

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHESCIENTIFIQUE



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 Animale

Intitulé :

Effet différé de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur le
comportement sexuel chez *Blattella germanica*

Présenté Par :

HENDIS Chaima
BOUTELBA Iness

BOUCHOUL Zina

Membre de Jury :

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

Année universitaire 2024/2025

REMERCIEMENTS

Louange à **Dieu**, Seigneur des mondes, qui nous a permis d'atteindre le terme de ce travail scientifique. Le premier mérite et les premiers remerciements lui reviennent. Gloire à lui, le très-haut, qui nous a guidés, dirigé nos pas et insufflé en nous la détermination et la volonté de l'accomplir.

Nous tenons à exprimer nos remerciements et notre reconnaissance au **Mme BOUABDALLAH Narimen** Maître de conférences à l'Université de 20 Aout 1955- Skikda, pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.

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

Bien entendu, nous adressons nos plus vifs remerciements et notre profonde gratitude à notre bien-aimée encadrante, **Mme BEKHAKHECHE Manel**, Maître de conférences à l'Université de 20 Aout 1955- Skikda, pour les conseils et les orientations qu'elle nous a prodigués, son aimable soutien, sa compréhension et sa grande patience à notre égard.

Enfin, nous adressons également nos remerciements à toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicace

Au nom d'Allah, le tout miséricordieux, le très miséricordieux et par son souvenir nous nous parfumons.

C'est avec joie et un immense honneur que je dédie le fruit de ce travail :

À la plus précieuse de mes possessions et à la plus grande des bénédictions : Ma mère bien-aimée, la lumière de mes yeux, qu'Allah la préserve et la protège,

Et à mon bien-aimé, mon soutien disparu et ma seconde moitié : mon père, qu'Allah lui accorde sa miséricorde.

À la deuxième plus grande bénédiction : Ma compagne, ma sœur Ikram, et à mes frères, mes piliers : Sliman et Mohammed.

À ma seconde mère : l'épouse de mon oncle maternel, Rabiha.

À mes cousines : Amina, Rayene, Rim, Hadjer, Mariem et sa fille Éline.

À mes neveux : Zineb, Loudjaine, Younès et Zayn.

Et bien sûr, à mes amies vertueuses et compagnons de bon conseil : Ghofran, Nedjma, Zineb, Ahlam, Khadidja et Rayen El Amal.

À mes camarades d'études : Nour El Houda, Nihal et Amina.

Et à tous ceux qui m'aiment.

CHAIMA

Dédicace

Louange à Dieu, en premier et en dernier, de l'extérieur comme de l'intérieur, pour ses innombrables bienfaits et pour sa grâce sans laquelle ce travail n'aurait jamais vu le jour.

À mon cher père Azouz, mon pilier dans cette vie, modèle de patience et de persévérance, merci pour tout l'amour, les conseils et les prières inlassables que tu m'as offert.

À ma tendre mère Zohra, source de tendresse et de prières, toi qui as toujours été la lumière de mon chemin et le refuge de mon âme, aucun mot ne saurait exprimer ce que tu représentes pour moi. Merci du fond du cœur pour chaque instant d'amour, chaque larme de crainte et chaque sourire porteur d'espoir.

À mes chères sœurs Donia, Chahinez, Loudjayne et Anfel, et à mon cher frère Abdelali, compagnons de route et piliers du cœur, merci pour votre chaleur, votre soutien, et chaque mot bienveillant qui a ravivé ma détermination dans les moments de doute et de fatigue.

À ma précieuse grand-mère Fatima, que Dieu t'accorde sa miséricorde. Tu habites toujours mon cœur à travers tes prières et tes doux souvenirs.

Et à mon grand-père Rachid et ma grand-mère Aïcha, pour vos prières sincères et votre amour silencieux, toute ma reconnaissance. Vous avez toujours été une part invisible de ma force.

Et à tous ceux qui m'ont soutenue et accompagnée, par une parole, un geste, ou même une prière en silence : merci d'avoir été une lumière sur mon chemin et une empreinte douce et inoubliable dans mon histoire.

INESS

Dédicace

Je dédie le fruit de ce travail à toutes les âmes bienveillantes qui, par leur présence ou leur prière, ont jalonné mon parcours de lumière et de force :

À mes familles chéries – Bouchoul, Dahmane et Moumni – qui ont toujours été un havre d’amour et un pilier de soutien indéfectible.

À ma précieuse grand-mère, que Dieu lui accorde une longue vie. Tes prières m’ont portée, ton regard m’a guidée, ta présence fut un phare dans mes nuits d’incertitude.

À mon père adoré, modèle de patience et de persévérance, lumière de mes yeux et roc de mon existence, je t’offre ma plus profonde gratitude et mon amour sans limites.

À ma douce mère, celle dont les prières ont éclairé ma route, source infinie de tendresse et d’abnégation, je te rends hommage avec un cœur débordant de reconnaissance.

À mon époux bien-aimé, fidèle soutien dans chaque étape, chaque doute, chaque victoire. Merci pour ta patience, ta force tranquille et ton amour constant : tu as été l’ancre de mes tempêtes.

À mes frères de cœur, Hussein et Boubekour, complices et confidents, vous êtes cette force silencieuse et rassurante qui m’accompagne à chaque pas.

À ma belle-famille, et en particulier à ma belle-mère et mon beau-père, je vous remercie du fond du cœur pour votre appui sincère et votre présence bienveillante.

Et enfin, à nos petites étoiles, Arkan et Anas, douce insouciance et éclats de rire, vous êtes la joie pure qui ravive

ZINA

Liste des figures

N°	Figure	Page
1	<i>Blattella germanica</i> (A : Mâle ; B : Femelle ; C : Femelle avec Oothèque)	8
2	Cycle de vie de <i>B.germanica</i>	9
3	Elevage de masse de <i>B.germanica</i>	10
4	Elevage des larves âgées de <i>B.germanica</i>	11
5	La mue imaginale de <i>B.germanica</i>	11
6	Arbuste de <i>Rosmarinus officinalis</i>	12
7	A : Appareil d'hydrodistillation à la vapeur, B : Entonnoir séparateur	13
8	Traitement des adultes de <i>Blattella germanica</i> (Mâles× Femelles) par une concentration sublétale de l'huile essentielle de <i>R.officinalis</i> (0.5%)	14
9	Enceinte close utilisée pour les tests d'accouplement	16

Liste des Tableaux

N°	Tableaux	Page
1	Effet de l'huile essentiel de <i>R. officinalis</i> (0,5%) sur le taux de réussite des accouplements.	17
2	Effet de l'huile essentiel de <i>R. officinalis</i> (0,5%) sur temps du premier contact Antennaire	18
3	Effet de l'huile essentiel de <i>R. officinalis</i> (0,5%) sur temps de la 1ère Parade	19
4	Effet de l'huile essentiel de <i>R. officinalis</i> (0,5%) sur nombre de la 1ère Parade	19
5	Effet de l'huile essentiel de <i>R. officinalis</i> (0,5%) sur temps du 1 ^{ier} Léchage	20
6	Effet de l'huile essentiel de <i>R. officinalis</i> (0,5%) sur nombre du 1 ^{ier} Léchage	21
7	Effet de l'huile essentiel de <i>R. officinalis</i> (0,5%) sur temps de la 1ère Tentative	21
8	Effet de l'huile essentiel de <i>R. officinalis</i> (0,5%) sur nombre de Tentative	22

Résumé :

Les blattes, en particulier *Blattella germanica*, sont des insectes urbains nuisibles dont la prolifération rapide et la résistance aux conditions environnementales entravent leur gestion. Cette étude vise à évaluer l'effet différé d'une concentration sublétales (0,5%) d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*, par inhalation, sur le comportement sexuel des adultes de cette espèce. Les résultats ont révélé une altération significative des dynamiques comportementales liées à la reproduction.

Mots clés : *Blattella germanica*, *Rosmarinus officinalis*, huile essentielle, comportement sexuel, concentration sublétales.

Abstract

Cockroaches, particularly *Blattella germanica*, are among the most prevalent urban pests, with their rapid proliferation and resistance to environmental conditions complicating their management. This study aims to evaluate the delayed effect of a sublethal concentration (0.5%) of *Rosmarinus officinalis* essential oil, administered via inhalation, on the sexual behavior of adult individuals of this species. The results revealed a significant alteration in the behavioral dynamics related to reproduction.

Keywords: *Blattella germanica*, *Rosmarinus officinalis*, essential oil, sexual behavior, sublethal concentration.

ملخص:

تعد الصراصير، ولا سيما *Blattella germanica*، إحدى الآفات الحضرية الأكثر انتشاراً، حيث تؤدي قدرتها العالية على التكاثر ومقاومتها للظروف البيئية إلى تعقيد عمليات مكافحتها. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التأثير المتأخر لتركيز تحت مميت (0.5%) من الزيت الأساسي لنبات *Rosmarinus officinalis*، عبر الاستنشاق، على السلوك الجنسي للبالغين من هذه الفصيلة. وقد كشفت النتائج عن تغير ملحوظ في الديناميات السلوكية المرتبطة بالتكاثر.

