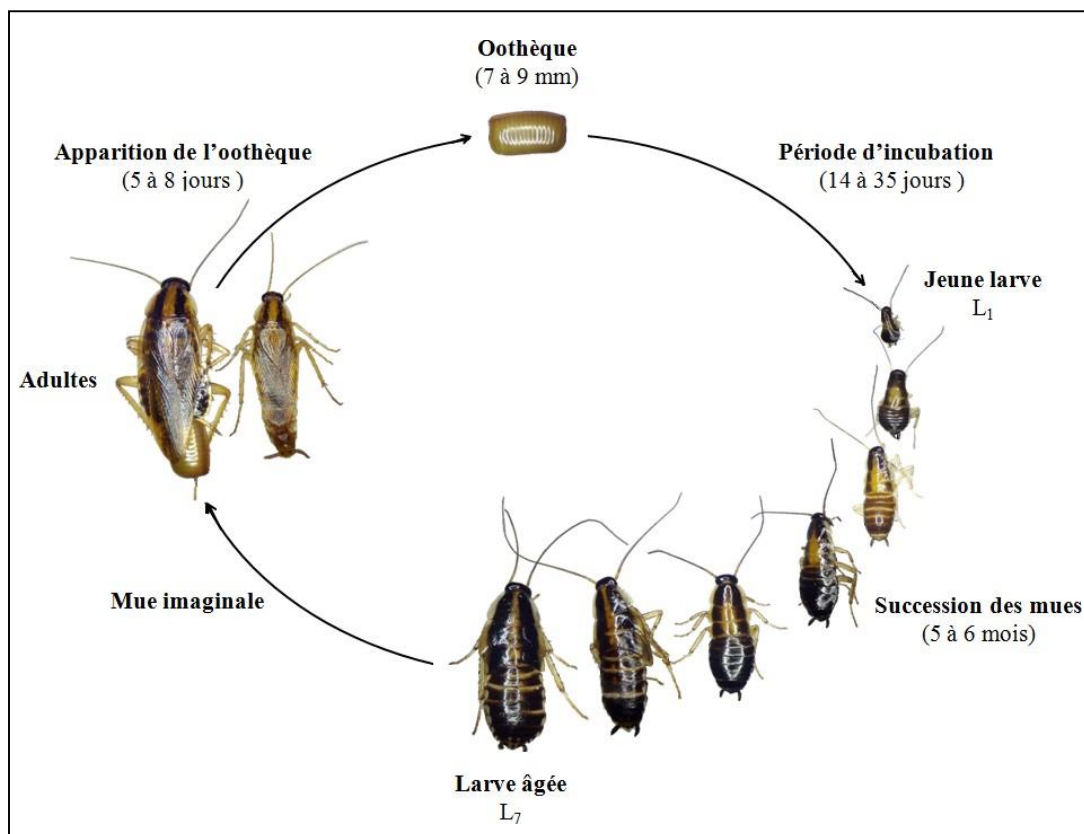


Figure 2. Cycle de vie de *B. germanica*(x 0,67)(El Bah, 2017).

### 1.1.3. Récolte et Élevage de masse

Les blattes sont prélevées dans divers lieux de la ville de Skikda (maisons, restaurants et bateau). L'élevage en grande quantité se déroule dans des boîtes en plastique transparentes avec des ouvertures grillagées. Les cartons d'œufs jouent le rôle d'abri. Les blattes reçoivent des croquettes de biscuits pour chiens et sont abreuvées à l'aide de tubes remplis d'eau et bouchés de coton, ce qui permet également d'humidifier le milieu. Selon **Tine (2013)**, l'élevage est effectué à une température de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , une hygrométrie de 70 à 80% et une scotophase de 12 : 12 heures (**Fig. 3**).



**Figure 3.** Élevage de masse de *B. germanica* (**Photo Originale**)

### 1.2. Présentation de *Rosmarinus officinalis*

En botanique, le romarin, également appelé *Rosmarinus officinalis* L., est un arbrisseau toujours vert, touffu et ligneux d'une longueur d'environ 1 à 2 mètres, appartenant à la famille des lamiacées. Fleurs d'un bleu pâle, intérieurement couvertes de violet. Selon **Delille (2007)**, le romarin a une sensation similaire à celle de l'encens, sa saveur est camphrée et légèrement amère. Très commune dans les régions méditerranéennes et la plante la plus appréciée en Algérie, *R. officinalis* s'est révélé être un candidat polyvalent. Elle pousse naturellement dans le bassin méditerranéen occidental avec plus de 20 variétés. Depuis l'Antiquité, elle a été utilisée à diverses fins médicinales, culinaires et ornementales (**Zeroual et al., 2022**) (**Fig. 4**).



**Figure 4.** Arbuste de *Rosmarinus officinalis*.

**1.2.1. Classification de *R. officinalis* Selon Andrade *et al.* (2018) Règne**

**: Plantae**

**Division : Magnoliophyta**

**Classe : Magnoliopsida**

**Ordre : Lamiales**

**Famille : Lamiaceae**

**Genres: *Rosmarinu***

**Espèce : *Rosmarinus officinalis***

### 1.2.2. Protocol de l'extraction

Les huiles essentielles ont été isolées par distillation à la vapeur de 4000 g de plantes séchées pendant 3 heures à l'aide d'un appareil de distillation à la vapeur Hydro. Une ampoule à décanter a été utilisée pour séparer l'eau et l'huile après l'extraction. L'huile a été conservée dans des flacons en verre scellés à 4-5°C avant l'essai biologique. Le rendement de l'extraction a été calculé sur la base du poids sec de l'échantillon (Fig. 5).



