

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

**Université de Ghardaïa**



***Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre***

**Département de Biologie**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Filière : Ecologie et Environnement**

**Spécialité Ecologie**

**Par : HADJADJ Aya Ichrak et LAROUCI Fatma**

**Thème**

**Évaluation de l'activité insecticide de quelques huiles essentielles  
sur les paramètres biologiques de la bruche du niébé.**

**Soutenu publiquement, le 16/06/2025, devant le jury composé de :**

|                                |     |                |              |
|--------------------------------|-----|----------------|--------------|
| Mme MEBAREK OUDINA<br>ASMAHANE | MAA | Univ. Ghardaïa | Président    |
| Mme KEBBABLEILA                | MAA | Univ. Ghardaïa | Encadreur    |
| Mr GHOBRI D.                   | MRB | CDER. Ghardaïa | Co-Encadreur |
| Mme ROUARI LINDA               | MAB | Univ. Ghardaïa | Examineur    |

**Année universitaire : 2024/2025**

# Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.

Nos sincères remerciements s'adressent tout particulièrement à **Madame KEBBAB LEILA**, notre encadrante, pour sa disponibilité, sa patience, sa bienveillance et la qualité de son accompagnement.

Elle a su allier exigence scientifique et gentillesse, toujours à l'écoute et dans une attitude encourageante. Son approche humaine, son esprit ouvert et son soutien constant ont grandement facilité notre progression. Elle fait partie, sans aucun doute, des meilleures enseignantes que nous ayons rencontrés tout au long de notre parcours.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre co-encadreur, **Monsieur D. GHOBRI**, pour ses conseils avisés, son soutien constant et sa disponibilité.

Nous exprimons également notre gratitude à nos enseignants membres du jury la présidente

**Mme MEBAEK OUDINA ASMAHANE** MAA à l'université de Ghardaïa et l'examinatrice **Mme ROUARI LINDA** MAB à l'université de Ghardaïa pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Leur disponibilité, leur regard critique et leurs remarques constructives constituent pour nous un réel honneur et une précieuse contribution à l'enrichissement de ce mémoire, Nous remercions aussi **Monsieur BACHIR**, ingénieur au laboratoire, pour son aide technique précieuse.

Nous remercions sincèrement nos collègues de promotion **MANEL** et **RAHMA**, pour leur soutien et les nombreux souvenirs partagés tout au long de ces années. Leur présence a toujours renforcé l'esprit de groupe, notamment pendant les périodes d'examens où entraide et solidarité étaient au rendez-vous.

Une mention spéciale à **MESSAOUDA**, dont l'implication, le sérieux et l'énergie ont largement contribué à la réussite de ce travail. Son engagement constant dans notre collaboration restera gravé dans nos mémoires.

# DÉDICACE

À ceux qui m'ont soutenue dans mon parcours...

À ceux qui ont cru en moi et m'ont offert leur amour...

Le rêve n'était ni proche ni semé de facilités,

Mais je l'ai tracé et je l'ai atteint.

Louange à Dieu, reconnaissance et gratitude à Lui,

Grâce à Sa faveur, je vois aujourd'hui un rêve tant attendu devenir une réalité dont je suis réellement fière.

À mon ange pur, ma force après Dieu, ma première supportrice et mon refuge éternel, ma mère **SAIDA SOULEM**

Je te dédie cette réussite, car sans tes sacrifices, rien de tout cela n'aurait été possible.

À celui qui m'a soutenue sans limites et m'a donné sans rien attendre en retour,

Mon père **ABDELAZIZ**.

À celle qui a cru en mes capacités et veillait sur mes jours, ma grande sœur **HADJER**.

À celle qui se souvient de moi par son amour et marche derrière moi comme une ombre : ma petite sœur **NESRINE**.

Mon frère **MOHAMMED**, que Dieu te garde, un rêve solide pour moi.

Merci à mon fiancé **SID AHMED FEDAL** et sa petite famille pour m'avoir soutenue.

A ma chérie binôme **ICHRAK**

**HADIL**

# DÉDICACE

Avant d'aborder le contenu de ce mémoire, il me paraît essentiel d'exprimer ma profonde gratitude à travers ces dédicaces.

Je remercie Allah, le Tout-Puissant et le Bienveillant, de m'avoir accordé la santé, la force, la patience et les bénédictions nécessaires pour mener à bien ce travail. Sans Sa volonté, rien n'aurait été possible.

Il m'est difficile de trouver les mots justes pour exprimer toute la reconnaissance que je ressens. Ce mémoire est l'aboutissement d'un parcours marqué par des efforts, des remises en question, mais aussi de belles rencontres et de soutiens précieux.

Je dédie ce travail, avant tout, à moi-même. À celle que je suis devenue au fil des années, à travers les doutes, les difficultés et les remises en question. Ce mémoire symbolise un parcours exigeant que j'ai su mener à bien avec persévérance et détermination.

À mon référent de vie **HADJADJ M.**, pilier fondamental de mon éducation et de mon parcours, dont le regard plein de fierté et les conseils avisés ont été pour moi une source constante de motivation. Votre confiance m'a appris à me dépasser, à persévérer, et à toujours viser l'excellence.

À mon modèle de résilience, **BENDEHINA. S**, celle qui m'a transmis la force, la détermination et le courage d'aller au bout de mes ambitions. Vous avez su me guider, m'inspirer et me soutenir sans jamais faillir. Votre amour et votre dévouement ont été les fondations de ma volonté de réussir.

À mon petit frère **MOUAD**, dont l'existence lumineuse et l'esprit joyeux ont souvent allégé mes journées les plus lourdes. Ta présence simple mais réconfortante a toujours su apporter douceur et sourire dans mon quotidien.

Je dédie également ce mémoire à toutes les personnes chères à mon cœur, malgré la distance, pour leur patience, leurs encouragements constants et la chaleur de leur présence, même de loin. Leur soutien moral a été une lumière précieuse dans les moments les plus incertains.

Je dédie aussice travail à ma famille et à mes tantes, pour leur amour sincère, leur affection inconditionnelle, leurs encouragements et leur soutien sans fin. Vous m'avez toujours soutenue, en toutes occasions, avec une générosité de cœur qui ne faiblit jamais. Votre présence, même discrète, m'a offert une force silencieuse mais précieuse tout au long de ce parcours.

À l'ensemble des enseignants du département de biologie, en particulier ceux de la spécialité écologie, pour la richesse de leurs enseignements, la qualité de leurs conseils, leur bienveillance et leur engagement tout au long de ces cinq années. Votre dévouement a été pour moi une source d'inspiration.

À mon oncle Karim, qui me soutient sans relâche et partage sincèrement chacune de mes petites réussites avec une joie débordante. Sa fierté, même dans les détails les plus simples de mon parcours, a toujours été pour moi une source d'encouragement et de chaleur. Sa bienveillance constante a profondément marqué mon chemin.

Et à ma chérie binôme **HADIL**

Enfin, une pensée sincère à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont croisé mon chemin durant cette aventure. Votre aide, vos encouragements ou simplement votre présence ont contribué, d'une manière ou d'une autre, à l'aboutissement de ce projet.

Ce mémoire n'est pas seulement le fruit d'un travail individuel, mais aussi le reflet de tout le soutien, l'amour et la confiance que j'ai reçus.

Merci, du fond du cœur.

**AYA ICHRAK.**

**الملخص:**

تُعد اللوبيا (*Vigna unguiculata*) من المحاصيل البقولية الاستراتيجية في منطقة أفريقيا جنوب الصحراء، إلا أنها تتعرض لخسائر كبيرة بعد الحصاد نتيجة إصابتها بخنافس *Bruchidius atrolineatus* و *Callosobruchus maculatus*. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية الحيوية لثلاث زيوت أساسية: زيت النعناع الأخضر (*Mentha spicata*)، زيت الريحان (*Ocimum basilicum*)، المستخلصين مخبرياً، وزيت الكافور التجاري، وذلك من خلال دراسة تأثيرها على بعض المعايير البيولوجية للطور البالغ من الحشرات.

أظهرت النتائج فعالية طاردة ملحوظة لجميع الزيوت، مع تسجيل أقل نسبة تأثير لزيت الكافور. وقد مكّنت اختبارات الملامسة والاستنشاق من تقييم تأثير هذه الزيوت على نسب البقاء والخصوبة وخروج الحشرات. تؤكد المعطيات المحصل عليها أن هذه الزيوت العطرية تمثل بديلاً طبيعياً وواعداً للمبيدات الكيميائية، مما يجعلها خياراً مستداماً لحماية المحاصيل المخزنة، خصوصاً في المناطق الريفية.

**الكلمات المفتاحية:**

اللوبيا، *Bruchidius atrolineatus*، *Callosobruchus maculatus*، الزيوت العطرية، النعناع الأخضر، الريحان، الأوكالبتوس، الطرد، المبيدات الحيوية، ما بعد الحصاد.

**Résumé**

Le niébé (*Vigna unguiculata*), légumineuse stratégique en Afrique subsaharienne, subit d'importantes pertes post-récolte dues aux coléoptères *Callosobruchus maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*. Dans cette étude, nous allons évaluer l'activité de trois huiles essentielles (HE) (menthe verte *Mentha spicata* et basilic *Ocimum basilicum* extraites en laboratoire, et une HE commerciale d'eucalyptus) sur quelques paramètres biologiques des adultes de ces deux espèces.