الكلمات المفتاحية: *Blattella germanica*، *Rosmarinus officinalis*، زيت أساسي، سلوك جنسي، الجرعة غير المميئة.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction.....	1
Chapitre I : Etude Bibliographique	
Partie 1 : Présentation de <i>Blattella germanica</i>	2
1. Ecologie et distribution des blattes	2
2. Historique et propagation de <i>Blattella germanica</i>	2
3. Préférences écologiques de <i>Blattella germanica</i>	2
4. Morphologie de <i>Blattella germanica</i>	3
5. Stratégies de lutte contre les populations de blattes.....	3
5.1. La lutte chimique.....	3
5.2. La lutte physique.....	4
5.3. La lutte biologique.....	4
Partie 2 : Les huiles essentielles	5
1. Généralité sur les huiles essentielles.....	5
2. Méthodes d'analyses et contrôles de qualité des huiles essentielle.....	5
3. Composition chimique.....	5
4. Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	6
• Hydrodistillation.....	6
• Extraction par micro-onde sous vide.....	6
• Hydrodiffusion.....	6
Chapitre II : Partie expérimentale	
1. Matériel et méthodes.....	7
1.1 <i>Blattella germanica</i>	7

❖ <i>Position systématique de l'insecte étudié</i>	8
1. 2. Cycle de vie du <i>B. germanica</i>	8
1. 3. Élevage de masse.....	10
❖ Elevage des adultes.....	10
1.4. Traitement des adultes de <i>B. germanica</i> avec l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>	11
❖ Présentation de <i>Rosmarinus officinalis</i>	11
❖ Classification de <i>R. officinalis</i>	12
❖ Protocole de l'extraction.....	13
❖ Détermination du rendement en huile essentielle (Rdt%).....	13
1. 4. 1. Traitement de <i>B. germanica</i> par une concentration sub létale de l'huile essentielle de <i>R.officinalis</i> (0,5%).....	14
1. 5. Comportement sexuel.....	14
❖ Description du comportement sexuel chez <i>B. germanica</i>	14
❖ Traitement de la concentrations sub létale (0,5%) de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> sur le comportement sexuel de <i>B. germanica</i>	15
1. 6. Analyse Statistique des données.....	16
❖ Les tests comportementaux.....	16
 Chapitre III : Résultats et Discussion	
2. Résultats.....	17
2. 1. Rendement d'extraction d'huile essentielle.....	17
2. 2. Etude du comportement sexuel.....	17
2.2.1. Effet du traitement avec « l'huile essentiel de <i>R. officinalis</i> » sur les séquences du comportement sexuel de <i>B. germanica</i>	17
• Effet de l'huile essentiel de <i>Rosmarinus officinalis</i> (0,5%) sur le temps du premier contact antennaire.....	18
• Effets l'huile essentiel de <i>Rosmarinus officinalis</i> (0,5%) sur la parade du mâle.....	18
*Effet sur le temps de la première parade.....	18
*Effet sur le Nombres de parade.....	19

• Effets l’huile essentiel de <i>Rosmarinus officinalis</i> (0,5%) sur léchage.....	20
*Effet sur le temps du premier léchage.....	20
*Effet sur le temps du Nombre léchage.....	20
• Effet du l’huile essentiel de <i>Rosmarinus officinalis</i> (0,5%) sur la tentative d’accouplement.....	21
*Effet sur le Temps de la 1ère tentatives d’accouplement.....	21
*Effet sur le Nombre de tentatives d’accouplement.....	22
3. Discussion.....	23
4.Conclusion.....	25
Références Bibliographiques.....	26

Intuction

1. Introduction

Les insectes, avec leurs capacités reproductrices exceptionnelles, représentent l'un des groupes zoologiques les plus abondants et diversifiés du règne animal. Grâce à des mécanismes comportementaux et physiologiques complexes, ils ont démontré une adaptabilité remarquable à une variété de milieux environnementaux **(Rodhain & Perez, 1985)**. Parmi eux, les blattes, connues sous les noms de "cafards" ou "cancrelats", se démarquent par leur photophobie et leur taux de fécondité élevé **(Hasche & Zumofen, 1999)**.

Ces insectes, parmi les plus anciens recensés, se sont adaptés à une large gamme de biotopes, qu'ils soient tropicaux, subtropicaux, tempérés ou même désertiques **(Ebeling, 1978)**. De nombreuses espèces ont, au fil du temps, évolué pour prospérer en milieux urbains, devenant des nuisibles domestiques **(Schal et al., 1984)**. Bien que plus de 4000 espèces aient été identifiées, seules une vingtaine sont considérées comme nuisibles en raison de leur impact sur l'hygiène et la santé publique **(Merad et al., 2022)**. Ces nuisances incluent la transmission de maladies infectieuses telles que l'hépatite, le choléra et la tuberculose, ainsi que le transport d'agents pathogènes **(Gordon, 1996 ; Tokuda et al., 2008 ; Senthilmumar et al., 2023)**.

En particulier, la blatte germanique, *Blattella germanica*, est l'une des espèces les plus répandues et est fortement associée aux environnements humains. Ses préférences pour les espaces chauds et humides, combinées à son cycle de reproduction rapide, en font un véritable défi pour le contrôle des populations **(Woodroff, 1938)**. De plus, l'utilisation continue d'insecticides conventionnels tels que les organochlorés et les carbamates a conduit à des phénomènes de résistance accrue **(Hemingway et al., 1993)**, renforçant ainsi la nécessité d'explorer des alternatives écologiques et durables.

Les extraits naturels de plantes, en particulier les huiles essentielles, se présentent comme des solutions prometteuses. Ces composés biodégradables et non toxiques pour les organismes non visés possèdent des propriétés insecticides et répulsives qui réduisent les risques de résistance observés avec les insecticides synthétiques **(Pavela, 2014)**. Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à l'impact de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur le comportement reproductif de *Blattella germanica*, en examinant les effets d'une dose sublétales sur cette espèce nuisible.

Chapitre I : Étude Bibliographique

Partie 1 : Présentation de *Blattella germanica* :

1. Ecologie et distribution des blattes :

Les blattes domestique (Dictyoptera: Blattidae) sont des espèces synanthropiques, manifestant une association étroite avec les environnements humains. Bien qu'originaires des régions tropicales, la majorité des espèces se sont adaptées aux zones tempérées, colonisant les microclimats anthropiques offrant des conditions thermiques et hygrométriques adéquates ainsi que des sources de nourriture (**Roth & Willis, 1957**). Parmi les espèces communément rencontrées dans les habitations humaines (Robinson, 2005), on cite notamment *Periplaneta americana* (**Linnaeus, 1758**), *Blatta orientalis* (**Linnaeus, 1758**) et *Blattella germanica* (**Linnaeus, 1767**). Il est à noter que *B. germanica* est l'espèce la plus ubiquiste, responsable d'environ 90 % des infestations (**Bell, 1990**).

2. Historique et propagation de *Blattella germanica* :

Historiquement, l'origine de *Blattella germanica* a été supposée se situer dans le nord-est de l'Afrique, englobant la région des Grands Lacs africains, l'Éthiopie et le Soudan. Sa dispersion vers l'Europe de l'Est aurait eu lieu il y a plusieurs siècles, facilitée par les navires marchands grecs et phéniciens, menant à son établissement à Byzance, en Asie Mineure, dans la région de la Mer Noire et dans le sud de la Russie. Par la suite, une propagation progressive vers le nord et l'ouest de l'Europe a été observée.

L'introduction de *B. germanica* en Europe occidentale a ensuite permis sa dissémination quasi mondiale via les activités commerciales et les déplacements humains. Son établissement en Angleterre est documenté au milieu du XIXe siècle ; **Miall & Le Patourel (1989)** suggèrent son arrivée à Leeds par des paniers de pain transportés par des soldats revenant de la guerre de Crimée (1854-1856). La description taxonomique originale de cette espèce fut réalisée par Linné en 1767 sous le nom de *Blatta germanica*, à partir de spécimens collectés au Danemark.

3. Préférences écologiques de *Blattella germanica* :

Blattella germanica manifeste une préférence marquée pour les environnements chauds et humides. Cette préférence explique sa prévalence en tant que ravageur majeur dans les cuisines et les restaurants, où l'accès à la nourriture, la chaleur et l'humidité constituent des conditions écologiques optimales (**Cornwell, 1968**). Cependant, il convient de noter que cette espèce a également été recensée dans des habitats extérieurs dans diverses régions du monde (**Shuyler, 1956 ; Cornwell, 1968**).

4. Morphologie de *Blattella germanica* :

Blattella germanica est une espèce de petite taille, les adultes mesurant typiquement entre 10 et 14 mm de long. Leur coloration est caractérisée par un brun jaunâtre général, complétée par la présence de deux bandes longitudinales sombres et parallèles situées sur le pronotum (**Guthrie & Tindall, 1968 ; Lee & Robinson, 2001**). Un dimorphisme sexuel est observable : les mâles se distinguent par un corps élancé, un abdomen effilé et la présence de stylets sur la plaque subgénitale. En revanche, les femelles sont plus robustes, possèdent un abdomen arrondi et sont dépourvues de ces stylets sur la plaque subgénitale (**Appel, 1995**).

Le cycle de vie de *B. germanica* est caractérisé par une métamorphose incomplète, comprenant trois stades distincts : l'œuf, la nymphe et l'adulte. Ce cycle débute par la fécondation de l'œuf, suivie d'une série de mues successives au stade nymphal. La dernière mue marque l'émergence de l'adulte pleinement ailé. Dans des conditions environnementales favorables, le cycle de vie complet peut s'achever en environ 100 jours (**Archbold et al., 1987**).

5. Stratégies de lutte contre les populations de Blattes :

Bien que l'éradication complète des populations de blattes soit particulièrement ardue, il est envisageable de contrôler leur développement et de limiter leur prolifération (**Grandcolas, 1996**).

5.1. Lutte chimique :

Traditionnellement, la lutte chimique contre les blattes, et en particulier contre *B. germanica*, repose sur l'emploi d'insecticides organiques. Cette catégorie inclut les organochlorés, les organophosphates, les carbamates et les pyréthrinoïdes. Ces composés agissent principalement en ciblant le système nerveux central des insectes (**Casida & Durkin, 2013 ; Casida, 2017**), notamment en altérant les canaux sodiques et en perturbant les systèmes neuroendocrinien et immunitaire (**Fulton & Key, 2001**).