**Figure 5.** A : Appareil d'hydrodistillation à la vapeur, B : Entonnoir séparateur (Tradi, 2024).

### 1.2.3. Détermination du rendement en huile essentielle (Rdt%)

Afin de déterminer le rendement en huile essentielle d'une plante, notre procédure commence par la mesure de la matière première, représentant la quantité de matière végétale utilisée pour l'extraction, mesurée en grammes. Par la suite, le processus d'extraction est exécuté pour obtenir l'huile essentielle. Une fois l'extraction terminée, l'huile essentielle extraite est pesée en grammes. En fin de compte, le rendement est déterminé en appliquant la formule suivante pour calculer le pourcentage :

$$\text{Rendement (\%)} = \left[ \frac{\text{Poids d'huile essentielle extraite}}{\text{Poids de matière première végétale utilisée}} \right] \times 100$$

## 1.3. Effets toxicologiques directes des insecticides sur *Blattella germanica*

### 1.3.1. Traitement

Différentes concentrations ont été préparées pour évaluer la mortalité des insectes par inhalation. Les adultes sont isolés et regroupés par 10 du même sexe dans des boîtes de pétri contenant une croquette pour chien (aliment) et un tube d'eau additionné de l'eau de robinet.

## Matériel et méthodes

Les essais biologiques ont été réalisés avec trois concentrations croissantes d'huiles essentielles (1, 2,5 et 5 % de l'huile essentielle dans du diméthylsulfoxyde, DMSO, comme solvant) (**Fig. 6**). Une quantité de chaque concentration a été injecté dans une petite boule de coton, puis placé dans des boîtes de pétri. Les insectes témoins ont été maintenus dans les mêmes conditions mais sans huile essentielle. Chaque expérience est répétée trois fois (10 individus/répétition) et suivre pendant 24, 72 et 144 heures ; on note le nombre d'individus mort pour déterminer les concentrations létales et les temps létaux (CL50%, CL90%, TL50% et TL90%). Le test se fait dans les mêmes conditions décrites précédemment



**Figure 6.** Traitement des blattes par inhalation (**Photo Originale**)

### 1. 3. Analyse statistique des données

#### 1. 3. 1. Test de toxicité

Les résultats de l'étude toxicologique ont été obtenus en utilisant les méthodes mathématiques de **Finney (1971)**. Nous avons calculé les concentrations létales (CL50% et CL90%) et les temps létaux (TL50% et TL90%) pour le produit insecticide utilisé, la variable mesurée pendant les 24, 72 et les 144 heures d'exposition aux insecticides est le nombre de personnes décédées chaque durée. La formule d'Abott permet de corriger le taux de mortalité observé afin de déterminer la toxicité réelle des insecticides. Selon les tables de Bliss, les

## Matériel et méthodes

différents taux subissent une évolution angulaire. Il est donc nécessaire de normaliser les données et de les analyser en utilisant XLStat 2017.

Les informations recueillies sont ensuite converties en Probits, ce qui permet de créer une droite de régression en fonction des données. Les concentrations utilisées ou les temps d'exposition sont décimaux. L'utilisation du test « Chi2 » permet d'ajuster efficacement la droite (**Finney, 1971**) ; en utilisant cette droite, on peut calculer les concentrations létales ou les temps de vie.

# **Chapitre III : Résultats et Discussion**

---

### 1. Résultats

#### 1.2. Rendement d'extraction d'huile essentielle

On a extrait l'huile essentielle de *R. officinalis* en utilisant un hydro-distillateur de type Clevenger. Une huile fraîche de couleur jaune avec une agréable odeur a été obtenue. Nous avons collecté 30 ml, avec un rendement de 0,75%

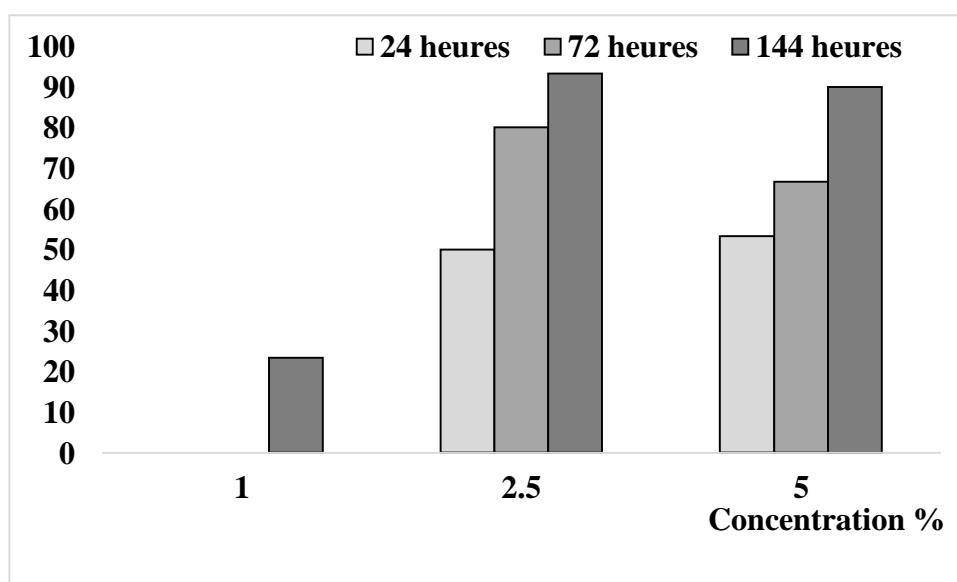
#### 1.3. Etude toxicologique

##### 1.3.1. Effet de l'huile essentielle du *R. officinalis* sur la mortalité de *B. germanica*

##### *Effet de l'huile essentielle du R. officinalis sur la mortalité des mâles*

Nous avons testé l'activité des différentes concentrations de l'huile essentielle du *R. officinalis* sur la mortalité des adultes (mâles et femelles) de *B. germanica*.