Les résultats révèlent une répulsion significative pour l'ensemble des HE, avec un effet minimal observé pour l'eucalyptus. Nos essais, menés par contact et par inhalation, ont permis de quantifier leur impact sur la survie et l'émergence des adultes. Les données recueillies confirment le potentiel de ces bio- insecticides naturels comme alternative durable pour la protection post-récolte, notamment en milieu rural.

**Mots clés :** *Vigna unguiculata*, *Callosobruchus maculatus*, *Bruchidius atrolineatus*, huiles essentielles, *Mentha spicata*, *Ocimum basilicum*, eucalyptus, bio- insecticides, post-récolte, Répulsion.

**Abstract**

Cowpea (*Vigna unguiculata*), a strategic legume in sub-Saharan Africa, suffers significant post-harvest losses due to infestations by the beetles *Callosobruchus maculatus* and *Bruchidius atrolineatus*. In this study, we evaluated the bioactivity of three essential oils (EOs)—green mint (*Mentha spicata*), basil (*Ocimum basilicum*) (both lab-extracted), and a commercial eucalyptus EO—on key biological parameters of adult beetles.

Results demonstrated significant repellency across all EOs, with the weakest effect observed for eucalyptus. Contact and fumigation bioassays quantified their impact on adult survival and emergence. The findings confirm that these natural bioinsecticides offer a sustainable alternative for post-harvest protection, particularly in rural settings.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*, *Callosobruchus maculatus*, *Bruchidius atrolineatus*, essential oils, *Mentha spicata*, *Ocimum basilicum*, eucalyptus, repulsion, bio- insecticides, post-harvest, repellency.

## TABLE DES MATIERE

| Table des matières                                           |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Résumé                                                       |    |
| Liste des figures                                            |    |
| Liste des tableaux                                           |    |
| Introduction Générale                                        | 1  |
| CHAPITRE I : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE                           |    |
| 1. Présentation de la plante hôte : Le Niébé                 | 5  |
| 1.1. Origine et répartition géographique                     | 5  |
| 1.2. Position systématique                                   | 6  |
| 1.3. Techniques culturales du niébé                          | 7  |
| 1.4. Phénologie de la culture du genre <i>Vigna</i>          | 8  |
| 1.5. Caractéristiques morphologiques et biologiques du niébé | 8  |
| 1.6. Adaptation et environnement de <i>Vigna unguiculata</i> | 9  |
| 1.7. Importance du niébé                                     | 10 |
| 1.7.1 Importance économique                                  | 10 |
| 1.7.2 Importance alimentaire                                 | 10 |
| 1.7.3 Importance agronomique                                 | 11 |
| 1.8. Maladies et ravageurs du niébé                          | 12 |
| 1.8.1 Maladies                                               | 12 |
| 1.8.2 Ravageurs du niébé                                     | 13 |
| 1.8.2.1. Insectes de la préfloraison                         | 13 |
| 1.8.2.2. Insectes de la floraison et postfloraison           | 14 |
| 1.8.2.3. Insectes du niébé stocké                            | 17 |
| 1.8.3. Impact des maladies et ravageurs                      | 17 |
| 1.9. Conservation du niébé                                   | 17 |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1.9.1. Stockage traditionnel</b>                                                                           | 17 |
| <b>1.9.1.1. Stockage dans des récipients en argile ou en bois</b>                                             | 17 |
| <b>1.9.1.2. Stockage en sacs de jute ou en fibres naturelles</b>                                              | 17 |
| <b>1.9.1.3. Stockage dans des greniers traditionnels</b>                                                      | 17 |
| <b>1.9.2. Stockage moderne</b>                                                                                | 18 |
| <b>1.9.2.1. Utilisation de silos hermétiques</b>                                                              | 18 |
| <b>1.9.2.2. Systèmes de stockage à température contrôlée</b>                                                  | 18 |
| <b>1.9.2.3. Utilisation de sachets hermétiques en plastique</b>                                               | 18 |
| <b>1.9.2.4. Traitements phytosanitaires et bio-insecticides</b>                                               | 18 |
| <b>1.10. Dégâts et Pertes Causés par <i>Callosobruchus maculatus</i></b>                                      | 18 |
| <b>CHAPITRE II : PRESENTATION DES INSECTES</b>                                                                |    |
| <b>1. Présentation de l'insecte</b>                                                                           | 21 |
| <b>1.1. Généralités sur les Bruchidae</b>                                                                     | 21 |
| <b>1.1.1. Bruche du niébé (<i>C. maculatus</i>)</b>                                                           | 21 |
| <b>1.1.1.1. Synonymie</b>                                                                                     | 21 |
| <b>1.1.1.2. Position systématique</b>                                                                         | 22 |
| <b>1.1.1.3. Description et développement de <i>C. maculatus</i></b>                                           | 23 |
| <b>1.1.1.4. Le cycle biologique</b>                                                                           | 25 |
| <b>1.1.1.5. Le dimorphisme sexuel</b>                                                                         | 26 |
| <b>1.1.2. La Bruche du niébé (<i>Bruchidius atrolineatus</i>) Synonymes de <i>Bruchidius atrolineatus</i></b> | 26 |
| <b>1.1.2.1. Position systématique</b>                                                                         | 27 |
| <b>1.1.2.2. Description et développement de <i>Bruchidius atrolineatus</i> :</b>                              | 27 |
| <b>1.1.2.3. Cycle de vie de <i>Bruchidius atrolineatus</i></b>                                                | 29 |
| <b>2. Lutte biologique</b>                                                                                    | 30 |
| <b>2.1. Phytothérapie (insecticides d'origine végétale)</b>                                                   | 30 |
| <b>2.1.1. Définition</b>                                                                                      | 30 |
| <b>2.1.2 Localisation</b>                                                                                     | 31 |
| <b>2.1.3. Action</b>                                                                                          | 31 |
| <b>3. Présentation botanique des plantes étudiées</b>                                                         | 32 |
|                                                                                                               |    |

| <b>CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES</b>                                                |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. MATERIEL ET METHODES</b>                                                            | <b>36</b> |
| <b>1.1. Matériels du laboratoire</b>                                                      | <b>36</b> |
| <b>1.2. Matériels biologiques</b>                                                         | <b>37</b> |
| <b>1.2.1. Les bruches</b>                                                                 | <b>37</b> |
| <b>1.2.2. Le haricot dolique</b>                                                          | <b>37</b> |
| <b>1.2.3. Les huiles essentielles</b>                                                     | <b>37</b> |
| <b>1.3. Matériels pour l'extraction des huiles essentielles</b>                           | <b>37</b> |
| <b>1.3.1. L'appareil de Clevenger</b>                                                     | <b>37</b> |
| <b>1.3.2. Méthode d'extraction d'huile essentielle</b>                                    | <b>38</b> |
| <b>1.4. METHODES</b>                                                                      | <b>40</b> |
| <b>1.4.1. Elevage en masse</b>                                                            | <b>40</b> |
| <b>1.4.2. Tests biologiques</b>                                                           | <b>41</b> |
| <b>1.4.2.1. Traitements parcontact</b>                                                    | <b>41</b> |
| <b>1.4.2.2. Test de répulsivité</b>                                                       | <b>42</b> |
| <b>1.4.2.3. Test d'inhalation</b>                                                         | <b>43</b> |
| <b>1.5. Analyse statistique des données</b>                                               | <b>44</b> |
| <b>CHAPITRE IV : RESULTATS</b>                                                            |           |
| <b>1. Activité insecticide des l'huiles essentielles parcontact (24h)</b>                 | <b>46</b> |
| <b>2. Activité insecticide des l'huiles essentielles par répulsion</b>                    | <b>47</b> |
| <b>3. Activité insecticide de l'huile essentielle par inhalation (menthe seule, 24 h)</b> | <b>49</b> |
| <b>CHAPITRE V : DISCUSSION</b>                                                            |           |
| <b>Discussion</b>                                                                         | <b>51</b> |
| <b>CUNCLUSION</b>                                                                         |           |
| <b>Conclusion générale et perspectives</b>                                                |           |
| <b>Bibliographie</b>                                                                      | <b>56</b> |
| <b>Annexes</b>                                                                            |           |