Au cours des années 1980, les pyréthrinoïdes et le thiocyclame ont démontré une efficacité notable. Cependant, leur manque de spécificité et leur persistance ont eu des conséquences environnementales significatives. Les années 1990 ont vu l'introduction de nouvelles classes d'insecticides, telles que les phéromones (**Hauptman et al., 1986**) et les inhibiteurs de croissance des insectes (IGI). Ces derniers sont des molécules sélectives et moins polluantes qui interfèrent avec les processus de développement essentiels des insectes, comme la régulation cuticulaire ou hormonale.

Bien que ces substances aient initialement montré une efficacité satisfaisante, l'émergence de phénomènes de résistance au sein des populations d'insectes a progressivement affaibli leur performance (**Sunaga *et al.*, 2004 ; Sharma *et al.*, 2010 ; Chen *et al.*, 2020**). Parallèlement, des pesticides inorganiques comme l'arsenic, le soufre, l'acide cyanhydrique et l'acide borique ont également été utilisés (**Fabre, 1954**).

5.2. Lutte physique :

Les pièges à glu constituent une méthode de contrôle physique des populations de blattes. Au-delà de leur efficacité dans la capture des insectes, ces dispositifs servent également d'indicateurs précieux de la présence et de l'ampleur des infestations (**Appel, 1990 ; Kim *et al.*, 1995 ; Lyon, 1997**).

5.3. Lutte biologique :

Le terme biopesticide désigne étymologiquement un pesticide dérivé d'organismes vivants ou de substances naturelles qu'ils synthétisent. Selon **Regnault-Roger *et al.* (2005)**, L'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB) définit la lutte biologique comme « 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 ».

Cette approche implique l'utilisation stratégique d'une variété d'agents biologiques pour le contrôle des ravageurs. Ces agents incluent des microorganismes tels que les bactéries, les virus, et les champignons, ainsi que des ennemis naturels (prédateurs et parasitoïdes), des nématodes entomopathogènes, et d'autres parasites. De plus, des substances d'origine végétale sont également employées (**Maïza *et al.*, 2013 ; Tomè *et al.*, 2013 ; Cepeda-Palacios *et al.*, 2014 ; Gaire *et al.*, 2019 ; Isman, 2019 ; Pan & Zhang, 2020**). Parmi ces dernières, les huiles essentielles sont particulièrement notables pour leur forte valeur ajoutée, bien que présentes en faibles quantités, en raison de leur activité biologique et olfactive (**Jouault, 2012**).

Partie 2 : Les huiles essentielles

1. Généralités sur les huiles essentielles :

Les huiles essentielles constituent une catégorie majeure de métabolites secondaires végétaux, revêtant une importance commerciale significative. Selon la norme **AFNOR NF (2000)**, une huile essentielle est définie comme un produit dérivé d'une matière première végétale, obtenu par la séparation de la phase aqueuse via des procédés spécifiques. Plus précisément, il s'agit de l'essence volatile extraite de plantes aromatiques par distillation sèche, entraînement à la vapeur ou des méthodes mécaniques ne nécessitant pas de chauffage.

Cette définition stricte exclut cependant les extraits végétaux obtenus par d'autres techniques, telles que l'utilisation de solvants non aqueux ou l'enfleurage (**Besombes, 2008**). **Kalemba (2003)** caractérise les huiles essentielles comme des mélanges naturels complexes de composés volatils, extraits principalement par hydrodistillation ou expression mécanique. Ces composés peuvent être isolés de diverses parties de la plante, incluant les feuilles, graines, bourgeons, fleurs, brindilles, écorces, bois, racines, tiges, fruits, ainsi que les gommés résineuses émanant des troncs d'arbres. **Burt (2004)** confirme l'hydrodistillation et les méthodes d'expression à froid, notamment pour les agrumes, comme techniques d'obtention.

Des avancées technologiques récentes ont permis le développement de méthodes innovantes pour optimiser la productivité, telles que l'extraction à basse température et 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**).

2. Méthodes d'analyses et contrôles de qualité des huiles essentielles :

Conformément aux directives de la Pharmacopée Française et Européenne, diverses analyses sont mises en œuvre pour le contrôle qualité des huiles essentielles. L'objectif principal de ces contrôles est de déterminer les propriétés physico-chimiques spécifiques à chaque huile. Ces caractéristiques sont ensuite utilisées pour la description et servent de critères de qualité. Les méthodes de détermination des propriétés physico-chimiques sont détaillées dans le recueil de normes de l'Association Française de Normalisation (**AFNOR, 1996**), qui sont alignées sur les normes internationales de l'Organisation Internationale de Normalisation (**ISO, 1977**).

3. Composition chimique :

Les composés odorants des huiles essentielles sont principalement regroupés en deux catégories, basées sur leurs voies métaboliques de biosynthèse. Selon **Kurkin (2003)**, la majorité des essences sont composées majoritairement de terpènes (monoterpènes et sesquiterpènes),

auxquels s'ajoutent des composés aromatiques dérivés de la voie du phénylpropane.

4. Méthodes d'extraction des huiles essentielles :

- **Hydrodistillation :**

Cette méthode implique l'exposition directe de l'échantillon végétal à l'eau bouillante. La flottabilité ou l'immersion complète du matériel végétal dépend de sa densité et de la quantité traitée. L'alambic peut être chauffé directement (alambic à feu nu) ou par injection de vapeur surchauffée pour faciliter l'évaporation de l'eau. **Benjilali (2004)** recommande cette approche pour les matières premières sujettes à la réagglomération, ce qui pourrait entraver la pénétration de la vapeur dans la masse végétale, comme c'est le cas pour les pétales de roses ou les fleurs d'oranger.

L'entraînement à la vapeur d'eau est une technique reconnue pour l'obtention d'huiles essentielles. Contrairement à l'hydrodistillation, cette méthode évite le contact direct entre l'eau et le matériel végétal. La matière végétale est placée au-dessus d'une grille et traversée par de la vapeur d'eau générée par une chaudière externe. Au fur et à mesure que la vapeur passe à travers le tissu végétal, les cellules se rompent, libérant l'huile essentielle qui se vaporise sous l'effet de la chaleur, formant un mélange "eau + huile essentielle". Ce mélange est ensuite dirigé vers un condenseur et un essencier, où il se sépare en une phase aqueuse et une phase organique (l'huile essentielle).

L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques, permet de prévenir certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation susceptibles d'altérer la qualité de l'huile (**Marie, 2005**).

- **Extraction par Micro-ondes sous Vide :**

L'utilisation des micro-ondes pour l'extraction offre des avantages significatifs en termes de gain de temps et d'augmentation du rendement. Pour les plantes fraîches, cette méthode permet une extraction sans utilisation de solvant, ce qui représente un intérêt économique considérable (**Ramdani et al., 2010**).

- **Hydrodiffusion :**

Ce procédé innovant repose sur la pulsation de vapeur d'eau à très basse pression à travers la masse végétale. Il offre des bénéfices notables en termes de réduction du temps d'extraction et de l'énergie consommée (**Bruneton, 2009**).

Chapitre II : Partie
expérimentale

1. Matériel et méthodes :

1.1. *Blattella germanica* :

Blattella germanica appartient à l'ordre des Blattodea, elle est caractérisée par un développement hétérométabole (**Gordon, 1996**). Cette espèce est largement répandue à l'échelle mondiale et étroitement associée aux environnements anthropiques en raison de sa dépendance aux conditions de chaleur et d'humidité que procurent les habitats humains. De plus, la densité de ses populations est influencée par divers facteurs abiotiques, tels que l'accès à la nourriture et à l'eau (**Gul et al., 2017 ; Gul et al., 2022**).

D'un point de vue morphologique, *B. germanica* est une blatte relativement petite, mesurant entre 11 et 15 mm de long. Sa tête, extrêmement mobile, est partiellement recouverte par le pronotum. Elle possède des antennes longues et filiformes, conférant une grande sensibilité à son environnement (**Gordon, 1996**). Son appareil buccal est de type broyeur et adopte une orientation hypognathe, dirigée vers le bas. Ses pattes, longues et aplaties, sont couvertes d'épines, lui permettant d'atteindre une vitesse de déplacement allant jusqu'à 130 cm par seconde (**Grandcolas, 1996**). Quant à la coloration corporelle, elle varie du brun clair au noir, et le pronotum arbore deux bandes longitudinales sombres (**Boudegui & Gouaidia, 2020 ; Ghermoul et al., 2020**).

Les mâles adultes présentent un corps relativement mince avec un abdomen se terminant en pointe. Les segments abdominaux postérieurs restent visibles car ils ne sont pas totalement recouverts par les tegmina (ailes extérieures rigides). La région sous-génitale est dotée d'une paire d'appendices appelés styles, ainsi que d'un appareil reproducteur asymétrique et complexe (**Appel, 1995**). Quant aux femelles adultes, elles se distinguent par un corps plus robuste et arrondi, dont l'abdomen est entièrement couvert par les tegmina (**Valles, 1996**). Elles sont généralement plus sombres que les mâles (**Rust et al., 1995**) et ne possèdent pas de styles sur la plaque sous-génitale. La femelle porte l'oothèque, une structure contenant entre 48 et 50 œufs, qui demeure attachée aux derniers segments abdominaux pendant une période prolongée avant la ponte (**figure 1**).