Chez les mâles, lorsque nous avons utilisé la concentration 1%, l'huile essentielle du *R. officinalis*, provoque environ 0 % de mortalité chez les mâles après 24 et 72 heures d'exposition, 23,33 % au bout de 144 heures de traitement (**Fig. 7**). Pour la concentration de 2,5 %, le taux moyen de mortalité est de 50 % à 24 heures du traitement mais la mortalité peut atteindre un taux de 66,67 % à 90 % après 72 et 144 heures d'exposition (**Fig. 7**).



**Figure 7.** Pourcentages de mortalité corrigée chez les mâles traités par différentes concentrations de l'huile essentielle du *R. officinalis*.

L'analyse statistique (comparaison des variances) montre qu'il existe des différences significatives entre la mortalité enregistrée pour les trois concentrations utilisées (**Tab. 1**).

**Tableau 1 :** Comparaison de mortalité des mâles traités par l'huile essentielle du *R. officinalis* en fonction du temps.

	<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>P</b>
<b>24 heures</b>	2,53	0,2
<b>72 heures</b>	6,45	0,03*
<b>144 heures</b>	5,31	0,05*

[\* : différents significativement]

La comparaison des variances de la mortalité des mâles (**Tab. 2**), révèle qu'il y a une différence hautement significative entre les heures d'exposition pour la concentration de 1%, alors on a marqué qu'il n'existe pas de différence significative pour les concentrations de 2,5% et 5%.

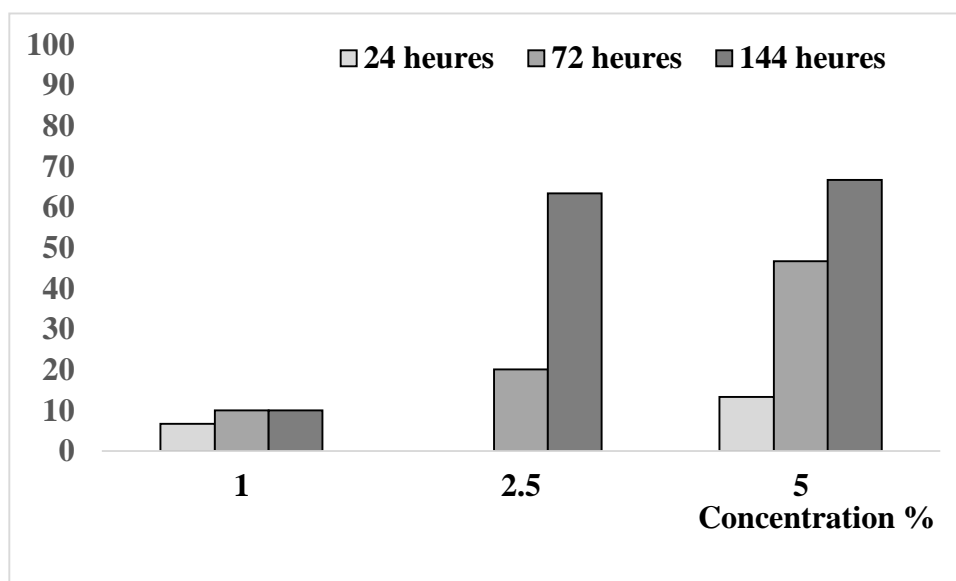
**Tableau 2 :** Comparaison de mortalité des mâles traités par l'huile essentielle du *R. officinalis* en fonction des concentrations.

	<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>P</b>
<b>1%</b>	15,99	0,004**
<b>2,5%</b>	1,35	0,3
<b>5%</b>	1,47	0,3

[\* : différents significativement]

### ***Effet de l'huile essentielle du R. officinalis sur la mortalité des femelles***

Chez les femelles, les résultats obtenus montrent que la concentration de 1% provoque 6,66% de mortalité après 24 heures, 10% après 72 heures et 144 heures (**Fig. 8**). Pour la concentration de 2,5% on a marqué que l'huile essentielle du *R. officinalis* affecte une mortalité de 0% à 24 heures, 20% à 72 heures et au bout de 144 heures on enregistre une mortalité de 63,33% (**Fig. 8**). Les résultats obtenus montrent que la concentration la plus forte de 5% affecte une mortalité de 13,33% à 24 heures, 46,67% à 72 heures et 66,67% au bout de 144 heures d'exposition (**Fig. 8**).



**Figure 8.** Pourcentages de mortalité corrigée chez les femelles traitées par différentes concentrations de l’huile essentielle du *R. officinalis*.

L’analyse statistique des résultats (**Tab.3**) montre qu’il existe de différence significative entre la mortalité enregistrée pour les trois concentrations au bout de 24 heures et 144 heures et il n’existe pas de différence significative à 72 heures.

**Tableau 3 :** Comparaison de mortalité des femelles traitées par l’huile essentielle du *R. officinalis* en fonction du temps.

	<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>P</b>
<b>24 heures</b>	11,52	0,01*
<b>72 heures</b>	3,81	0,2
<b>144 heures</b>	7,91	0,1*

[\* : différents significativement]

La comparaison des variances de la mortalité des femelles (**Tab. 4**), illustre qu’il y a une différence significative entre les heures d’exposition pour la concentration de 2,5 %.

**Tableau 4** : Comparaison de mortalité des femelles traitées par l'huile essentielle du *R. officinalis* en fonction des concentrations

	<b>F<sub>obs</sub></b>	<b>P</b>
<b>1%</b>	0,1	0,9
<b>2,5%</b>	7,71	0,02 *
<b>5%</b>	1,48	0,3

[\* : différents significativement]

### *Paramètres toxicologiques de l'huile essentielle du R. officinalis*

Les adultes de *B. germanica* exposés pendant 24,72 et 144 heures à l'huile essentielle du *R. officinalis* présentent des moyennes comparables chez les mâles et les femelles (**Tab.5**). Nos résultats montrent que, à différents temps d'exposition, les mâles sont beaucoup plus résistants au traitement.