## LISTE DES FIGURES

| Figures   | Titres                                                                                                                                | Pages |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Figure 1  | Espèces de niébé photo original                                                                                                       | 5     |
| Figure 2  | Morphologie de <i>V. unguiculata</i> , (A) plante entière, (B) Gousses, (C) graines (ANNONYME, 2008).                                 | 8     |
| Figure 3  | Brûlure bactérienne sur les feuilles infectées.                                                                                       | 11    |
| Figure 4  | Virus de la mosaïque jaune du niébé.                                                                                                  | 12    |
| Figure 5  | Virus de la marbrure du niébé.                                                                                                        | 12    |
| Figure 6  | Puceron du niébé ( <i>Aphis craccivora</i> ) : (a) larve et adulte Aptères (de gauche à droite), (b) adulte ailé.                     | 13    |
| Figure 7  | Attaques de <i>Aphis craccivora</i> sur la culture du niébé : (a) sur les tiges et les feuilles, (b) fleurs et (c) gousses attaquées. | 13    |
| Figure 8  | Quatre derniers stades larvaires de <i>M. vitrata</i> .                                                                               | 14    |
| Figure 9  | Papillon de <i>M. vitrata</i> .                                                                                                       | 14    |
| Figure 10 | Fleur et gousse de niébé attaqués par <i>Maruca vitrata</i> .                                                                         | 14    |
| Figure 11 | <i>Anoplecnemis</i> à l'état adulte sur une gousse de Niébé.                                                                          | 15    |
| Figure 12 | Dégât d' <i>Anoplecnemis Curvipes</i> .                                                                                               | 15    |
| Figure 13 | Graines de <i>V. unguiculata</i> infestées par les adultes de <i>C. maculatus</i> .                                                   | 16    |
| Figure 14 | Adulte du bruche du niébé, <i>C. maculatus</i> (F).                                                                                   | 22    |
| Figure 15 | Les œufs de <i>C. maculatus</i> pondus sur la graine de niébé.                                                                        | 23    |
| Figure 16 | Larve L1 de <i>C. maculatus</i> sous le chorion de l'œuf (Gr x 20)                                                                    | 24    |
| Figure 17 | Larve L2 de <i>C. maculatus</i> (Gr x 80)                                                                                             | 24    |
| Figure 18 | Larve L3 de <i>C. maculatus</i> (Originale, 2025) (Gr x 80).                                                                          | 24    |
| Figure 19 | Larve L4 de <i>C. maculatus</i> (Gr x 10).                                                                                            | 24    |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 20 | Nymphes de <i>C. maculatus</i> (Gr x 20).                                                                                                                                                                                                            | 24 |
| Figure 21 | Adulte de <i>C. maculatus</i> (A) : Vue dorsale d'une femelle ;<br>(B) : vue dorsale d'un mâle.                                                                                                                                                      | 25 |
| Figure 22 | Les plaques abdominales postérieures (pygidium) chez le mâle et la femelle de <i>C. maculatus</i> .                                                                                                                                                  | 26 |
| Figure 23 | Les œufs de <i>B. atrolineatus</i> pondus sur la graine de niébé.                                                                                                                                                                                    | 28 |
| Figure 24 | Adulte de <i>Bruchidius atrolineatus</i> (a) : Vue dorsale d'une femelle ;<br>(b): vue dorsale d'un mâle.                                                                                                                                            | 29 |
| Figure 25 | Menthe verte.                                                                                                                                                                                                                                        | 32 |
| Figure 26 | <i>Ocimum basilicum</i> (Pignatti, 1982)                                                                                                                                                                                                             | 33 |
| Figure 27 | Eucalyptus radié                                                                                                                                                                                                                                     | 34 |
| Figure 28 | Matériel utilisé au laboratoire pour les différents tests.                                                                                                                                                                                           | 36 |
| Figure 29 | Schéma représentant les étapes de l'extraction des huiles essentielles par l'appareil de Clevenger : préparation, distillation et récupération.                                                                                                      | 40 |
| Figure 30 | Elevage de masse de <i>C. maculatus</i> et <i>Bruchidius atrolineatus</i> .                                                                                                                                                                          | 41 |
| Figure 31 | Dispositif expérimental du test par contact sur les adultes de <i>C. maculatus</i> et <i>B. atrolineatus</i> traités à différents doses (6, 8 µl) avec les huiles essentielles de la menthe, de basilic et d'eucalyptus avec toutes les répétitions. | 42 |
| Figure 32 | Dispositif expérimental des tests de répulsivité.                                                                                                                                                                                                    | 43 |
| Figure 33 | Dispositif expérimental des tests d'inhalation.                                                                                                                                                                                                      | 44 |
| Figure 34 | Mortalité moyenne (%) des adultes de <i>C. maculatus</i> selon les différentes l'huiles essentielles utilisées par contact.                                                                                                                          | 46 |
| Figure 35 | Mortalité moyenne (%) des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> et de <i>Bruchidius atrolineatus</i> à différentes doses de l'huile essentielle de <i>Mentha spicata</i> utilisées par contact.                                                 | 47 |
| Figure 36 | Moyenne du répulsion (%) des adultes de <i>C. maculatus</i> selon les différentes l'huiles essentielles utilisées par test de répulsivité.                                                                                                           | 48 |
| Figure 37 | Mortalité moyenne (%) des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle de <i>Mentha spicata</i> utilisées par inhalation.                                                                           | 49 |

## LISTE DES TABLEAUX

| Tableaux  | Titres                                                                                                  | Pages |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tableau 1 | Hierarchie taxonomique de <i>Vigna unguiculata</i> selon l'Inventaire National de Patrimoine Naturel.   | 7     |
| Tableau 2 | Valeur alimentaire des graines de niébé (APPERT, 1992), l'USDA, 2004.                                   | 11    |
| Tableau 3 | Stades de développement, description morphologique et cycle de vie de <i>Callosobruchus maculatus</i> . | 23    |
| Tableau 4 | Mensuration et durée des différents états et stades larvaires de <i>C. maculatus</i> (KELLOUCHE, 2005). | 25    |
| Tableau 5 | Stades de développement, description morphologique et cycle de vie de <i>Bruchidius atrolineatus</i> .  | 28    |
| Tableau 6 | Pourcentage de répulsivité selon MC DONALD et al. (1970)                                                | 43    |
| Tableau 7 | Taux de repulsivité (%) des huiles testées à l'égard des adultes de <i>C. maculatus</i> .               | 48    |
| Tableau 8 | Classification de la répulsivité des huiles essentielles testées selon MC DONALD et al. (1970).         | 48    |

# Introduction

Les régions tropicales concentrent la majorité des zones d'insécurité alimentaire mondiale, abritant des populations vulnérables économiquement. Pour répondre à leurs besoins, il est essentiel d'augmenter la production agricole et de réduire les pertes post-récolte (DELOBEL et TRAN, 1993). La conservation des récoltes est un pilier fondamental de la sécurité alimentaire pour éviter pénuries et risques sanitaires. Ainsi, une politique phytosanitaire rigoureuse s'impose notamment par une lutte efficace contre les insectes ravageurs (ZUOXIN et *al.*, 2006).

À l'échelle mondiale, les ravageurs des stocks causent en moyenne 10 % de pertes, soit 58 milliards de dollars US par an (FAO). En Afrique subsaharienne, ce phénomène aggrave la sécurité alimentaire (GOERGEN, 2005). Les légumineuses alimentaires, source majeure de protéines végétales, représentent une culture stratégique dans ces régions (DURANTI et GIUS, 1997). Au-delà de leur rôle nutritionnel pour l'homme et l'animal, ces plantes jouent un rôle clé dans l'agriculture durable. Leur intégration dans les systèmes culturaux favorise la rotation des cultures, la diversification agricole et la lutte contre l'érosion. Cependant, leur adoption à grande échelle dépend largement de l'amélioration de leurs performances agronomiques (BEN M'BAREK, 2011).

Parmi ces légumineuses, le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walpers) se distingue comme l'une des cultures vivrières les plus répandues en Afrique et dans certaines régions en développement (BORGET, 1989; SINGH et *al.*, 2000). Sur le plan nutritionnel, il constitue une source abordable de protéines et d'énergie, essentielle pour les populations défavorisées où la viande reste un luxe. Grâce à son accessibilité et à sa valeur nutritive, le niébé s'impose comme une alternative économique pour pallier les carences protéiques.

Cependant, les rendements du niébé restent faibles en raison de stress abiotiques et biotiques, et du manque de variétés résistantes (BAUDOIN, 2001; GEERTS et *al.*, 2011). Par ailleurs, cette culture est particulièrement exposée aux attaques de bioagresseurs qui peuvent causer des dommages considérables en l'absence de méthodes de protection adaptées, tant au champ que pendant le stockage. A cet égard, leur stockage est particulièrement exposé aux attaques de *Callosobruchus maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*, qui réduisent la masse sèche des graines, diminuent leur pouvoir germinatif et favorisent l'apparition de moisissures toxiques (AIBOUD, 2012).

Face à cette menace, les stratégies actuelles reposent essentiellement sur des insecticides chimiques (fumigants), efficaces mais préoccupants en raison de leur toxicité pour l'homme et l'environnement, et de l'émergence de résistances (GOUCEM-KHELFANE, 2014). Les composés botaniques actifs (huiles essentielles, poudres végétales) constituent une alternative prometteuse avec effet insecticide, via des modes d'action variés : contact, inhalation ou effet répulsif (LICHTENSTEIN, 1996).

Dans cette étude, nous évaluons le potentiel insecticide de trois huiles essentielles : *Mentha spicata* L. (menthe verte), *Ocimum basilicum* L. (basilic) et *Eucalyptus radiata*, en explorant trois modes d'action distincts : toxicité par contact, effet par inhalation et activité répulsive. Les essais biologiques sont conduits en conditions contrôlées au Laboratoire de Zoologie (Département de Biologie, Université de Ghardaïa) sur deux espèces modèles, *Callosobruchus maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*, qui constituent les principaux bioagresseurs des stocks de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp)

Notre mémoire est structuré en **cinq chapitres principaux**, chacun contribuant de manière complémentaire au développement de l'étude :

- **Chapitre I** propose une revue bibliographique approfondie sur la plante hôte *Vigna unguiculata*, en mettant en évidence ses caractéristiques botaniques, son importance économique, alimentaire et agronomique, ainsi que les principaux bioagresseurs qui affectent sa culture et son stockage.