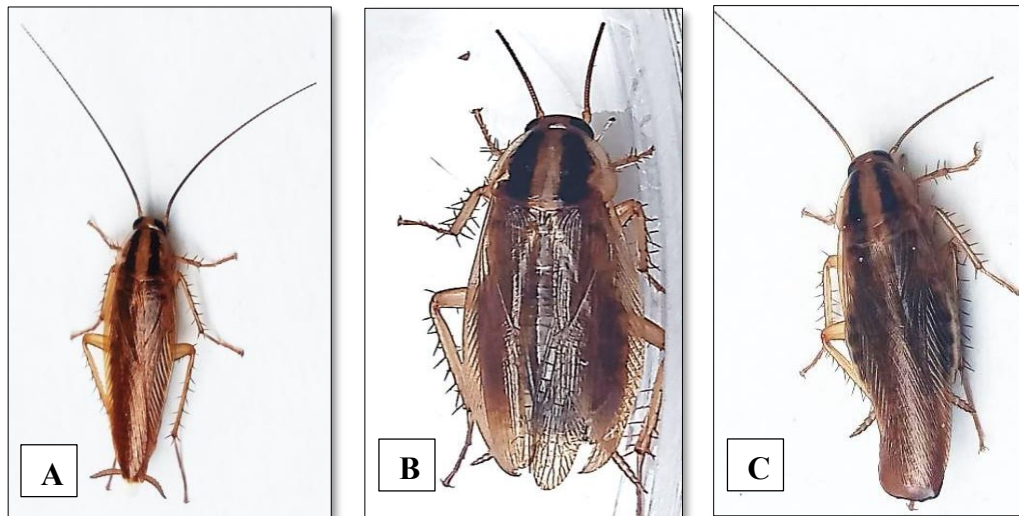


Figure 1. *Blattella germanica* (A : Mâle ; B : Femelle ; C : Femelle avec Oothèque) (Photo Originale)

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).**

1.2. Cycle de vie du *B. germanica* :

Après huit jours suivant la mue imaginale, la femelle commence la formation de 6 à 8 oothèques au cours de cycles reproductifs successifs. Chaque oothèque mesure environ 8 mm de long et contient 36 à 48 œufs (Gordon, 1996), ce qui correspond à un potentiel reproducteur avoisinant 300 œufs au cours de sa vie. L'oothèque est généralement déposée à proximité d'une source alimentaire juste avant l'éclosion, certaines restant attachées à l'abdomen de la femelle jusqu'à leur ouverture complète (Gordon, 1996 ; Tanaka & Gordon, 1996). La formation d'une nouvelle oothèque nécessite environ deux semaines (Jacobs, 2013).

L'oothèque est caractérisée par une structure cornée et une crête dorsale dentelée, facilitant l'émergence des jeunes larves lors de l'éclosion. Les œufs sont arrangés en deux rangées parallèles de part et d'autre d'un axe central (Tanaka, 1976). Elle demeure généralement suspendue entre

les derniers segments abdominaux de la femelle avant d'être déposée (Chopard, 1951). L'incubation dure environ 17 jours dans des conditions optimales (température de 25–33°C et humidité relative de 60–80%), mais peut s'étendre sur plus d'un an lorsque les conditions environnementales sont défavorables (Cornwell, 1968 ; Wattiez & Beys, 1999 ; Mourier, 2014).

À l'éclosion, les larves présentent une teinte blanchâtre translucide, puis acquièrent progressivement une coloration brune après le durcissement de la cuticule (Cornwell, 1968). Le développement larvaire comprend 5 à 7 stades, s'étendant sur environ 6 mois sous des conditions idéales (température 25°C, humidité relative 70%) (Wattiez & Beys, 1999). Le dernier stade dure 40 jours chez les mâles et 41 jours chez les femelles, avant l'apparition de la mue imaginale (Cornwell, 1968).

Les larves avancées présentent une morphologie proche des adultes, mais restent dépourvues d'ailes, tandis qu'une bande claire est visible sur le bord postérieur du pronotum. Après la mue imaginale, les individus adultes mesurent entre 15 et 17 mm de long, avec des ailes non fonctionnelles, des antennes longues et filiformes, ainsi qu'un pronotum marqué par deux bandes foncées (Rust *et al.*, 1995 ; Wigglesworth, 1972). Les mâles adultes se distinguent par une morphologie plus élancée et allongée, tandis que les femelles sont plus massives et robustes, avec une longévité moyenne de 153 jours, contre 128 jours pour les mâles (Cornwell, 1968 ; Mourier, 2014).

Sur une période d'un an, la population de *Blattella germanica* peut atteindre 10 000 individus, répartis sur deux générations successives (Borozau, 2002) (Figure 2).

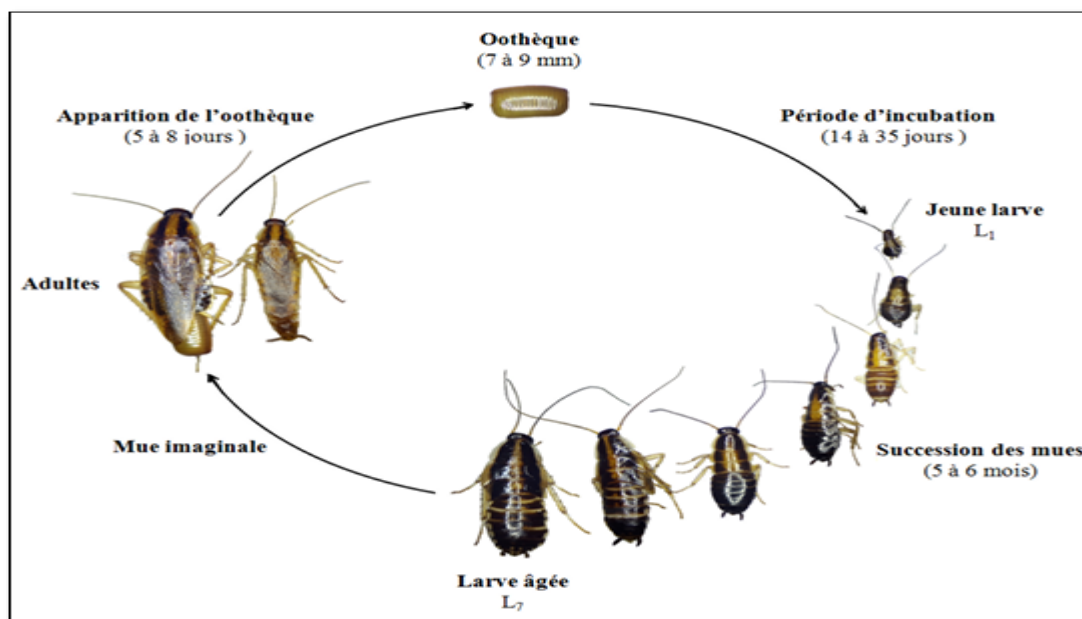


Figure 2. Cycle de vie de *B. germanica* (El Beh. 2017).

1.3. Élevage de masse :

L'élevage de *B. germanica* a été réalisé dans des boîtes en plastique perforées, permettant une aération optimale et facilitant la respiration des individus. Afin de créer un environnement propice à leur développement, des cartons d'œufs ont été ajoutés, offrant aux blattes des espaces de refuge contre la lumière tout en favorisant leur reproduction.

Les individus ont été nourris avec une alimentation spécifique, composée de nourriture pour chiens, garantissant un apport nutritionnel adéquat. Par ailleurs, une source d'eau a été mise à disposition sous forme de tubes remplis d'eau et recouverts de coton afin d'assurer une hydratation continue. Le dispositif d'élevage a été installé dans une pièce chaude et modérément humide, recréant des conditions similaires à leur habitat naturel et facilitant l'observation des cycles biologiques (**Figure 3**).

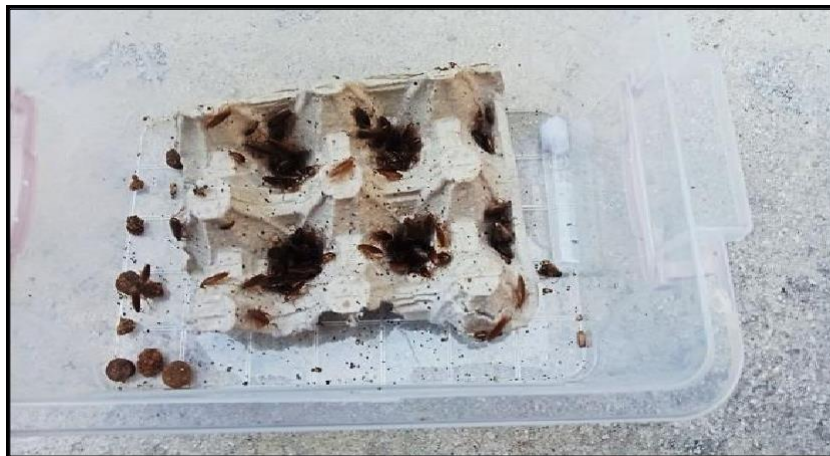


Figure 3. Élevage de masse de *B. germanica* (**Photo Originale**)

❖ *Elevage des adultes isolés :*

Afin d'assurer un suivi rigoureux du développement des individus, nous avons procédé à l'isolement des larves entre le cinquième et le septième stade de développement, dans une boîte dédiée (**Figure 4**). Cette séparation visait à faciliter la collecte quotidienne des adultes dès leur mue imaginale, permettant ainsi un suivi optimal de leur transition vers l'âge adulte.

Au stade de la mue imaginale (**Figure 5**), les deux sexes ayant mué le même jour ont été isolés et placés dans des boîtes de Pétri jusqu'au huitième jour. Cette période correspond à l'âge auquel les individus atteignent leur pleine maturité, leur permettant d'être élevés selon le protocole décrit précédemment.