**Tableau 5** : Paramètres toxicologiques de l'huile essentielle du *R. officinalis* (concentrations létales).

<b>Temps d'exposition</b>	<b>Mâles</b>			<b>Femelles</b>		
	<b>Droite de régression</b>	<b>CL50 (%)</b>	<b>CL90 (%)</b>	<b>Droite de régression</b>	<b>CL50 (%)</b>	<b>CL90 (%)</b>
<b>24 heures</b>	Y=0,1098x - 0,0023 <b>(R<sup>2</sup>=0,83)</b>	3,82	4,05	Y=0,0019x + 0,3621 <b>(R<sup>2</sup>=0,0001)</b>	0,84	1,08
<b>72heures</b>	Y=0,0943x + 0,0123 <b>(R<sup>2</sup>=0,77)</b>	3,90	4,13	Y=0,5626x - 2,0337 <b>(R<sup>2</sup>=0,95)</b>	2,53	2,70
<b>144 heures</b>	Y=0,2464x - 1,0339 <b>(R<sup>2</sup>=0,74)</b>	3,18	3,37	Y=0,2954x - 1,0374 <b>(R<sup>2</sup>=0,85)</b>	3,002	3,20

En ce qui concerne les temps létaux, il existe une bonne corrélation positive entre la mortalité des adultes chez les mâles, due à un accroissement de la concentration de l'extrait et le temps d'exposition (**Tab.6**). Nos résultats illustrent qu'à des concentrations de 1%, 2,5 % et 5%, les résultats sont comparables chez les mâles et les femelles (**Tab.6**).

**Tableau 6** : Paramètres toxicologiques de l'huile essentielle du *R. officinalis* (temps létaux).

Concentrations	Mâles			Femelles		
	Droite de régression	TL50 (heurs)	TL90 (heurs)	Droite de régression	TL50 (heurs)	TL90 (heurs)
1 %	$Y = 1,60 + 3,05x$ ( $R^2 = 0,63$ )	3,05	3,58	$Y = 2,739x - 8,179$ ( $R^2 = 0,86$ )	1,57	1,66
2,5 %	$Y = 0,5223x - 1,2189$ ( $R^2 = 0,1$ )	2,48	2,67	$Y = 0,1379x + 1,363$ ( $R^2 = 0,1$ )	3,26	3,56
5 %	$Y = 0,5947x - 1,5286$ ( $R^2 = 0,87$ )	2,39	2,57	$Y = 0,5015x - 0,5789$ ( $R^2 = 0,99$ )	2,24	2,61

## 2. Discussion

Les insectes ont une diversité de fonctions épidémiologiques, ce qui en fait un enjeu majeur pour la santé publique (**Berge, 1975 ; Jolivet, 1980**). Parce qu'ils peuvent être perçus comme une simple nuisance ou comme des sources d'agents pathogènes, mais surtout comme des vecteurs de maladies infectieuses pour l'homme et les animaux (**Dumon et Faugere, 1995**). Les insectes font l'objet d'une grande étude en raison de leur influence sur la santé humaine et animale, les cultures et l'environnement.

*B. germanica* représente un défi majeur pour la santé publique et est perçue comme un ravageur majeur (**Agnès, 2014**). Selon **Agnès (2014)**, la présence de *B. germanica* est perçue comme un indicateur essentiel de conditions insalubres, car ces insectes peuvent envahir l'homme avec divers agents pathogènes tels que les virus, les bactéries, les protozoaires et les parasites helminthes. Toutefois, le développement de la résistance de *B. germanica* aux pesticides chimiques s'est révélée être un obstacle majeur dans la lutte contre cette espèce nuisible.

Les initiatives se concentrent sur des méthodes de contrôle alternatives respectueuses de l'environnement, avec une étude approfondie sur les composés aromatiques des plantes. Selon **Ghermoulet al. (2020)**, les huiles essentielles renferment fréquemment les principaux éléments bioactifs qui sont responsables des propriétés pesticides. Dans le cadre de la

recherche des molécules bioactives, d'origine végétale, efficaces dans la lutte contre la blatte germanique, *B. germanica*, la présente étude s'oriente vers l'activité biologique de l'huile essentielle d'une plante aromatique, Il s'agit de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes de *B. germanica*.

Nos résultats montrent que l'huile essentielle du *R. officinalis* entraîne une mortalité variable selon le sexe des individus traités, la concentration utilisée et le temps de traitement ; chez les mâles les valeurs des CL50 % diminuent avec l'augmentation de la durée de traitement. Notre étude montre également que la CL50 de l'huile essentielle du *R. officinalis* diminue en fonction du temps de traitement et montre qu'après 144 heures d'exposition, la CL50 est équivalente à 2,39 % chez les mâles et 2,24 % chez les femelles. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Resti Rahayu et al. (2018)** qui ont montré que l'huile essentielle de citronnelle était plus efficace contre les blattes germaniques sur les mâles et les femelles. **Keffous (2023)** montre que le romarin, a une activité larvicide contre les larves d'*Ae. caspius* après 72h, présenté par les effets létaux : CL25, CL50 et CL90 (33.93, 57.87 et 168.29 µl respectivement). Aussi **Lagseir (2020)** montre que les huiles essentielles de partie aérienne de *R. officinalis*, présentent un effet insecticide important sur les adultes du puceron céréale *Rhopalosiphum maidi*, cette efficacité évolue en fonction de concentration et de la durée d'exposition.