- **Chapitre II** est consacré à la présentation détaillée des deux ravageurs ciblés, *Callosobruchus maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*, à travers leur classification systématique, leur biologie, leur cycle de développement et les dommages qu'ils occasionnent sur les graines de niébé.

- **Chapitre III** décrit le matériel utilisé ainsi que le protocole expérimental adopté. Il précise notamment les différentes techniques d'extraction et les modalités des tests biologiques appliqués aux huiles essentielles (contact, répulsivité, inhalation).

- **Chapitre IV** présente les résultats obtenus au cours des expérimentations, en mettant en évidence les effets des huiles essentielles testées sur les paramètres biologiques des insectes.

- **Chapitre V** est dédié à l'interprétation critique de ces résultats, en les confrontant aux données de la littérature, afin d'en dégager les tendances principales, les limites de l'étude, ainsi que les implications pratiques.

Enfin, ce travail se conclut par une **conclusion générale** qui synthétise les principaux enseignements de l'étude et propose des **perspectives de recherche** en vue de valoriser les alternatives biologiques dans la lutte contre les ravageurs du niébé.

# Chapitre I

## Etude bibliographique

## 1. Présentation de la plante hôte : Le Niébé

### 1.1. Origine et répartition géographique

Le niébé (*Vigna unguiculata*) est une légumineuse originaire d'Afrique tropicale, introduite en Europe vers 300 av. J.-C. et en Inde vers 200 av. J.-C. (AVARRE, LE QUÉRÉ et al., 2022).

Au XVII<sup>e</sup> siècle, les Espagnols l'ont sans doute amené en Amérique tropicale, où il se cultive aujourd'hui aux États-Unis, dans les Caraïbes et au Brésil.

En Afrique de l'Ouest, on l'appelle « niébé », tandis qu'en Algérie il porte divers noms régionaux tels que « haricot kabyle » au Nord, « tadelaght » dans le Sud-Ouest, Ghardaïa (Metlili) et « tidellaghine » à Ouargla (AÏBOUD, 2012).

Cultivé principalement dans les zones de faible altitude, le niébé sauvage prospère dans des milieux variés ; du sub-désert aux forêts montagneuses, ce qui explique sa grande diversité moléculaire et morphologique (PASQUET, 1999). On distingue une douzaine de taxons infraspécifiques, certains présentant des différences génétiques suffisamment marquées pour envisager leur élévation au rang d'espèce. Cependant, *V. unguiculata* reste morphologiquement identifiée et distincte de ses proches parentes *V. schlechteri* Harms et *V. vexillata* (L.) A. Rich (MARÉCHAL et al., 1978). Au sein de l'espèce, douze sous-espèces se répartissent en trois grands groupes, selon leur milieu écologique (forêts ou savanes) et leur mode de reproduction (allogamie ou autogamie) (KOUADIO et al., 2006).



**Figure 1 : Espèces de niébé (Originale, 2025)**

## 1.2. Position systématique

Le genre *Vigna* appartient à la famille des Fabaceae et suit une classification taxonomique bien établie allant du règne Végétale jusqu'à la tribu Phasage.

**Tableau 1 :** Hiérarchie taxonomique de *Vigna unguiculata* selon (PROST, 1996)

| Rang taxonomique | Classification                     |
|------------------|------------------------------------|
| Règne            | Végétale                           |
| Sous-règne       | Phanérogames.                      |
| Embranchement    | Angiospermes.                      |
| Classe           | Dicotylédones.                     |
| Ordre            | Fabales                            |
| Famille          | Fabacées                           |
| Sous-famille     | Papilionacées                      |
| Tribu            | Phasage                            |
| Genre            | <i>Vigna</i>                       |
| Espèce           | <i>Vigna unguiculata</i> (L). Walp |

## Noms vernaculaires

Niébé, haricot à l'œil noir, pois yeux noirs, cornille, voème, haricot dolique, dolique mongette (Français). Cowpea, black-eye bean, black-eye pea, China pea, marble pea (anglais) (AÏBOUD, 2012).

## 1.3. Techniques culturelles du niébé

Cette espèce nutritive et résiliente, peut être cultivée selon différentes méthodes culturelles adaptées aux objectifs de production et aux conditions environnementales. Les systèmes culturaux incluent la culture pure, la culture associée avec des céréales comme le maïs, le sorgho, le mil ou le coton, et la rotation culturale pour améliorer la fertilité du sol grâce à sa capacité à fixer l'azote atmosphérique. Le choix des variétés dépend de la destination (graines pour l'alimentation humaine ou fourrage pour l'alimentation animale), de la longueur du cycle (variétés à cycle court ou long selon les conditions climatiques), de la productivité et des qualités organoleptiques (goût, texture, couleur des graines). La préparation du sol nécessite un labour superficiel de 2 à 5 cm de profondeur pour favoriser une bonne germination. La fertilisation combine une fumure organique de 10 t/ha tous les quatre ans et une fumure minérale de 150 kg/ha de 6-20-10 pour améliorer la nodulation et les rendements. En culture pure, la densité de semis recommandée est de 22 000 pieds/ha, tandis

Qu'en culture associée, elle varie entre 10 000 et 20 000 pieds/ha. Les rendements potentiels atteignent 400 kg/ha, avec une récolte manuelle en plusieurs passages selon la maturité des gousses. Pour le niébé fourrager, la récolte se fait au stade grain laiteux.

La conservation des graines se fait dans des greniers (avec du deltaméthrine pour limiter les dégâts), et les fanes peuvent être conservées en meule ou en vrac sous abri (MAHAMAT, 2006).

#### 1.4. Phénologie de la culture du genre *Vigna*

Le cycle végétatif du genre *Vigna* (incluant le niébé) se décompose en cinq stades principaux :

- Germination : De type épigée, les cotylédons émergent du sol mais ne deviennent pas chlorophylliens. Ils servent de réserve nutritive jusqu'à l'apparition des deux premières feuilles vraies.
- Croissance : Après la formation des nodules racinaires (structures symbiotiques fixatrices d'azote), la plante commence à absorber les éléments minéraux et azotés du sol. Cette phase nécessite une température optimale de 25 °C et un apport hydrique régulier pour assurer une croissance vigoureuse.
- Floraison : La floraison se déroule en trois étapes :
- Invocation : Préparation de la plante à entrer en phase reproductive. Initiation : Début de la formation des organes floraux.
- Différenciation : Maturation des fleurs.
- Fructification (production des fruits) : la température optimale pour la fructification se situe entre 20°C et 22°C. Des températures trop élevées, notamment autour de 40°C, peuvent provoquer la chute des jeunes gousses, réduisant ainsi le rendement.
- Maturation et récolte : la maturation débute lorsque les gousses jaunissent et commencent à se dessécher. Les premiers fruits formés sont généralement plus gros que ceux qui se développent plus tardivement (AMARI, 2014).

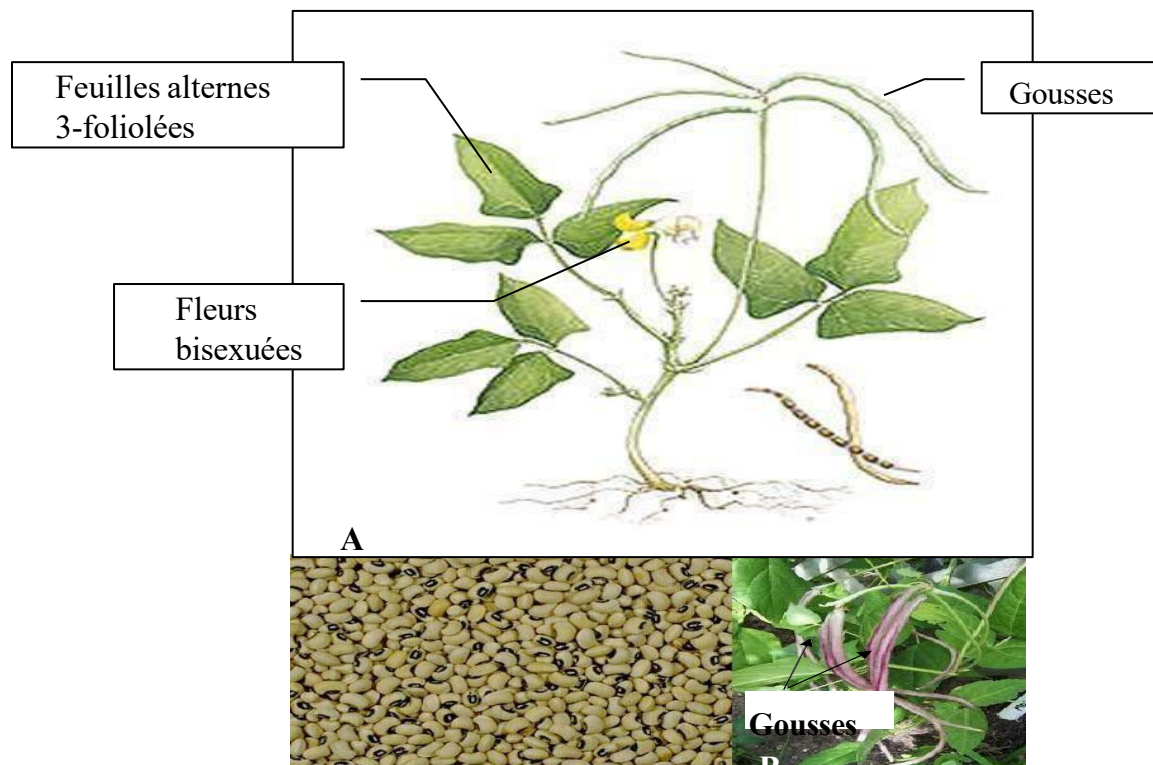
#### 1.5. Caractéristiques morphologiques et biologiques du niébé

*Vigna unguiculata* est une plante herbacée annuelle, autogame et diploïde ( $2n = 22$ ), qui se décline en plusieurs variétés aux ports variés : rampant, semi- rampant ou érigé (Fig.2).