Figure 4. Élevage des larves âgées de *B. germanica* (Photo Originale).



Figure 5. La mue imaginale de *B. germanica* (Photo Originale).

1.4. Traitement des adultes de *B. germanica* avec l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* :

❖ Présentation de *Rosmarinus officinalis* :

Le romarin, *Rosmarinus officinalis*, est un arbuste vivace appartenant à la famille des Lamiacées. Il peut atteindre une hauteur de 1,5 à 2 mètres et se distingue par ses feuilles coriaces, dépourvues de pétiole, étroites et légèrement enroulées sur les bords. La face supérieure des feuilles est verte foncé et brillante, tandis que leur face inférieure est blanchâtre. La floraison, qui s'étend de février à mai, produit des fleurs bleu pâle à violettes, regroupées en calices velus dentelés de blanc, avec deux étamines légèrement denticulées à leur base. Le fruit est un tétrakène

brun (Boullard, 2001).

Le romarin est largement réparti dans le bassin méditerranéen occidental, s'étendant jusqu'aux régions semi-arides sahariennes. Il prospère dans des milieux secs, arides et calcaires. Son arôme caractéristique, rappelant l'encens, et sa saveur camphrée légèrement amère en font une plante très prisée, notamment en Algérie et dans l'ensemble de la région méditerranéenne (Delille, 2007).

Rosmarinus officinalis est utilisé depuis l'Antiquité pour ses propriétés médicinales, culinaires et ornementales, reconnu pour ses effets antioxydants, antimicrobiens et antitumoraux. Il occupe ainsi une place centrale tant dans la pharmacopée moderne que dans la médecine traditionnelle, où il est exploité pour le traitement de diverses affections (Zeroual *et al.*, 2022). (Figure 6).



Figure 6. Arbuste de *Rosmarinus officinalis* (Anonyme 01).

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

Règne : Plantae

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Rosmarinu*

Espèce : *Rosmarinus officinalis*

❖ **Protocol de l'extraction :**

L'extraction de l'huile essentielle de *R. officinalis* a été réalisée par distillation à la vapeur, à partir de 4000 g de plantes séchées. Ce processus a été conduit sur une période de 3 heures, en utilisant un dispositif spécifique Hydro, garantissant une séparation efficace des composés volatils. Une ampoule à décanter a permis de séparer la phase aqueuse de la phase huileuse après extraction. L'huile essentielle ainsi obtenue a été soigneusement versée dans des flacons en verre hermétiquement fermés, conservés à une température de 4–5°C, afin de préserver leur stabilité chimique avant les analyses biologiques.

Le rendement de l'extraction a été déterminé en fonction du poids sec de l'échantillon, permettant une quantification précise des substances volatiles récupérées (**Figure 7**).



Figure 7. A : Appareil d'hydrodistillation à la vapeur, **B :** Entonnoir séparateur (Tradi, 2024).

❖ **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. 4. 1. Traitement de *B. germanica* par une concentration sublétales de l'huile essentielle de *R. officinalis* (0,5%) :

Afin d'évaluer l'effet de l'huile essentielle de *R. officinalis* sur le comportement sexuel de *B. germanica*, une série de traitements expérimentaux a été mise en place. Les individus ont été exposés à une concentration sublétales (0,5%) du produit dès leur mue imaginale. Le traitement se fait par inhalation, avec une préparation témoin, utilisant du diméthylsulfoxyde (DMSO), qui a été mise en place en parallèle (**Figure 8**).



Figure 8. Traitement des adultes de *Blattella germanica* (Mâles x Femelles) par une concentration sublétales de l'huile essentielle de *R. officinalis* (0,5%).

1. 5. Comportement sexuel :

❖ Description du comportement sexuel chez *B. germanica* :

Le cycle reproducteur de *B. germanica* suit un schéma structuré en plusieurs étapes clés. Les femelles pubères libèrent une phéromone volatile, la Blattellaquinone, afin d'attirer les mâles à distance (Liang & Shall, 1993 ; Nojima *et al.*, 2005). Simultanément, les mâles émettent des signaux chimiques contribuant à l'établissement de l'interaction. Une fois à proximité, les partenaires initient un contact antennal, un mécanisme favorisant la reconnaissance mutuelle et amorçant la phase de séduction (Bell *et al.*, 2014).

Le mâle engage alors une parade nuptiale en redressant ses ailes sous un angle de 30° à 90° pour exposer ses glandes tergaux situées au niveau des tergites 7 et 8. Ces sécrétions agissent comme des stimuli aphrodisiaques, incitant la femelle à la copulation (Hales & Breed, 1983 ; Gemeno & Schal, 2004 ; Rust *et al.*, 1995). Si la femelle est réceptive, elle grimpe sur le dos du

mâle et commence à lécher activement ses glandes tergaes, un comportement préparatoire qui peut durer de 10 à 40 secondes (Hall, 1994). En cas de rejet, le mâle tente plusieurs approches avant de finalement abandonner (Tokro, 1984).

L'accouplement proprement dit débute par la saisie des génitalia de la femelle par le phallomère du mâle, entraînant une posture inversée entre les deux partenaires. Cette connexion dure entre 45 et 70 minutes, période durant laquelle la femelle peut continuer à se mouvoir librement (Bell *et al.*, 2007). Les antennes et les palpes labiaux jouent un rôle essentiel dans ces interactions sensorielles, facilitant la coordination du processus reproducteur (Nishida & Fukami, 1983).

❖ ***Traitement de la concentrations sublétale (0,5%) de l'huile essentielle de R. officinalis sur le comportement sexuel de B. germanica :***

Afin d'analyser l'impact de l'huile essentielle de *R. officinalis* sur la dynamique comportementale menant à l'accouplement, une série de tests expérimentaux a été réalisée en enceinte confinée garantissant un contrôle optimal des conditions environnementales (Figure 9). L'étude visait à examiner les effets de ce produit sur les différentes séquences du comportement sexuel de *B. germanica*. Les individus testés étaient des adultes sexuellement naïfs, mâles et femelles âgés de 8 jours, sélectionnés afin de garantir une homogénéité physiologique. Les expérimentations ont été menées dans une salle obscure et insonorisée, limitant toute interférence sonore externe susceptible d'altérer le comportement observé.

Les interactions ont été enregistrées dans une boîte grillagée de dimensions (16,5 x 10,5 x 20) cm, placée sous lumière rouge de faible intensité, une fréquence non perçue par les blattes (Barth, 1964). La température et l'humidité de la salle de test ont été maintenues identiques à celles du milieu d'élevage, assurant une continuité dans les conditions expérimentales. L'étude a été structurée autour de quatre types de tests, permettant d'évaluer les effets comparatifs de l'extrait selon différentes combinaisons :

- Mâles témoins x Femelles témoins (n=5)
- Mâles témoins x Femelles traités (n=5)
- Mâles traités x Femelles témoins (n=5)
- Mâles traités x Femelles traités (n=5)

Afin d'analyser les différentes séquences comportementales conduisant à l'accouplement, chaque couple a été observé selon une procédure standardisée. La femelle était introduite à une extrémité de l'enceinte expérimentale, suivie de l'introduction du mâle quelques minutes plus tard à l'extrémité opposée. On note les différents temps et séquences menant à l'accouplement : le temps du premier contact antennaire, le temps de la première parade de qui correspond au début de l'introduction du mâle jusqu'au moment du « Wing-Raising », le nombre de parade, le temps du premier léchage, nombre de léchage, le temps de la première tentative, le nombre des tentatives et la durée d'accouplement est aussi enregistrée s'il est réussi.



Figure 9. Enceinte close utilisée pour les tests d'accouplement (**Photo originale**).

1.8. Analyse statistique des données :

Les tests comportementaux :

L'ensemble des mesures comportementales a été traité à l'aide de méthodes métriques descriptives, permettant le calcul des moyennes, écarts-types, valeurs minimales et maximales des paramètres étudiés. Puis, une analyse de la variance (ANOVA) a été réalisée via le logiciel XLSTAT 2018 (*Addinsoft, New York, NY*).

Résultats & Discussion

2. Résultats :

2.1. 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%.

2.2. Etude du comportement sexuel :

Tous les adultes utilisés lors de nos tests étaient vierges et âgés de 8 jours (âge de la maturité sexuelle chez l'espèce *B. germanica*).

2.2.1. Effet du traitement avec « l'huile essentiel de *R. officinalis* » sur les séquences du comportement sexuel de *B. germanica* :

Les résultats consignés dans ce tableau indiquent que pour le cas des adultes témoins on observe 0 % d'accouplements réussis et 100 % d'accouplements avortés et aucun accouplement nul n'a été enregistré pour ces insectes (Tab. 01). Chez les insectes traités nous n'avons pas observés d'accouplements réussis, ni avortés, mais on a 100 % accouplements nuls. Pour les couples des mâles traités et des femelles témoins, mâles témoins et des femelles traitées nous n'avons pas enregistré des accouplements réussis et avortés mais on a 100 % d'accouplements nuls (Tab. 01).

Tableau 01 : Effet de l'huile essentiel de *R. officinalis* (0,5%) sur le taux de réussite des accouplements.