Selon **Katarzyna et al. (2012)**, l'huile essentielle de *R. officinalis* a démontré son efficacité sur *Acyrtosiphon pisum* après deux heures de traitement. De plus, une étude menée par **Elguedoui (2003)** a testé l'efficacité des huiles essentielles de romarin et de thym sur *Rhyzoperthadomica*, tant par contact que par inhalation, ils ont démontré que l'huile essentielle de *R. officinalis* était la plus efficace sur *Sitophilus oryzae* par rapport aux autres huiles testées ; qui peut atteindre un taux de mortalité de 100% après 48 heures d'exposition aux vapeurs toxiques de cette huile. Les effets toxiques sur *Brassicae Brevicorine* en laboratoire ont été signalés par **Isik et Gorur (2009)** qui a également noté que l'huile de *R. officinalis* était celle qui avait la plus grande toxicité.

Selon les recherches menées par **Ramzi et al. (2022)** sur l'espèce de *Cx. Pipiens*, les taux de mortalité enregistrés pour *R. officinalis* ont été estimés à 56,14% et 75,9% respectivement. L'étude de **Benhadda et Gouffi (2023)** vise à mesurer la toxicité des extraits hydro-éthanoliques de *Rosmarinus officinalis* sur les larves de troisième et quatrième stades récemment exuviées de *Cs. Longiareolata*, dont les résultats indiquent une activité larvicide avec une relation dose-réponse. Toutefois, les valeurs des concentrations létales et sous létales

## Résultats et Discussion

de l'extrait hydro-éthanolique du romarin varient avec le temps : À 24, 48 et 72 heures après le traitement, on a observé des concentrations de CL25 (30,04 ; 30,17 et 21,74 mg/ml), CL50 (53,06 ; 52,5 et 43,61 mg/ml) et CL90 (165,6 ; 159 et 175,5 mg/ml) sur les larves du troisième stade nouvellement exuviées de *Cs.longiareolata*. Et : CL25 (40,29, 37,46, 31,05 mg/ml), CL50 (98,49, 94,81 et 87,36 mg/ml) et CL90 (588,6, 607,2 et 691,5 mg/ml) à 24 heures, 48 heures et 72 heures après avoir traité les larves du quatrième stade récemment exuviées de *Cs. longiareolata*.

En **2016**, **Aouati** a mené une autre étude dans la région de Constantine, qui a révélé que l'extrait de la plante *Rosmarinus officinalis* a provoqué une mortalité maximale de 37 % des larves du *Culex pipiens* après 72 heures d'exposition à une dose de 900 mg/l.

### Conclusion générale

En raison des difficultés associées à l'emploi des insecticides chimiques et leur impact néfaste sur la santé et l'environnement, il est essentiel de recourir à des alternatives naturelles qui jouent le même rôle que les insecticides de synthèse et qui présentent des avantages écologiques et économiques.

Les extraits de plantes ont connu une augmentation de leur utilisation dans le domaine de la lutte ces dernières années en raison de leur disponibilité et de leurs propriétés biologiques. Les composés bioactifs présents dans ces produits sont variés, dont de nombreux sont sélectifs et ont peu ou pas d'impacts néfastes sur les organismes non ciblés et l'environnement.

Dans cette étude, nous avons évalué la toxicité de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes de *B. germanica*.

En ce qui concerne l'effet direct de l'essai de lutte, nous avons pu constater que l'huile essentielle utilisée, par inhalation, a un bon effet insecticide pour les deux sexes. Sa toxicité varie en fonction du sexe et de la durée d'exposition.

Finalement, il est possible de conclure que le romarin est une excellente source de composés bioactifs qui pourraient représenter une alternative naturelle envisageable aux agents de lutte contre les insectes. De ce fait, il serait intéressant de compléter ces résultats en effectuant une analyse qualitative de l'huile essentielle du romarin, afin de tester l'impact de cette huile sur le potentiel reproducteur de *B. germanica*, et de déterminer l'influence de l'extrait sur les hydrocarbures cuticulaires et ce à travers des analyses chromatographiques.

### Références Bibliographiques

1. **Afnor.** « Recueil de normes : les huiles essentielles. Monographies relatives aux huiles essentielles ». AFNOR, Paris ; 2000, Tome 2 :661-3.
2. **Afnor.** Huiles essentielles - règles générales d'étiquetage et de marquage des récipients - NF T75-002. Association française de normalisation ; 1996.
3. **Andrade J-M, Faustino C, Garcia C, Ladeiras D, Reis C-P et Rijo P, 2018.**Rosmarinus officinalis L.: an update review of its phytochemistry and biological activity. Future science
4. **Appel A. G., 1990.** Laboratory and field performance of consumer bait products for German cockroaches (Dictyoptera : Blattellidae) Control. J.E ntomol, 83(1): 153-159.
5. **Archbold, ELF., Rust, M.K., and Reiemn, D.A. 1987.** Comparative life histories of fungus- infected and uninfected German cockroaches, *Blattellagermanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 80 :571-577.
6. **Bakkali F., Averbek S., Averbek D., Idaomar M.** Effets biologiques des huiles essentielles Une revue. Toxicol chimique alimentaire. 2008 ; 46 : 446-475.
7. **Benjilali, B. (2004).** Extraction des plantes aromatiques et médicinales cas particulier de l'entraînement à la vapeur d'eau et ses équipements. Manuel pratique. Huiles essentielles : de la plante à la commercialisation.
8. **Berge T.O., 1975** - International catalogue of Arboviruses, including certain other viruses of Vertebrates. 2edition US Depart. Hlth. Educ. And Welfare.Public. N°75-8301.
9. **Besombes C. 2008,** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques, Th. Doct. Univ. de la Rochelle, France, p289.
10. **Bruneton. J (1999)** : Pharmacognosie Photochimie plantes médicinales. Édition Lavoisier Technique & Documentation, Paris.)
11. **Burt S., (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. International Journal of Food and Microbiology. 94 : 223-2.