Ses inflorescences, de type grappe simple ou racème, portent des fleurs à corolle papilionacée, de couleur jaune ou violacée. Les fruits sont des gousses indéhiscentes, mesurant entre 7 et 15 cm de long, contenant de 8 à 15 graines. À la base du pédoncule, des nectaires produisent un liquide sucré qui s'écoule le long de la gousse (MURDOCK, 1959).

Selon MADAMBA et *al.* (2006), les tiges, de section circulaire, sont fines, parfois striées et dépourvues de poils. Les feuilles, alternes et trifoliolées, présentent une surface lisse, allant de peu brillante à brillante, avec des stipules ovales et éperonnées à leur base. Les folioles, de forme ovale, rhomboïde ou lancéolée, sont généralement entières, bien que certaines puissent être lobées. Le système racinaire est généralement bien développé, avec des racines secondaires portant des nodosités abritant des bactéries capables de fixer l'azote atmosphérique. Les fleurs, hermaphrodites, varient en couleur : blanc, jaune, bleu pâle ou violacé. Les cultivars possèdent des pédoncules de longueur moyenne (20 cm) ou très longs (50 cm), sur lesquels se forment de nombreux racèmes. La présence d'un axe floral allongé est l'une des caractéristiques les plus distinctives de cette espèce par rapport à d'autres.

Les couleurs des graines varient du blanc au marron, rougeâtre, presque noir, ou encore grivelé ou irrégulièrement tacheté. Certaines variétés présentent une tache noire spécifique au niveau du hile. La germination de *Vigna unguiculata* est de type épigé. Les cotylédons, oblongs et épais, donnent naissance à deux premières feuilles simples et opposées, suivies de feuilles alternes et trifoliolées. La germination s'effectue en 3 à 5 jours à des températures supérieures à 22 °C, avec un optimum à 35 °C.



**Figure 2 :** morphologie de *V. unguiculata*, (A) plante entière, (B) Gousses, (C) graines (ANNONYME, 2008).

## **1.6. Adaptation et environnement de *Vigna unguiculata*.**

Cette espèce est une plante thermophile, c'est-à-dire qu'elle prospère dans des environnements chauds et fortement ensoleillés. Pour son développement optimal, elle nécessite des températures comprises entre 25 et 28°C tout au long de son cycle de croissance, ainsi qu'une pluviométrie variant de 750 à 1000 mm. Cette espèce se distingue par sa grande tolérance à la sécheresse et à la salinité des sols, ce qui lui permet de s'adapter à des conditions environnementales diversifiées, y compris sur des sols pauvres en azote, grâce à sa capacité à fixer l'azote atmosphérique via les nodosités racinaires (SKERMAN, 1982). Cependant, il est sensible aux températures extrêmes : il ne supporte pas le gel, et des températures dépassant 35°C peuvent entraîner la chute prématurée des fleurs et des gousses, compromettant ainsi le rendement. Cette combinaison de traits écologiques en fait une culture résiliente dans les régions arides et semi-arides, tout en nécessitant une gestion attentive des conditions climatiques pour maximiser sa productivité.

## **1.7. Importance du niébé**

### **1.7.1 Importance économique**

Le continent africain domine la production et la consommation mondiale de niébé, représentant environ 94 % de la production globale. En 2009, la production mondiale s'élevait à 5,68 millions de tonnes, cultivées sur une superficie de 11,8 millions d'hectares, dont 10 millions d'hectares se trouvaient en Afrique (FAOSTAT, 2010). Le Nigéria se distingue comme le premier producteur mondial, avec une production de 2,3 millions de tonnes et une superficie cultivée de 5,3 millions d'hectares (GHALMI *et al.*, 2005).

En Algérie, la culture de cette plante reste limitée et se concentre principalement dans certaines exploitations agricoles familiales. On la retrouve notamment dans des régions comme la Kabylie, l'ouest de la wilaya d'El-Taraf et les oasis du Sahara. Les graines de cette espèce sont principalement cultivées pour la consommation domestique, et les surplus sont vendus sur les marchés locaux (GHALMI, 2010).

En plus de son rôle alimentaire, cette plante contribue à la sécurité alimentaire et à l'amélioration des sols grâce à sa capacité de fixation de l'azote atmosphérique, ce qui en fait une culture essentielle pour les systèmes agricoles durables. Sa résistance à la sécheresse et sa capacité à pousser dans des sols pauvres en font une culture de choix pour les agriculteurs des régions arides et semi-arides. Cependant, malgré son potentiel, la production du niébé en Algérie reste marginale et mériterait d'être davantage valorisée pour répondre aux besoins locaux et renforcer la résilience des systèmes agricoles face aux changements climatiques.

### 1.7.2. Importance alimentaire

Cette catégorie de plante (*Vigna unguiculata*) joue un rôle essentiel dans l'alimentation humaine, car elle comble les carences nutritionnelles souvent présentes dans les régimes à base de céréales. En effet, le niébé est une source riche en protéines, en vitamines et en minéraux, ce qui en fait un aliment de base précieux pour les populations locales (voir tableau 2).

En plus de ses avantages nutritionnels pour l'homme, le niébé est également une ressource importante pour l'agriculture et l'élevage. Ses graines, riches en protéines, sont utilisées comme fourrage de haute qualité pour le bétail, contribuant ainsi à l'amélioration de l'alimentation animale (TIMKO et *al.*, 2007). Par ailleurs, il est reconnu pour ses propriétés médicinales ; ses feuilles et ses graines sont traditionnellement utilisées pour traiter diverses affections, notamment les enflures, les infections cutanées, les problèmes dentaires et les piqûres d'insectes (MADAMBA et *al.*, 2006).

**Tableau 2 :** Valeur alimentaire des graines de niébé (APPERT, 1992 ; USDA, 2004).

| Nutriment        | Jeunes gousses   | Grains mûrs        |
|------------------|------------------|--------------------|
| Eau              | 86,0 g           | 12,0 g             |
| Énergie          | 184 kJ (44 kcal) | 1407 kJ (336 kcal) |
| Protéines        | 3,3 g            | 23,5 g             |
| Lipides          | 0,3 g            | 1,3 g              |
| Glucides         | 9,5 g            | 60,0 g             |
| Fibres           | -                | 10,6 g             |
| Calcium (Ca)     | 65 mg            | 110 mg             |
| Magnésium (Mg)   | 58 mg            | 184 mg             |
| Phosphore (P)    | 65 mg            | 424 mg             |
| Fer (Fe)         | 1,0 mg           | 8,3 mg             |
| Zinc (Zn)        | 0,3 mg           | 3,4 mg             |
| Vitamine A       | 1600 UI          | 50 UI              |
| Thiamine (B1)    | 0,15 mg          | 0,85 mg            |
| Riboflavine (B2) | 0,15 mg          | 0,23 mg            |
| Niacine (B3)     | 1,2 mg           | 2,1 mg             |
| Vitamine B6      | -                | 0,36 mg            |
| Folates (B9)     | 53 µg            | 633 µg             |
| Vitamine C       | 33 mg            | 1,5 mg             |

### 1.7.3. Importance agronomique

Ce spécimen (*Vigna unguiculata*) joue un rôle clé dans les systèmes de production agricole, notamment dans les régions semi- arides, où il est souvent intégré dans des cultures associées à des céréales comme le mil, le sorgho, le maïs ou encore les arachides (QUIN, 1997). Cette pratique est particulièrement bénéfique grâce à la capacité du niébé à fixer l'azote atmosphérique, ce qui en fait un excellent engrais vert. Par exemple, lorsqu'il est cultivé en association avec le maïs, il améliore la fertilité du sol et augmente les rendements des cultures (LATATI et *al.*, 2014).

En plus de son apport en azote, ce genre de plante contribue à enrichir les sols en matière organique, ce qui est essentiel pour maintenir la productivité des systèmes céréaliers. Elle aide également à prévenir la dégradation des sols, un problème majeur dans les zones arides et semi- arides. Sa capacité à former des symbioses avec des champignons *mycorhizogènes* renforce encore son rôle dans l'amélioration de la structure et de la fertilité des sols (MARTINS et *al.*, 2003).

## 1.8. Maladies et ravageurs du niébé

Cette plante est vulnérable à diverses maladies et attaques d'insectes tout au long de son cycle de vie, de la croissance au stockage. Ces problèmes peuvent être classés en deux catégories principales : les maladies causées par des agents pathogènes (bactéries, virus ou champignons) et les ravageurs insectes.