	Taux d'accouplement (%)		
	Réussi	Avortée	Nul
MTxFT	0	100	0
MTxFRs	0	0	100
MRsxFT	0	0	100
MRsxFRs	0	0	100

[M : Mâle ; F : Femelle ; T : Témoin ; Rs: *Rosmarinus officinalis*]

*** Effet de l'huile essentiel de *R. officinalis* (0,5%) sur le temps du premier contact antennaire :**

Chez les couples témoins, le temps moyen du premier contact antennaire est $27 \pm 34,22$ secondes avec un minimum de 2 secondes et un maximum de 86 secondes, alors que les mâles traités arrivent à localiser leurs femelles traitées après un temps moyen de $229 \pm 480,49$ secondes dont le minimum de 0 secondes et un maximum de 1088 secondes (Tab. 2). Pour les couples dont le mâle est témoin et la femelle est traitée nous avons enregistré un temps moyen de $797 \pm 1016,69$ secondes avec un minimum de 4 secondes et un maximum de 2460 secondes et $656,40 \pm 992,74$ secondes est le temps moyen du premier contact antennaires chez les couples dont le mâle est traité et la femelle témoin avec un minimum de 0 secondes et un maximum de 2266 secondes (Tab. 2). La comparaison des variances, montre qu'il existe de différences significatives entre les temps du premier contact enregistrés chez les différents couples testés ($F_{obs} = 4,21$; $p : 0,02$) (Tab. 2).

Tableau 02 : Temps du premier contact antennaire

[Moy : Moyenne ; S : Ecart-type ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Var : Variance ;
M : Mâle ; F : Femelle ; T : Témoin ; Rs : *Rosmarinus officinalis*]

	Temps du 1 ^{er} contact antennaire					
	MT x FT	MRs x FRs	MT x FRs	MRs x FT	F	P
Moy \pm s	27 \pm 34,22	229 \pm 480,49	797 \pm 1016,69	656,40 \pm 992,74	4,21	0,02*
Min	2	0	4	0		
Max	86	1088	2460	2266		
Var	1171	230869	1033666	985537		

Effet de l'huile essentiel de *R. officinalis* (0,5%) sur la parade du mâle :

*** Effet sur le temps de la première parade :**

Les mâles des couples témoins commencent à parader après un temps moyen de $42 \pm 31,14$ secondes, avec un minimum de 12 secondes et un maximum de 87 secondes (Tab. 3). Par contre, chez les couples traités, les mâles adoptent leur position de « wing-raising » après un temps moyen de $975,20 \pm 1\,977,1$ secondes, avec un minimum de 0 seconde et un maximum de 4 500 secondes (Tab. 3). Chez les couples où l'un des deux sexes est traité, nous avons observé que le temps moyen pour l'un était de $16,40 \pm 36,67$ secondes avec un minimum de 0 seconde et un maximum de 82 secondes, tandis que le temps moyen pour le couple restant était de $559 \pm 1249,96$ secondes avec un minimum identique et un temps maximum de 2795 seconds (Tab. 3).

La comparaison des variances montre qu'il existe des différences significatives entre les temps de parade enregistrés chez les couples testés ($F_{obs} = 4,71$; $p = 0,02$).

Tableau 03 : Temps de la 1ère Parade

[**Moy** : Moyenne ; **S** : Ecart-type ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum ; **Var** : Variance ;
M : Mâle ; **F** : Femelle ; **T** : Témoin ; **Rs** : *Rosmarinus officinalis*]

	Temps de la 1ère Parade					
	MT x FT	MRs x FRs	MT x FRs	MRs x FT	F	P
Moy ± s	42 ± 31,14	975,20± 1977,1	16,40± 36,67	559± 1249,96	4,71	0,02*
Min	12	0	0	0		
Max	87	4500	82	2795		
Var	969,5	3909075	1344,8	1562405		

*** Effet sur le Nombre de parade :**

Les résultats obtenus montrent que le nombre moyen de parades enregistrées pour les couples d'individus témoins est de $29 \pm 12,39$ parades, avec un minimum de 8 parades et un maximum de 40 parades. Chez les couples traités avec le *R. officinalis*, nous avons enregistré entre 0 et 3 parades, avec un moyen de $0,80 \pm 1,30$ parade (Tab. 4). Pour les couples dont l'un des deux sexes est traité, nous avons enregistré entre zéro et une parade, avec un moyen de $0,20 \pm 0,45$ (Tab. 4). La comparaison indique qu'il existe des différences significatives entre le nombre de parades évaluées chez les quatre couples étudiés ($F_{obs} = 4,72$; $p = 0,02$).

Tableau 04 : Nombre de Parade

[**Moy** : Moyenne ; **S** : Ecart-type ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum ; **Var** : Variance ;
M : Mâle ; **F** : Femelle ; **T** : Témoin ; **Rs** : *Rosmarinus officinalis*]

	Nombre de Parade					
	MT x FT	MRs x FRs	MT x FRs	MRs x FT	F	P
Moy ± s	29± 12,39	0,80± 1,30	0,20±0,45	0,20±0,45	4,72	0,02*
Min	8	0	0	0		
Max	40	3	1	1		
Var	153,5	1,7	0,2	0,2		

Effet de l'huile essentiel de *R. officinalis* (0,5%) sur léchage

*Effet sur le temps du premier léchage :

Les femelles témoins de la blatte germanique lèchent les sécrétions de leurs partenaires sexuels témoins après un temps moyen de $59,60 \pm 24,75$ secondes avec un minimum de 32 secondes et un maximum de 99 secondes (Tab .5). Par contre chez les couples traités le temps moyen de premier léchage est de 0,001seconde avec un minimum de 0 secondes et un maximum nul (Tab .5). Lorsqu'un des deux partenaires est traité, les femelles n'effectuent pas le phénomène de léchage

Tableau 05 : Temps du 1^{er} Léchage

[**Moy** : Moyenne ; **S** : Ecart-type ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum ; **Var** : Variance ;
M : Mâle ; **F** : Femelle ; **T** : Témoin ; **Rs** : *Rosmarinus officinalis*]

	Temps du 1 ^{er} Léchage					
	MT x FT	MRs x FRs	MT x FRs	MRs x FT	F	P
Moy ± s	59,60± 24,75	0±0,001	0±0,001	0±0,00001	4,29	0,02*
Min	32	0	0	0		
Max	99	0	0	0		
Var	612,3	0	0	0		

*Effet sur le nombre du léchage :

En ce qui concerne le nombre du léchage, toutes les femelles témoins effectuent cette étape avec un nombre moyen de $7,600 \pm 4,278$ léchages, alors que chez les couples traités nous avons enregistré zéro léchage (Tab .6). Mais chez les couples où l'un des deux partenaires est traité avec le *R. officinalis* le nombre moyen de léchage est nul (Tab.6). La comparaison des variances montre qu'il existe des différences significatives entre les nombres de léchages enregistrés chez les couples testés (Fobs=4,09 ; p : 0,03).

Tableau 06 : Nombre du Léchage

[**Moy** : Moyenne ; **S** : Ecart-type ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum ; **Var** : Variance ;
M : Mâle ; **F** : Femelle ; **T** : Témoin ; **Rs** : *Rosmarinus officinalis*]

	Nombre du Léchage					
	MT x FT	MRs x FRs	MT x FRs	MRs x FT	F	P
Moy ± s	7,600± 4,278	0±0,002	0±0,002	0±0,002	4,09	0,03*
Min	2	0	0	0		
Max	14	0	0	0		
Var	18,3	0	0	0		

Effet de l'huile essentiel de *R. officinalis* (0,5%) sur la tentative d'accouplement :

***Effet sur le Temps de la 1ère tentatives d'accouplement :**

En ce qui concerne la première tentative d'accouplement, la comparaison des variances au seuil de signification $\alpha=0,05$, montre également qu'il existe de différences hautement significatives entre les différents couples étudiés (Fobs= 5,63 ; p : 0,01) (Tab .7). Chez les adultes témoins, la première tentative d'accouplement est enregistrée à 69,60± 22,11secondes avec un minimum de 43 secondes et un maximum de 103 secondes (Tab .7).

Tableau 07 : Temps de la 1ère Tentative

[**Moy** : Moyenne ; **S** : Ecart-type ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum ; **Var** : Variance ;
M : Mâle ; **F** : Femelle ; **T** : Témoin ; **Rs** : *Rosmarinus officinalis*]

	Temps de la 1ère Tentative					
	MT x FT	MRs x FRs	MT x FRs	MRs x FT	F	P
Moy ± s	69,60± 22,11	0,01± 0	0,01± 0	0,01± 0	5,63	0,01**
Min	43	0	0	0		
Max	103	0	0	0		
Var	488,8	0	0	0		

***Effet sur le nombre de tentatives d'accouplement :**

En ce qui concerne le nombre de tentative d'accouplement, nous avons enregistré $2,20 \pm 1,304$ tentatives en moyenne avec un minimum de 1 tentative et un maximum 4 de tentatives chez les couples témoins (Tab .8). Chez les couples traités, aucune tentative d'accouplement n'a été observée pour tous les couples testés (Tab .8). Ces résultats indiquent les différences très hautement significatives entre les nombres enregistrés chez les couples testés ($F_{obs}=15,54$ $p := 0,0001$).

Tableau 08 : Nombre de Tentative

[**Moy** : Moyenne ; **S** : Ecart-type ; **Min** : Minimum ; **Max** : Maximum ; **Var** : Variance ;

M : Mâle ; **F** : Femelle ; **T** : Témoin ; **Rs** : *Rosmarinus officinalis*]

	Nombre de Tentative					
	MT x FT	MRs x FRs	MT x FRs	MRs x FT	F	P
Moy ± s	2,20± 1,304	0±0,003	0±0,003	0±0,003	15,54	0,0001***
Min	1	0	0	0		
Max	4	0	0	0		
Var	1,7	0	0	0		

3. Discussion :

Blattella germanica est une espèce synanthrope particulièrement prolifique dans les environnements urbains, où sa capacité d'adaptation, sa reproduction rapide et son comportement sexuel complexe en font un insecte nuisible majeur (Rivault *et al.*, 1995 ; Habes *et al.*, 2001). En tant que vecteur potentiel de pathogènes et source d'allergènes, sa gestion représente un enjeu sanitaire significatif (Espinosa *et al.*, 2002 ; Grandcolas, 1998).