## Références Bibliographiques

12. **Casida, JE (2017)**. Interactions entre pesticides : mécanismes, avantages et risques. *Journal de chimie agricole et alimentaire*, 65(23), 4553-4561.
13. **Casida, JE et Durkin, KA (2013)**. Cibles des insecticides neuroactifs, sélectivité, résistance et effets secondaires. *Revue annuelle d'entomologie*, 58, 99-117.
14. **Castner, Jessica, Barnett, Russell, Moskos, Luz Huntington, et al., 2021**. Échelle d'exposition aux allergènes de l'environnement domestique dans la cohorte d'adultes âgés souffrant d'asthme. *Revue canadienne de santé publique*, vol. 112, n° 1, p. 97-106.
15. **Cepeda-Palacios., Servín R., Ramírez-Orduña J.M., Ascencio F., Dorchie P., Angulo-Valadez C.E., 2014**. Effets in vitro et in vivo des produits du neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sur les larves de mouton mouche du nez (*Gestrusovis* L. Diptera : Oestridae). *Parasitologie vétérinaire* 200 (1-2), 225-228.
16. **Delaunay, P., Berenger, J. M., IZRI, A., & Chosidow, O., 2010**. LES PUNAISES DE LITS *Cimex lectularius* et *Cimex hemipterus* Biologie, Lutte et Santé Publique. *Riviera Scientifique*, 91-106.
17. **Delille L., (2007)**. Les plantes médicinales d'Algérie. Éd. BERTI, Alger, 7 P.
18. **Dumon. H. & Faugere. B., 1995**. Insectes et pathologie tropicale, Médecine d'Afrique Noire : 1995, 39 (3).
19. **Ebeling, W. (1978)**. Entomologie urbaine. Les régents de l'Université de Californie.
20. **Elbah Dj., 2017**. Etude de deux modèles d'insectes nuisibles coloniaux des milieux urbains : *Blattellagermanica* (L.) et *Drosophila melanogaster* Aspect toxicologique et comportemental, 29-35-106-114 p.
21. **Elie, M. P. (1998)**. Blattes : une vie cachée. *QUEBEC SCIENCE*, 37, 12-14.
22. **Evans, W.C.; Trease, G. E. Trease and Evan's Pharmacognosy. 14th edition**. London: W.B.Saunders, 1996.
23. **Fabre, R., Truhaut, R., & Viel, G. 1954**. Considérations générales sur la toxicologie des produits phytopharmaceutiques (pesticides), 5, 177-198.
24. **Finney. D.J., 1971**. Analyse probit. Université de Cambridge. Presse, Cambridge, 333 p.
25. **Fulton, MH et Key, PB (2001)**. Inhibition de l'acétylcholinestérase chez les poissons et les invertébrés estuariens comme indicateur de l'exposition aux

## Références Bibliographiques

- insecticides organophosphorés et effets Toxicologie et chimie de l'environnement : une revue internationale, 20(1), 37-45.
26. **Gaire S., Scharf M.E., Gondhalekar A.D., 2019.** Toxicité et impacts neurophysiologiques des composants des huiles essentielles végétales sur les punaises de lit (Cimicidae : Hémiptères). Sci. représentant 9. 3961.
  27. **Gordon D. G., 1996.** The compleat cockroach: a comprehensive guide to the most despised and Least Understood. Creature on Earth. Ten speed pressMerkely. Springer Science & Business 178 p.
  28. **Grandcolas P., 1996.** "The Phylogeny of Cockroach Families: A Cladistic Appraisal of Morphoanatomical Data." Can. J. Zool 74: 508–27.
  29. **Grandcolas P., 1998.** Les blattes. Organisation mondiale de santé. Bureau regional de l'europe. 24P.
  30. **Guignard J.L., 2000.** Biochimie végétale. 2ème Ed. De l'abrégé Dunod, Paris, pp. 177-185.
  31. **Harraz, H., Nahid, Z., Benjelloune, H., &Yassine, N., 2021.** Asthme allergique et tabac. Revue des Maladies Respiratoires Actualités, 13(1), 70.
  32. **Hasche, J. J., Zumofen, M. (1999).** Notions d'hygiène hospitalière, P. 210,2
  33. **Hauptmann, H., Mühlbauer, G. et Sass, H. (1986).** Identification et synthèse du périplanon A. Lettres du tétraèdre, 27(51), 6189-6192.
  34. **Hemingway J., Dunbar S.J., Monro A.G., Small G.J., 1993.** Résistance aux pyréthroides chez les blattes germaniques (Dictyoptera : Blattellidae) : niveaux de résistance et mécanismes sous-jacents. Journal d'entomologie économique 86, 1631-1638.
  35. **Isman, M. B. (2019).** Pesticides naturels d'origine végétale : une nouvelle ère dans le contrôle des parasites. Dans A. Ciancio& K. G. Mukerji (éd.), Gestion des ravageurs : nouvelles stratégies et approches novatrices (pp. 23-46). CRC Press.
  36. **ISO., 1977.** Organisation international de normalisation n° 660.
  37. **Jacobs S., 2013.** German cockroaches. The Pennsylvania State University.
  38. **Jolivet (1980).** Les insectes et l'homme. PUF, collect. Que sais-je, 128 PP.
  39. **Jouault S (2012)** -la qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité thèse doctorat. Université de Lorraine.
  40. **Kalembe D., Kunicka A., (2003).** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Curr. Med. Chem. 10: 813-829.