### 1.8.1. Les maladies

Les maladies de ce spécimen sont classées selon la nature de l'agent pathogène :

**Maladies bactériennes :** causées par des bactéries. La brûlure bactérienne du niébé (CoBB), illustrée à la (fig. 3) et due à la bactérie *Xanthomonas axonopodis* pv. *vignicola*, est une maladie importante du niébé. Elle occasionne des pertes de rendement en grains comprises entre 64 et 100 % dans certaines régions d'Afrique de l'Ouest.



**Figure 3** : Brûlure bactérienne sur les feuilles infectées. (L.O. Omoigui et *al.*)

## Maladies virales

Le niébé est fortement affecté par des maladies virales, principalement transmises par des insectes vecteurs tels que les pucerons, les coléoptères et les mouches blanches, mais aussi parfois par les semences. Ces infections provoquent des symptômes tels que des mosaïques (fig. 4), des marbrures (fig. 5), des déformations foliaires, une réduction de la taille des feuilles et un ralentissement de la croissance, entraînant des pertes de rendement pouvant atteindre 100 %. En Afrique de l'Ouest, sept virus majeurs ont été identifiés : trois transmis par les coléoptères (CPMV, CMeV, SBMV), deux par les pucerons (CABMV, CMV) et deux par les aleurodes (CPGMV, CPMMV). Les contaminations mixtes sont fréquentes et aggravent les dégâts. Les pertes économiques sont liées à la baisse de productivité, à la mauvaise qualité des semences et aux coûts de lutte phytosanitaire. La lutte repose principalement sur l'utilisation de variétés résistantes, le contrôle des vecteurs par pulvérisations insecticides et l'élimination des plantes infectées.



**Figure 4 :** Virus de la mosaïque jaune du niébé.  
(L.O. Omoigui et *al.*).



**Figure 5 :** Virus de la marbrure du niébé.  
(L.O. Omoigui et *al.*).

## Maladies cryptogamiques : Causées par des champignons.

Ces maladies peuvent affecter différentes parties de la plante : tiges, racines, feuilles et gousses. De plus, la concurrence avec les mauvaises herbes aggrave les pertes de rendement (MAHAMNE, 2007 ; ZAKARIA, 2009).

### 1.8.2. Les ravageurs du niébé

Les insectes nuisibles constituent une contrainte majeure pour la production du niébé en Afrique de l'Ouest. Ils attaquent la plante à toutes les étapes de sa croissance, nécessitant souvent l'utilisation de variétés résistantes et d'insecticides. Ces ravageurs sont classés en trois groupes principaux :

### 1.8.2.1. Insectes de la préfloraison

Les pucerons (*Aphis craccivora*) : insectes noirs et brillants vivant en colonies sous les feuilles (fig. 6), sur les tiges et les gousses (fig. 7). Ils sucent la sève, provoquent le rabougrissement des plantes et l'avortement des fleurs. Ils sont également vecteurs de maladies virales telles que la rosette de l'arachide et la mosaïque du niébé, entraînant des pertes de rendement considérables (DUGJIE et *al.*, 2009; NEBIE, 1992).



**Figure 6:** Pucerons du niébé (*Aphis craccivora*): (a) larve et adulte aptères (de gauche à droite), (b) adulte ailé (CSAN Niger, 2017).



**Figure 7 :** Attaques de *Aphis craccivora* sur la culture du niébé : (a) sur les tiges et les feuilles, (b) fleurs et (c) gousse attaquées (CSAN Niger, 2017).

### 1.8.2.2. Insectes de la floraison et postfloraison

La foreuse des gousses *Maruca vitrata* Fabricius (syn. *M. testulalis*)



**Figure 8** : Quatre derniers stades larvaires de *M. vitrata* (Institut National de Recherche Agronomique du Niger, 2013).



**Figure 9** : Papillonde *M. vitrata* (Institut National de Recherche Agronomique du Niger, 2013).



**Figure 10** : Fleur et gousse de niébé attaqués par *Maruca vitrata* (Institut National de Recherche Agronomique du Niger, 2013).

Ce papillon nocturne, de couleur brun clair avec des taches blanches (fig. 8), cause des dégâts au stade larvaire (fig. 9). Les larves se nourrissent des tiges, des boutons floraux, des fleurs et des gousses, affectant gravement la production (fig. 10) (DUGJIE et *al.*, 2009).

Les punaises suceuses de gousses (*Anoplocnemis curvipes*) :

Ces punaises, appartenant à l'ordre des Hémiptères (fig. 11), piquent les gousses vertes pour en sucer la sève (fig. 12), entraînant leur dessèchement et une perte de semences. Elles sont particulièrement destructrices en Afrique tropicale (NEBIE, 1992 ; DUGJIE et *al.*, 2009).



**Figure 11 :** *Anoplocnemis* à l'état adulte sur une gousse de Niébé (DIFFA et *al.*, 2002).



**Figure 12 :** Dégât d'*Anoplocnemis Curvipes* (DIFFA et *al.*, 2002).

### 1.8.2.3. Insectes du niébé stocké

La bruche (*Callosobruchus maculatus*/ *Bruchidius atrolineatus*) ; principal ravageur du niébé stocké, ce coléoptère peut entraîner des pertes totales (100 %) des grains. Les adultes pondent leurs œufs sur les gousses au champ ou sur les graines en entrepôt. Les larves se développent à l'intérieur des graines, dévorant les cotylédons et laissant des trous caractéristiques (PICS, 2008).

### **1.8.3. Impact des maladies et ravageurs**

Les maladies et ravageurs du niébé causent des dégâts importants à chaque étape du cycle de la plante, réduisant considérablement les rendements. La gestion de ces problèmes nécessite une combinaison de pratiques culturales, de variétés résistantes et de traitements chimiques ou biologiques pour limiter les pertes (DAYE LOFFA, 2007 ; IBRAHIM, 2005).

## **1.9. La conservation du niébé**

### **1.9.1. Stockage traditionnel**

Le stockage traditionnel implique des méthodes qui ont été transmises de génération en génération. Ces méthodes, bien que simples, ont été adaptées aux ressources locales et aux conditions climatiques spécifiques.

#### **1.9.1.1. Stockage dans des récipients en argile ou en bois**

Les céréales sont souvent stockées dans des récipients hermétiques fabriqués en argile, de bois ou de métal. Ces contenants peuvent protéger les graines de l'humidité et des infestations d'insectes. Cependant, leur efficacité est limitée, car la ventilation est parfois insuffisante, ce qui favorise la moisissure et les infestations (MOSHI *et al.*, 2018).

#### **1.9.1.2. Stockage en sacs de jute ou en fibres naturelles**

Les sacs de jute sont largement utilisés pour stocker le niébé. Bien que bon marché et facilement disponibles, ils s'avèrent souvent insuffisants pour protéger les graines contre les ravageurs et l'humidité. Le stockage dans des sacs de jute expose également les grains aux risques d'infestation par des insectes tels que les charançons et les termites (BALA *et al.*, 2017).

#### **1.9.1.3. Stockage dans des greniers traditionnels**

Les greniers surélevés, souvent construits en bois ou en bambou, sont utilisés pour stocker les céréales dans des conditions sèches et aérées. Ce type de stockage permet d'éviter la stagnation de l'humidité et réduit ainsi le risque de moisissure. Toutefois, ces structures ne sont pas complètement étanches, ce qui laisse parfois entrer des insectes et des rongeurs (KOUADIO *et al.*, 2019).

### **1.9.2. Stockage moderne**

Les méthodes modernes visent à minimiser les pertes post-récolte, à améliorer la qualité des grains et à garantir la sécurité alimentaire tout en répondant aux défis posés par les conditions climatiques changeantes.

#### **1.9.2.1. Utilisation de silos hermétiques**

Les silos hermétiques modernes sont utilisés pour stocker les céréales dans des conditions contrôlées, réduisant l'accès à l'oxygène, ce qui empêche la prolifération d'insectes et la détérioration des grains. Ces silos peuvent être en métal ou en plastique et permettent un stockage à long terme tout en préservant la qualité nutritionnelle du niébé (ABDALLAH et *al.*, 2020).

#### **1.9.2.2. Systèmes de stockage à température contrôlée**

Le stockage à température et à humidité contrôlées est une méthode de plus en plus utilisée dans les régions où les conditions climatiques sont variables. Ces systèmes sont souvent couplés à des technologies de gestion de l'humidité et de la température, ce qui permet de prolonger la durée de conservation des céréales tout en réduisant le risque de contamination par des champignons et des moisissures (FAO, 2017).

#### **1.9.2.3. Utilisation de sachets hermétiques en plastique**

Les sachets en plastique hermétiques sont un choix populaire dans les régions où les ravageurs représentent un problème majeur. Ces sachets offrent une protection supplémentaire contre les insectes et l'humidité tout en étant plus accessibles et moins coûteux que les silos modernes. L'efficacité de cette méthode dépend fortement de la qualité des sacs utilisés (BARAKAT et *al.*, 2019).

#### **1.9.2.4. Traitements phytosanitaires et bio-insecticides**

Les traitements phytosanitaires, notamment l'application de bio-insecticides ou de traitements thermiques comme la fumigation ou l'irradiation, sont des méthodes modernes utilisées pour protéger les céréales contre les infestations d'insectes et autres parasites. L'irradiation est particulièrement efficace pour éliminer les œufs et les larves d'insectes, tout en préservant la qualité nutritionnelle des grains (AKINMOLADUN et *al.*, 2021).