Principalement, la lutte repose sur l'utilisation d'insecticides chimiques, connus pour leur efficacité immédiate (Magan & Olsen, 2004). Cependant, l'usage abusif et prolongé de ces composés a favorisé l'émergence de souches résistantes, réduisant complètement leur efficacité (Blancard, 1988 ; Kristensen *et al.*, 2005). Ces résistances s'accompagnent d'adaptations physiologiques et comportementales, remettant en question la viabilité de cette stratégie à long terme (Cochran, 1990 ; Sharf *et al.*, 1997).

Face à ces limites, les extraits végétaux apparaissent comme des alternatives prometteuses, alliant pouvoir insecticide et innocuité relative pour l'environnement et les organismes non ciblés (Regnault-Roger et Hamrioui, 1993 ; Tapondjou *et al.*, 2003). Parmi eux, les huiles essentielles suscitent un intérêt croissant, notamment pour leur capacité à perturber les fonctions physiologiques ou comportementales des insectes.

Notre étude apporte une contribution novatrice en démontrant l'impact inhibiteur de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* sur le comportement sexuel de *B. germanica*. Les individus exposés, qu'il s'agisse du mâle, de la femelle, présentent une interruption complète du processus de reproduction, notamment une absence de parade, de léchage, de tentative et d'accouplement.

Cette inhibition dépasse les effets partiels rapportés dans des études antérieures telles que celle de Bekhakeche (2018) avec l'extrait éthanolique de *Citrullus colocynthis*. De même, bien que certaines huiles comme *Mentha piperita* et *Eucalyptus globulus*, aient montré des activités insecticides ou répulsives (Nerio *et al.*, 2010), peu ont induit une suppression comportementale reproductive aussi marquée.

Des travaux récents renforcent cette observation, telles que celle de **Tradi Khouloud (2024)** qui a montré que les huiles essentielles de *Juniperus communis* et d'*Eucalyptus globulus* exercent un effet insecticide différencié selon le sexe de *B. germanica*. **El Beh (2017)** a montré que les extraits éthanoliques et aqueux de *Daphnie gnidium* et *Peganum harmala* ont significativement altéré le comportement sexuel chez *Blattella germanica*.

4. Conclusion :

Bien que le lien direct entre l'exposition aux pesticides et la santé humaine soit difficile à démontrer, de nombreuses études suggèrent leur implication dans divers troubles : atteintes neurologiques, perturbations de la fertilité, troubles comportementaux..... etc.

C'est pour cela l'exploitation du potentiel biologique des espèces végétales revêt un intérêt important, ainsi les nouvelles démarches consistent à s'intéresser à la recherche des principes actifs dans les produits naturels d'origines végétales.

Les effets sublétaux les plus importants d'un insecticide sont ceux qui perturbent les traits liés à la reproduction des insectes, comme la recherche du partenaire sexuel, le sexe ratio, la fertilité des oeufs, ...etc. Dans les conditions standards, nous avons montré que l'huile essentiel de *Rosmarinus officinalis* provoque des troubles importants du comportement sexuel (attraction à distance, reconnaissance par contact, etc...) et, par voie de conséquence, rendait les individus incapables de s'accoupler, donc, de donner une descendance.

En perspective de ce travail, il serait intéressant de tester l'effet de l'huile essentielle de *R. officinalis* sur le potentiel reproducteur de *B. germanica*, et voir si le traitement agit sur les Hydrocarbures Cuticulaires par une analyse des profils chromatographiques des individus traités

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. **Anonyme01** : <https://www.gardenersworld.com/plants/rosmarinus-officinalis>.
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. **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
6. **Archbold, ELF., Rust, M.K., and Reiemn, D.A. 1987.** Comparative life histories of fungus- infected and uninfected German cockroaches, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 80 :571-577.
7. **Barth R. H., 1964.** The mating behavior of *Byrsotria fumigata* (Gubrin) (Blattidae, Blaberinae). Behaviour 23: 1-30.
8. **Bekhakheche M., 2018.** Perturbation du comportement animal sous stress induit par des insecticides. Cas de deux modèles (invertébrés : les blattes et vertébrés : les rats Wistar). Thèse de doctorat en biologie. Faculté des sciences de la nature et de vie et sciences, Département de Biologie, Université de Badji Mokhtar Annaba, Algérie 268p.
9. **Bell M. R., 2014.** Endocrine-disrupting actions of PCBs on brain development and social and reproductive behaviors. Curr Opin Pharmacol 19:134–144.
10. **Bell W. J., Roth L. M. & Nalepa C. A., 2007.** Cockroaches Ecology, Behavior and Natural History. *JHU Press*. 247 pp.

11. **Bell, W. J. (1990).** Searching behaviour: The behavioural ecology of finding resources.
12. **Benjlali, 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.
13. **Besombes C. 2008,** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques, Th. Doct. Univ. De la Rochelle, France, p289.
14. **Borozan-Dorey V., 2002.** Le savoir-vivre des blattes : blatte is beautiful. La Recherche, *L'actualité des sciences. Recherche* (paris, 1970), 64.66.
15. **Boudeguig S, Gouaidia B., 2020.** Evaluation de l'activité insecticide de *Ricinus communis* chez un insecte à intérêt médical *Blattella germanica*. Thèse de Mémoire en biologie moléculaire et cellulaire. Université de 8 Mai 1945 Guelma, Algérie, 9 pp.
16. **Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie : Phytochimie, plantes médicinales (4e éd.). Paris : Tec & Doc Lavoisier.
17. **Burt S., (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food and Microbiology*. 94 : 223-2.
18. **Casida, JE (2017).** Interactions entre pesticides : mécanismes, avantages et risques. *Journal de chimie agricole et alimentaire*, 65(23), 4553-4561.
19. **Casida, JE et Durkin, KA (2013).** Cibles des insecticides neuroactifs, sélectivité, résistance et effets secondaires. *Revue annuelle d'entomologie*, 58, 99-117.
20. **Cepeda-Palacios., Servín R., Ramírez-Orduña J.M., Ascencio F., DorchieP., 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.
21. **Chopard L., 1951.** Orthoptéroïdes. Faune de France 56. Office central de faunistique. 358 p
 22. **Cochran D. G., 1990.** Managing resistance in the German cockroach. *Pest Control Technology*, 18 : 56-57.
 23. **Cochran D. G., 1991.** Extended selections for pyrethroid resistance in the German cockroach (Diptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*, 84: 1412-1416.
 24. **Cornwell P. B., 1968.** The cockroach, A laboratory insect and an industrial pest.
 25. **Cornwell P.B., (1968).** *The cockroach*, A laboratory insect and an industrial pest. London, Hutchinson, 1 : 116.
 26. **Delille, L. A. (2007).** Les plantes médicinales d'Algérie (3^e éd.). Éditions Berti.
 27. **Desneux N., Decourtye A. & Delpuech J.M., 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol*, 52 : 81-106.
 28. **Ebeling W., 1978.** Urban Entomology. The Regents of the University of California, Sacramento, CA. 695 pp.
 29. **Elbah Dj., 2017.** Etude de deux modèles d'insectes nuisibles coloniaux des milieux urbains : *Blattella germanica* (L.) et *Drosophila melanogaster* Aspect toxicologique et comportemental. Thèse de doctorat en biologie. Faculté des sciences de la nature et de vie et sciences, Département de Biologie, Université de Badji Mokhtar Annaba, Algérie. 29-35-106-114 p.
 30. **Espinosa J.M., Verdun R.E., Emerson B.M., 2002.** functions through stress- and promoter-specific recruitment of transcription initiation components before and after DNA damage. *Mol Cell*, 12 (4): 1015 – 27.
 31. **Fabre, R., Truhaut, R., & Viel, G. 1954.** Considérations générales sur la toxicologie des produits phytopharmaceutiques (pesticides), 5, 177-198.

32. **Farine J. P., Le Quéré J. L., Duffy J., Sémon E., Brossut R., 1993.** 4-Hydroxy-5 methyl-3- (2H)-furanone and 4-hydroxy-2, 5-dimethyl- 3-(2H)-furanone, two components of the male sex pheromone of *Eurycotis floridana* (Blattidae). Biosci. Biotech. Biochem. 57 : 2026-2030.
33. **Fulton M.H. & Key P.B., 2001.** Acetylcholinesterase inhibition in estuaries fish and invertebrate as an indicator of organophosphorus insecticide exposure and effects. Environ. Toxic and Chemistry, 20 (1): 37-45.
34. **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.
35. **Gemeno C. & Schal C., 2004.** Sex pheromones of cockroaches. In: Cardé R.T. & Miller J.G., (eds), *Advances in insect chemical ecology*, chapter 6. Cambridge University Press, New York, NY. 179-247 pp.
36. **Ghermoul Abdelouadoud, Fadlia Ahmed, Siga MoussaMorouAbdoul-nasser., 2020.** Evaluation de l'activité insecticide de bicarbonate de sodium (NaHCO₃) chez un insecte à intérêt médical *Blattella germanica* (L.). Thèse de mémoire en biologie moléculaire et cellulaire. Faculté des sciences de la nature et de vie et sciences de la terre et de l'univers, Département de Biologie. Université de 8 Mai 1945 Guelma, Algerie, 99pp
37. **Ghermoul, B., Bendjeddou, A., & Benadouane, S., 2020.** A Non-Algebraic Limit Cycle for A Class Of Quintic Differential Systems With Non-Elementary Singular Point. Applied Mathematics E-Notes, 20, 476-480.
38. **Gordon D. G., 1996.** The compleat cockroach: a comprehensive guide to the most despised and Least Understood. Creature on Earth. Ten speed pressmBerkely. Springer Science & Business 178 p.
39. **Grandcolas P., 1996.** "The Phylogeny of Cockroach Families: A Cladistic Appraisal of Morphoanatomical Data." Can. J. Zool 74: 508–27.