## Références Bibliographiques

41. **Kassiri, H., Zarrin, M., Veys-Behbahani, R., 2018.** Espèces fongiques pathogènes associées au système digestif de *Periplaneta americana* (Blattaria:Blattidae) piégées. Habitations résidentielles dans la ville d’Ahvaz, dans le sud-ouest de l’Iran. *J. ArthropodeBorneDis.* 12, 16-23.
42. **Keffous B.S., 2023.** Lutte biologique contre le moustique *Aedes caspius* (Pallas, 1771) : Aspect toxicologique, biochimique et histologique. Thèse Doctorat en Biologie Animale. Université de Setif, Algérie. 138 p.
43. **Kim M.S., Yu H.S., Kim H.C., 1995.** Studies on relative densities of cockroach population in 7 different habitats by using sticky – traps in Suwon. Korean. *J. Appl. Entomol.* 34 (4) : 391-542.
44. **Kimbaris, A. C., Siatis, N. G., Daferera, D. J., Tarantilis, P. A., Pappas, C. S., & Polissiou, M. G. (2006).** Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 13(1), 54-60.
45. **Kristensen, T. S., Borritz, M., Villadsen, E., & Christensen, K.B. (2005).** The Copenhagen Burnout Inventory: A new tool for the assessment of burnout. *Work and Stress*, 19(3), 192-207. doi: 10.1080/02678370500297720
46. **Kunkel, G. 1975.** Novedades y taxones criticos en la flora de La Gomera. *Cuad. Bot. Canaria* 25: 17-49.
47. **Kurkin, A.** *Chem. Nat. Compd.* 2003, p. 39-123.
48. **Lai, KM (2017).** Les blattes sont-elles une source importante d’endotoxines intestinales ? *Revue internationale de recherche environnementale et de santé publique*, 14(1), 91.
49. **Lee CY, Robinson W. 2001.** *Handbook of Malaysian Household and Structural Pests.* Pest Control Association of Malaysia; Kuala Lumpur, Malaysia: pp. 96–108.
50. **Liang D., McGill J., Pietri J.E., 2017.** Résistance croisée unidirectionnelle chez les populations de blattes germaniques (Blattodea : Blattellidae) exposées à des appâts insecticides. *J. Econ. Entomol.* 110 : 1713-1718.
51. **Linnaeus C.V., 1767.** *Systema Naturae Systema Naturae per Regna Tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis. Editio Duodecima, Reformata.* Impensis Direct. ed. 12, vol 02, Pt. 2, Salvii, Holmiae, Sweden. pp. 533-1327. L.

## Références Bibliographiques

52. **Lyon W.F., 1997.** German cockroach. Ohio State University Extension Fact Sheet Entomol.
53. **Maiza A., Aribi N., Smaghe G., Kilani-Morakchi S., Bendjedid M., Soltani N., 2013.** Effets sublétaux sur la reproduction et biomarqueurs du spinosad et de l'indoxacarbe chez les blattes *Blattellagermanica*. Taureau. Insectol, 66(1), 11-20.
54. **Marie Elisabeth Luccheci. 2005.** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles : pp 17; 23 ,52.
55. **Mourier A., 2014.** Lutte intégrée contre deux insectes synanthropes: *Blattellagermanica* et *Cimex lectularius*. Apports de l'écologie scientifique pour le conseil à l'officine. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Bordeaux, France. 101 pp.
56. **Naqqash M. N., Gokce A., Bakhsh A., Salim M., 2016.** Résistance aux insecticides et ses bases moléculaires chez les insectes ravageurs urbains. *ParasitolRes* 115(4) :1363-1373.
57. **Nasirian, H. et Salehzadeh, A. (2019).** Effet de la saisonnalité sur la densité de population d'insectes aquatiques des zones humides : une étude de cas des zones humides de Hawr Al Azim et Shadegan, Iran. *Monde vétérinaire*, 12(4), 584aaa/.
58. **Pan X., Zhang F., 2019.** Avancées dans la lutte biologique contre la blatte germanique, *Biol. Contrôle*, 142, 104104.
59. **Rahayu, R., Madona W. R., Bestari W., Jannatan., 2016.** Surveillance de la résistance de certains insecticides commerciaux contre la blatte germanique (*Blattellagermanica* (L.) en Indonésie. *J. Entomol. Zool. Études* 4 : 709-712.
60. **Ramzi, A., El OualiLalami, A., Ezzoubi, Y., Assouguem, A., Almeer ,R., Najda, A., Ullah ,R., Ercisli ,S., & Farah, A. (2022).** Insecticidal Effect of Wild-Grown *Menthapulegium* and *Rosmarinusofficinalis* Essential Oils and Their Main Monoterpenes against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Plants*, (11),11-93.
61. **Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., Vincent C 2005.** Biopesticides of Plant Origin.
62. **Rodhain F. Et Perez C., 1985-** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire : notion d'épidémiologie des maladies a vecteurs. Ed. Maloine. Paris. 458p.