### 1.10. Dégâts et pertes causés par *Callosobruchus maculatus*

Parmi les insectes ravageurs des denrées stockées (fig. 13), *Callosobruchus maculatus* (Coléoptère : Chrysomelidae) est considéré comme l'un des principaux bioagresseurs des légumineuses entreposées (SOUTHGATE, 1979). Ses infestations dans les stocks provoquent des pertes économiques et nutritionnelles importantes, se manifestant par :

- Des pertes quantitatives (pondérales) dues à la consommation des graines par les larves, entraînant une réduction du rendement commercialisable (LALE, 2002).
- Une altération qualitative, incluant une diminution de la valeur nutritionnelle (teneur en protéines et glucides) et une baisse du pouvoir germinatif des graines (MBATA et *al.*, 2005).



**Figure 13 :** Graines de *V. unguiculata* infestées par les adultes de *C. maculatus* (Originale, 2025).

# Chapitre II

## Présentation des insectes

## 1. PRESENTATION DEL'INSECTE

### 1.1. Généralités sur les *Bruchidae* (Les coléoptères *Bruchidae*)

L'ordre des Coléoptères, qui comprend environ 200 familles réparties dans trois sous-ordres (Aschrostomates, Adephages, Polyphages), regroupe près de 350 000 espèces, dont plus de 40 % sont connues. C'est dans le sous-ordre des Polyphages que l'on trouve les *Bruchidae*, un groupe d'insectes clétophages dont le développement se déroule généralement à l'intérieur d'une seule graine. Les plantes hôtes sont souvent des légumineuses, bien que ce ne soit pas exclusif. Les bruches, en particulier, sont des ravageurs redoutés à l'échelle mondiale, causant des pertes importantes dans les stocks de graines de légumineuses (DELOBEL et TRAN, 1993). Les dommages qu'elles provoquent soulignent l'importance de mieux comprendre leur biologie et de mettre en place des stratégies efficaces pour les contrôler.

Les différentes espèces de bruches se distinguent par leur comportement, leur morphologie, l'importance des dommages causés et leurs réactions face aux méthodes de lutte. Pour répondre efficacement aux dégâts causés par ces insectes, il est essentiel d'étudier leur taxonomie, biologie et écologie, car la plupart de ces ravageurs sont d'importance économique, notamment dans les régions chaudes du monde (DJOSSOU, 2006). Comprendre leur classification et leur cycle de vie permet de mieux anticiper les attaques. De plus, la gestion de la biodiversité des cultures et l'utilisation de méthodes de lutte appropriées, telles que le contrôle biologique, les pratiques culturales, ou encore l'utilisation d'insecticides, sont cruciales pour limiter les pertes et réduire l'impact sur les cultures.

#### 1.1.1. La Bruche du niébé (*C. maculatus*)

##### 1.1.1.1. Synonymie

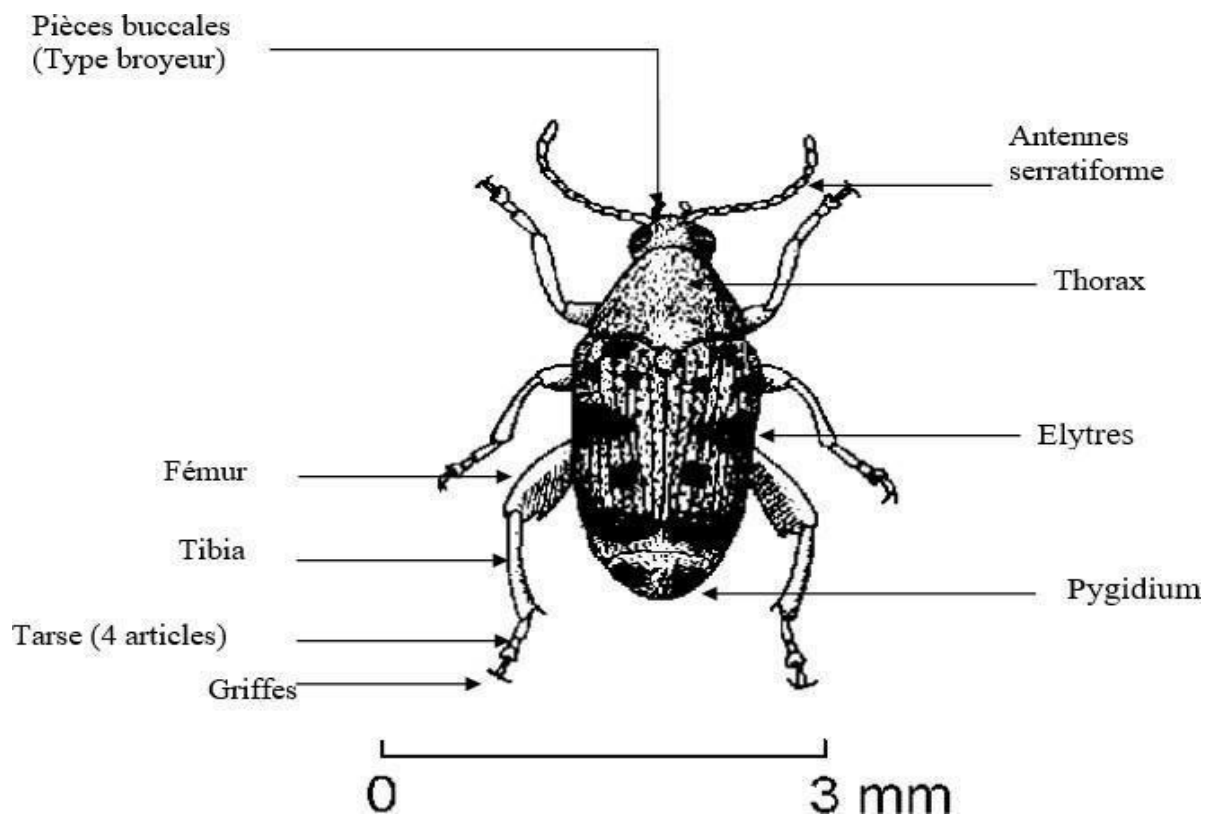
L'espèce *Callosobruchus maculatus* a été décrite pour la première fois par Fabricius en 1775 sous le nom de *Bruchus maculatus*. Elle appartient à la famille des *Bruchidae*, à la sous-famille des *Bruchinae* et au genre *Callosobruchus*. Cette sous-famille, les *Bruchinae*, est spécifiquement associée aux légumineuses (SOUTHGATE, 1979). Au fil du temps, l'espèce a été référencée sous plusieurs synonymes, dont *Bruchus quadrimaculatus* (FABRICIUS, 1792), *Callosobruchus ornatus* (BOHEMAN, 1829), et *Pachymerus quadrimaculatus* (FABRICIUS, 1905), bien que le nom scientifique préféré reste *C. maculatus*. Elle est couramment appelée "bruche à quatre taches" ou "bruche maculée" et est connue sous le nom de Cowpea Weevil en anglais. L'origine de *C. maculatus* est mal documentée, mais DECELLE (1981) suppose qu'elle pourrait être originaire d'Afrique. L'espèce est aujourd'hui

Considérée comme cosmopolite, bien que son origine africaine soit confirmée par SOUTHGATE (1964) citée par DELACRUZ PEREZ et *al.* (2013). La position systématique de cette espèce a été clarifiée par BRIDWELL (1929) et SOUTHGATE (1979). Récemment, certains chercheurs tendent à classer les bruches dans la famille des Chrysomelidae (KERGOAT et *al.*, 2007).

#### 1.1.1.2. Position systématique

Selon BALACHOWSKY (1962), *C. maculatus* occupe la position systématique suivante :

|                      |                                      |
|----------------------|--------------------------------------|
| Embranchement :      | Arthropodes                          |
| Sous Embranchement : | Hexapode                             |
| Classe :             | Insectes                             |
| Sous Classe :        | Ptérygotes                           |
| Ordre :              | Coléoptères                          |
| Famille :            | Bruchidés                            |
| Genre :              | <i>Callosobruchus</i> .              |
| Espèce :             | <i>Callosobruchus maculatus</i> (F). |



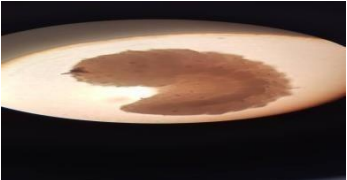
**Figure 14 :** Adulte du bruché du niébé, *C. maculatus* (F) (LEPESME, 1944)

### 1.1.1.3. Description et développement de *C. maculatus*

Le Tableau 3 présente de manière détaillée les différents stades du développement de *Callosobruchus maculatus*, de l'œuf à la nymphe. Il décrit avec précision les caractéristiques morphologiques et biologiques de chaque phase, en s'appuyant sur les travaux de BALACHOWSKY, A. S. (1962), OUEDRAOGO, A. P. (1991), DELOBEL, A. et TRAN, M. (1993), ainsi qu'AIT AIDER, M. (2017). Ces données sont essentielles pour mieux comprendre le cycle de vie de ce ravageur redoutable du niébé.