40. **Grandcolas P., 1996.** “The Phylogeny of Cockroach Families: A Cladistic Appraisal of Morpho-anatomical Data.” *Can. J. Zool* 74: 508–27.
41. **Grandcolas P., 1998.** Les blattes. Organisation mondiale de la santé. Bureau régional de l'Europe. 24 p.
42. **Gropeaux J. C., 1994.** Comportement sexuel de *Diploptera punctata* (Dictyoptera, Blaberidae) : Approche éthologique. Mémoire de diplôme d'études approfondies de Biologie. Université Paris XIII. 18 p.
43. **Gul, I., Hassan, A., Muneeb, J. M., et al. (2022).** A multiepitope vaccine candidate against infectious bursal disease virus using immunoinformatics-based reverse vaccinology approach. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1116400.
44. **Gul, M., Ozturk Cali, I., Cansaran, A., Idil, O., Kulu, I., & Celikoglu, U. (2017).** Evaluation of phytochemical content, antioxidant, antimicrobial activity and DNA cleavage effect of endemic *Linaria corifolia* Desf. (Plantaginaceae). *Cogent Chemistry*, 3(1), 1337293.
45. **Guthrie, D. M., & Tindall, A. R. (1968).** The biology of the cockroach. Edward Arnold.
46. **Habes D., Kilani-Morakchi S., Aribi N., Soltani N., 2001.** Toxicity of boric acid to *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) and analysis of residues in several organs. *Med. Fac. Landouww. Univ. Ghent*. 66(2) :525-534.
47. **Hales R. A. & Breed M. D., 1983.** Female calling and reproductive behavior in the brown banded cockroach, *Supella longipalpa* (F.) (Orthoptera: Blattellidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer*, 76: 239-241.
48. **Hall J. C., 1994.** The mating of a fly. *Science*, 264(5166): 1702-714.
49. **Hasch J.J., Zumofen M., 1999.** Notions d'hygiène hospitalière. 210 pp. çà. 695 pp
50. **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 pp.

51. **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.
52. **ISO., 1977**. Organisation international de normalisation n° 660..
53. **Jacobs S., 2013**. German cockroaches. The Pennsylvania State University
54. **Jouault S (2012)** -la qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité thèse doctorat. Université de Lorraine.
55. **Kalembe D., Kunicka A., (2003)**. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr. Med. Chem.* 10: 813-829.
56. **Kim M.S., Yu H.S., Kim H.C., 1995**. Studies on relative densities of cockroach population in 7 different habitats by using stuchy – traps in suwon. *Korean. J. Appel. Entomol*, 34 (4) : 391-542.
57. **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*). *Ultrasonicsonochemistry*, 13(1), 54-60.
58. **Kristensen, T. S., Borritz, M., Villadsen, E., & Christensen, K. B. (2005)**. The Copenhagen Burnout Inventory: A new tool for the assessment of burnout. *Work & Stress*, 19(3), 192–207.
59. **Kurkin, A.** *Chem. Nat. Compd.* 2003, p. 39 123.
60. **Lee CY, Robinson W. 2001**. *Handbook of Malaysian Household and Structural Pests*. Pest Control Association of Malaysia; Kuala Lumpur, Malaysia: pp. 96–108.
61. **Liang D. & Shall C., 1993**. Ultrastructure and maturation of a sex pheromone gland in the female German cockroach, *Blattella germanica*. *Tissue & Cell*, 25: 763-776.

62. **Linnaeus C.V., 1767.** System nature Systema Naturae per Regna Tria Naturæ, 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.
63. **Linnaeus, C. (1758).** Systema Naturae per regna tria naturae (10th ed.).
64. **Lyon W. F., 1997.** German cockroach. Ohio State University Extension Fact Sheet Entomol.
65. **Magan, N., & Olsen, M. (2004).** Mycotoxins in food: Detection and control. Woodhead Publishing.
66. **Maiza A., Aribi N., Smagghe 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 *Blattella germanica*. Taureau. Insectol, 66(1), 11-20.
67. **Marie Elisabeth Luccheci. 2005.** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles : pp 17 ; 23 ,52.
68. **Merad Y., Derrar H., Taleb A., 2022.** Évaluation du portage fongique des blattes au niveau de l'hôpital. Revue des Maladies Respiratoires Actualités, 14(1), 169
69. **Miall, D. S., & Le Patourel, G. N. J. (1989).** The action of amorphous silica dusts on the German cockroach *Blattella germanica*. Bulletin of Entomological Research, 79(2), 195–202.
70. **Mourier A., 2014.** Lutte intégrée contre deux insectes synanthropes: *Blattella germanica* 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
71. **Nishida R. & Fumaki H., 1983.** Female sex pheromone of the German cockroach, *Blattella germanica*. Mem. Coll. Agric. (Kyoto Univ), 11: 1-24.

72. **Nojima S., Schal C., Webster F. X., Santangelo R. G. & Roelofs W. L., 2005.** Identification of sex pheromone of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Science*, 307: 1104-1106
73. **Pan, F., & Zhang, P. (2020).** Contracting arbitrary tensor networks: Approximate algorithms and applications in biological modeling. *Physical Review Letters*, 125(6), 060503.
74. **Pavela, R. (2014).** Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Boisd. (Lep., Noctuidae) larvae. *Industrial Crops and Products*, 60, 247–258.
75. **Ramdani, K., Haine, G., & Tucsak, M. (2010).** Extraction assistée par micro-ondes sous vide des huiles essentielles. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 45(9), 715–724.
76. **Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., Vincent C 2005.** Biopesticides of Plant Origin.
77. **Regnault-Roger, C., & Hamraoui, A. (1993).** Insecticidal effect of essential oils from Mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Chemical Ecology*, 19(6), 1233–1244.
78. **Rivault C., Cloarec A., Mathieu N. & Blane N., 1995.** La ville au risque de l'écologie, les blattes en milieu urbain. Rapport final. Appel d'offre N°93070 du Ministère de l'Environnement. 101 pp.
79. **Rodhain F. Et Perez C., 1985-** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire : notion d'épidémiologie des maladies a vecteurs. Ed. Maloine. Paris. 458p.
80. **Roth L. M. & Dateo G. P., 1966.** A sex pheromone produced by the male of the cockroach *Nauphoeta cinerea*. *J. Insect Physiol.* 12 : 255-265.
81. **Roth L. M. & Willis R., 1952.** A study of cockroach behaviour. *Am. Midl. Nat.* 47: 66-129.

82. **Rust M. K., Owens J. M. & Reiersen D. A., 1995.** Understanding and Controlling the German Cockroach. New York Oxford. *Oxford University Press*. 430 pp.
83. **Santoyo S., Cavero 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.
84. **Smyth T. Jr., 1963.** Mating behavior of the Madeira cockroach. In: 35th Animal meeting eastern branch, Entomology Society of America.
85. **Sunaga, T., et al. (2004).** Resistance mechanisms to insecticides in *Blattella germanica*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 80(1), 55–63.
86. **Tanaka A., 1976.** Stages in the embryonic development of the German cockroach. *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae). *Kontyn (Tokyo)*, 44, 512-225 pp.
87. **Tapondjou, L. A., Adler, C., Bouda, H., & Fontem, D. A. (2003).** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae). *Cahiers Agricultures*, 12(6), 401–407.
88. **Tokro G., 1984.** Les phéromones sexuelles chez *Blattella germanica* L. (Insecte, Dictyoptère). Sécrétion d'une phéromone sexuelle volatile par le pygidium des femelles. Thèse de Doctorat en Biologie Cellulaire et Moléculaire, Option : Entomologie. Université de Bourgogne-Dijon, France. 54 pp.
89. **Tokuda G., Lo N., Takase A., Yamada A., Hayashi Y., Watanabe H., 2008.** Purification and partial genome characterization of the bacterial endosymbiont *Blatta bacterium cuenoti* from the fat bodies of cockroaches. *Bmc. Res. Notes*, 1: 1-9.
90. **Tomè, H. V. V., et al. (2013).** Toxicity and behavioral sublethal effects of insecticides on predator insects. *Chemosphere*, 93(5), 943–950.

91. **Tradi Kh. 2024.** Evaluation of the insecticidal effects communis on *Blattella germanica*. Mémoire de Master. Université de Khanchla (Algérie). 60 pp.
92. **Valles S.M., Dong K., Brenner R.J., 2000.** Mechanisms responsible for cypermethrin resistance in a strain of German cockroach, *Blattella germanica*. Pest.Biochem.Physiol, 66 : 195 – 205.
93. **Wattiez C., Beys B., 1999.** Pas de pesticides à la maison solution sans danger pour le contrôle de bestioles indésirables. Pest. Action Network (Pan). Belg. 12 pp
94. **Wigglesworth V.B., 1972.** The principales of insect physiology. Seventh Edition. Chapman and Hall, London. 827 pp.
100. **Woodruff L C., (1938).** The normal growth rate of *Blattella germanica* L. J. *Exp. Zool.* 79: 145-167
101. **Yu S. J., Nguten S. N., Abd- Elghar G. E., 2003.** Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm *Spodopterafrugipedra* (J.E. Smith). Pest.Biochem. Physiol, 77 : 1-11.
102. **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'origanum compactum benth du centre-nord du Maroc. Recherche sur la biointerface en chimie appliquée, 11(2), 9358-9371.