## Références Bibliographiques

63. **Ross, M. H., and D. G. Cochran. 1960.** A simple method for sexing nymphal German cockroaches. *Ibid.* 53: 550.
64. **Roth M. L., 2003.** “Systematics and Phylogeny of Cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). *Orient. Insect.* 37: 1–186.
65. **Roth, L. M. and Willis, E. R. 1952.** A study of cockroach behaviour. *Amer. Mid. Nar.* 47:65-129.
66. **Rust M. K., Owens J. M. & Reiersen D. A., 1995.** Understanding and Controlling the German Cocroache. New York Oxford. Oxford University Press., 265p.
67. **Santoyo S., Caverro S., Jaime L., Ibanez E., Senorans F.J. & Reglero G., 2005.** - Chemical composition activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil obtained via supercritical fluid extraction. *Journal of Food Protection.* 68: 790-795.
68. **Sawczyn T., Dolezych B., Klosok M., Augustyniak M., Stygar D., Buldak R.J., Kuklaa M., Michalczykb K., Karcz-Sochaa L, Zwirska-Korczała K., 2012.** Altération du métabolisme des glucides et de l'intestin moyen Absorption du glucose chez *Gromphadorhinaportentosa* après exposition subchronique à l'imidaclopride et au fénitrothion. *J. Envir. Sc. Guérir, partie A*, 47(11), 1644-1651.
69. **Sawczyn, T., Dolezych, B., Klosok, M, Augustyniak, M., Stygar, D., Buldak, RJ, ... et Zwirska-Korczała, K. (2012).** Altération du métabolisme des glucides et de l'absorption du glucose dans l'intestin moyen chez *Gromphadorhinaportentosa* après une exposition subchronique à l'imidaclopride et au fénitrothion. *Journal des sciences de l'environnement et de la santé, partie A.* 47(11), 1644-1651.
70. **Schal C., Gautier J.Y. et Bell W.J., 1984.** Behavioral ecology of cockroaches. *Biol,* 59 : 209-254.
71. **Seamans, L., and L. C. Woodruff. 1939.** Some factors influencing the number of molts of the German roach. *J. Kansas. Entomol. Soc.* 12: 73–76.
72. **Suinaga, F. A., Casali, V. W. D., Picanço, M. et Foster, J. (2004),** Divergence génétique parmi les populations de mineuses de la tomate basée sur l'analyse AFLP. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* 39(7), 645-651.
73. **Swanton, C. J., Mashhadi, H. R., Solomon, K. R., Affi, M. M. et Duke, S. O., 2011.** Similitudes entre la découvrir.

## Références Bibliographiques

74. **Tanaka A., 1976.** Stags in the embriognic development of the German cockroach. *Blattellagermanica* (L.) (Dictyoptera: Blattelidae). *Kontyn* (Tokyo), 44, 512-225.
75. **Tanaka, A. 1981.** Regulation of body size during larval development in the German cockroach, *Blattellagermanica*. *J. InsectPhysiol.*, 27, 587–592.
76. **Tichafogwe, T. R. et Juscar, N., 2020.** Accaparement des terres autochtones et profanation des droits forestiers par les petits exploitants agricoles à Nguti, Cameroun. *CurrentUrbanStudies*, 8(01),
77. **Tine S. 2013-** Etude de la biodiversité des Blattes dans les régions semi-arides et arides et évaluation de l'impact d'insecticides chez *Blattellagermanica* et *Blatta orientalis* (Dictyoptera, Blattellidae). Thèse de Doctorat. Université de Annaba (Algérie). 242 pp.
78. **Tomé H.V.V., Martins J.C., Corrêa A.S., Galdino T.V.S., Picanço M.C., Guedes A.R.C., 2013.** Évitemment de l'azadirachtine par les larves et les femelles adultes de la mineuse de la tomate *Tutaabsoluta*. *Protection des cultures*, 46, 63-69.
79. **TradiKh. 2024.** Evaluation of the insecticidal effects communis on *Blattellagermanica*. Mémoire de Master. Université de Khanchla(Algérie). 60 pp.
80. **Turturice, BA, Ranjan, R., Nguyen, B., Hughes, LM, Andropolis, KE, Gold, DR et Finn, PW (2017).** L'exposition bactérienne périnatale contribue à la réponse à l'aéroallergène IL-13. *Journal américain de biologie cellulaire et moléculaire respiratoire*, 57(4), 419-427.
81. **Ueda, H., Uchida, Y. &Kaxisaxa, K. (1969).** Distribution and responses of the cardiac sympathetic receptors to mechanically induced circulatorychanges. *Jap. Heart J.* 10, 70-81
82. **Van-Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., &Vantomme, P., 2014.** Insectes comestibles perspectives pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale. FAO.
83. **Wattiez C., Beys B., 1999.** No pesticides at home, safe solution for controlling unwanted critters. *Pest. Netmork Stock* (Pan). Belgium. 12 pp.
84. **Willis E. R., Riser G. R., Roth L. M., 1958,** Observation on reproduction and development in cockroaches. *Ent. Soc. Amer. Ann*, 51: 53-69.

## Références Bibliographiques

85. **Wu, X., Appel, A.G., 2017.** Résistance aux insecticides de plusieurs souches de blattes germaniques (Dictyoptera : Blattellidae) collectées sur le terrain. J.Econ. Entomol. 110, 1203-1209.
86. **Yang C.L., Zhu H.Y., Zhang F., 2019.** Analyse protéomique comparative entre le stress à court terme et l'adaptation à long terme de *Blattellagermanica* (Blattodea : Blattellidae) en réponse à la bêta-cyperméthrine. J.Econ. Entomol 112 (3), 1396-1402.
87. **Yangui, F., Bougacha, M., Cherif, H., Triki, M., Karaborni, B., Khouani, H., & Charfi, M. R., 2021.** Profil clinique et allergénique de l'allergie aux acariens et sa variation en fonction de l'âge. Revue Française d'Allergologie, 61(4), 253-254.
88. **Yeom, H.J., Kang, J.S., Kim, G.H. et Park, I.K., 2012.** Activité d'inhibition de l'insecticide et de l'acétylcholine estérase des huiles essentielles des plantes Apiacées et de leurs constituants contre les adultes de blatte germanique (*Blattellagermanica*). J. Agric. Food Chem., 60.
89. **Zeroual, A., Sakar, E. H., Eloutassi, N. Mahjoubi, F., Chaouch, M. et Chaqroune, A. (2021).** Profilage phytochimique des huiles essentielles isolées par hydrodistillation et méthodes micro-ondes et caractérisation de certains nutriments dans l'*origanumcompactumbenth* du centre-nord du Maroc. Recherche sur la biointerface en chimie appliquée, 11(2), 9358-9371.