**Tableau 3** : Explique Stades de développement, description morphologique et cycle de vie de *Callosobruchus maculatus*.

| L'état | Caractéristiques et description                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Photo                                                                                                                                                                                                          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| L'œuf  | <p><b>-Forme de l'œuf</b> : L'œuf possède une forme ovoïde avec deux extrémités : Une extrémité antérieure en forme de cône et une extrémité postérieure arrondie. Mesure entre 0,4 et 0,7 mm de long et entre 0,3 et 0,4 mm de large.</p> <p><b>-Sa couleur</b> après la ponte, l'œuf est de couleur blanc translucide, devenant blanc laiteux après l'éclosion.</p> <p>-L'œuf adhère à la surface grâce à <b>un liquide adhésif</b> sécrété au moment de la ponte. Ce liquide se solidifie à l'air, maintenant l'œuf en place même après l'éclosion.</p> <p><b>- Phéromones de marquage</b> : Lors de la ponte, une phéromone de marquage est déposée avec l'œuf. Cela permet à la femelle d'éviter les graines fortement infestées, réduisant ainsi la compétition larvaire.</p> |  <p><b>Figure 15</b> : Les oeufs de <i>C. maculatus</i> pondus sur la graine de niébé (<b>Originale. 2025</b>) (Grx10).</p> |

|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>La larve</b></p> <p>Les stades larvaires : <i>C. maculatus</i> présente 4 stades larvaires et un stade nymphal :</p> | <p>- <b>La larve néonate (L1)</b>, de type chrysomélien, est blanchâtre avec une plaque prothoracique et trois paires de pattes non fonctionnelles.</p> <p>-<b>Le stade L2</b>, de type rhynchophorien, est apode, blanchâtre, avec une tête brun- jaunâtre munie d'antennes ; elle creuse une première logette pour muer.</p> <p>-<b>La larve L3</b>, également sans pattes, agrandit la galerie et crée une seconde logette, gagnant en volume.</p> <p>-<b>Le stade L4</b> ne diffère des précédents que par sa taille accrue ; il forme une troisième logette où s'effectuera la nymphose.</p> <p>- <b>La nymphe</b> : elle est au départ blanchâtre et portant encore sur sa face ventrale l'exuvie de la larve du 4ème stade. Par la suite, ses organes se sclérifient progressivement pour donner l'imago. La nymphose a lieu dans la logette construite par la L4 (la 3<sup>ème</sup> logette). Avant d'émerger, l'imago reste dans cette logette 24 à 48 heures.</p> | <div data-bbox="895 226 1243 405">  </div> <div data-bbox="1267 226 1460 371"> <p><b>Figure 16 :</b><br/>Larve L1 de <i>C. maculatus</i> sous le chorion de</p> </div> <div data-bbox="895 439 1243 624">  </div> <div data-bbox="1267 439 1460 584"> <p><b>Figure 17 :</b><br/>Larve L2 de <i>C. maculatus</i> (Grx80).</p> </div> <div data-bbox="895 658 1243 837">  </div> <div data-bbox="1267 658 1485 837"> <p><b>Figure 18 :</b><br/>Larve L3 de <i>C. maculatus</i> (Originale,2025) (Grx80).</p> </div> <div data-bbox="895 866 1243 1052">  </div> <div data-bbox="1267 887 1460 1032"> <p><b>Figure 19 :</b><br/>Larve L4 de <i>C. maculatus</i> (Grx10).</p> </div> <div data-bbox="895 1099 1243 1285">  </div> <div data-bbox="1267 1106 1485 1285"> <p><b>Figure 20 :</b><br/>Nymphes de <i>C. maculatus</i> (Originale,2025) (Grx20).</p> </div> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Adultes</b> | <p>- <b>L'adulte</b>, après la nymphose, émerge de la graine et entame un nouveau cycle de vie en passant par la fenêtre de sortie préparée par la larve âgée. Il mesure entre 2,8 et 3,5 mm de long. Généralement, il est de couleur noire et rousse, avec des variations intermédiaires entre ces deux couleurs. <i>C. maculatus</i> présente un corps oblong, typique des Bruchidae, entièrement couvert de soies blanches à jaunâtres. Avec des zones rousses recouvertes d'une pubescence blanche et dorée, formant souvent un X plus ou moins marqué sur les deux élytres.</p> |  <p><b>Figure 21</b> : Adulte de <i>C. maculatus</i>. (A) : Vue dorsale d'une femelle ; (B) : vue dorsale d'un mâle (<b>Originale, 2025</b>).</p> |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 1.1.1.4. Le cycle biologique

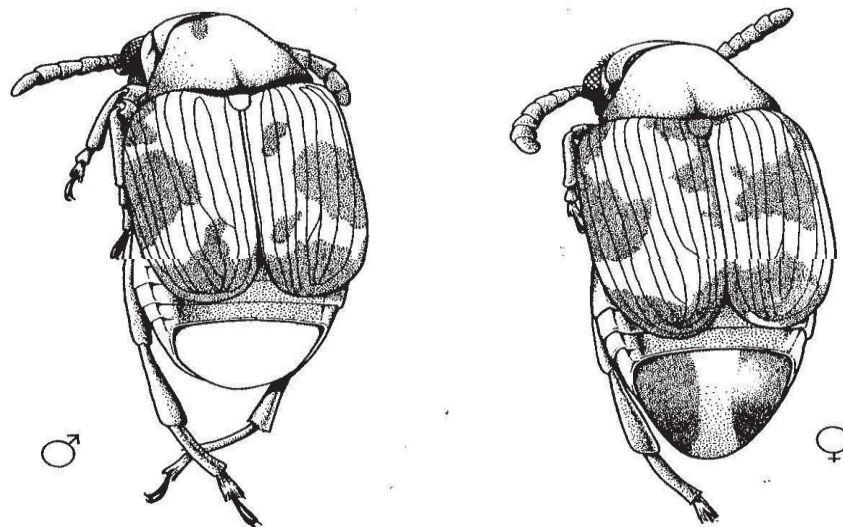
Le cycle biologique de *C. maculatus* F. s'accomplit en 28 jours en laboratoire, à une température de 27 °C et une humidité relative de 70 % (HOFFMANN, 1945). Selon KELLOUCHE (2005), la durée moyenne du cycle de développement, de l'œuf à l'adulte, est de  $28 \pm 3$  jours dans les graines de niébé. L'incubation des œufs dure environ une semaine, le développement larvaire prend 15 jours et la nymphose dure 6 jours (tab. 4).

**Tableau 4** : Mensuration et durée des différents états et stades larvaires de *C. maculatus* (KELLOUCHE, 2005).

| Etats et stades larvaires       | Longueur(mm)    | Largeur(mm )    | Durée moyenne (jours) |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| Embryogenèse                    | □               | □               | $7 \pm 1$             |
| Larve du 1 <sup>er</sup> stade  | $0,54 \pm 0,08$ | $0,32 \pm 0,05$ | $2 \pm 1$             |
| Larve du 2 <sup>ème</sup> stade | $0,68 \pm 0,04$ | $0,39 \pm 0,03$ | $2 \pm 1$             |
| Larve du 3 <sup>ème</sup> stade | $1,12 \pm 0,49$ | $0,68 \pm 0,17$ | $6 \pm 1$             |
| Larve du 4 <sup>ème</sup> stade | $3,76 \pm 0,28$ | $2,03 \pm 0,26$ | $5 \pm 1$             |
| Nymphose                        | □               | □               | $6 \pm 1$             |
| Durée totale en jours           | □               | □               | $28 \pm 1$            |

### 1.1.1.5. Le dimorphisme sexuel

Les mâles sont généralement plus petits et présentent une coloration plus rougeâtre que les femelles (fig. 22). Ils se différencient de ces dernières par le pygidium (la partie terminale de l'abdomen), qui est largement découpé au niveau du dernier anneau ventral, tandis qu'il reste intact chez les femelles (LEPESME, 1944). De plus, chez les mâles, les antennes sont plus larges à partir du septième article.



**Figure 22 :** Les plaques abdominales postérieures (pygidium) chez le mâle et la femelle de *C. maculatus* (BECK et BLUMER, 2014).

### 1.1.2. La Bruche du niébé (*Bruchidius atrolineatus*)

#### 1.1.2.1. Synonymes de *Bruchidius atrolineatus*

Le nom scientifique *Bruchidius atrolineatus* est actuellement l'appellation la plus largement reconnue et utilisée pour désigner cette espèce. Toutefois, en raison des révisions taxonomiques passées et des classifications anciennes, certains synonymes ont été employés pour désigner cette espèce. Parmi ces anciens noms, on retrouve :

- *Bruchus atrolineatus* – Ce nom a été utilisé dans le passé pour classer l'espèce sous le genre *Bruchus*, un groupe qui inclut plusieurs coléoptères parasites des graines. Cependant, à la suite de révisions taxonomiques, cette espèce a été transférée dans le genre *Bruchidius*.

- *Bruchidius viridis* – Ce nom a été attribué à ce coléoptère dans des publications antérieures, mais aujourd'hui, l'identification de cette espèce sous ce nom est largement abandonnée en faveur de *Bruchidius atrolineatus*.

- *Bruchidius rufipes* – Ce synonyme peut également apparaître dans des références anciennes, bien que la classification moderne considère *Bruchidius atrolineatus* comme une espèce distincte, excluant ainsi l'utilisation du nom *Bruchidius rufipes*.

### 1.1.2.2. Position systématique

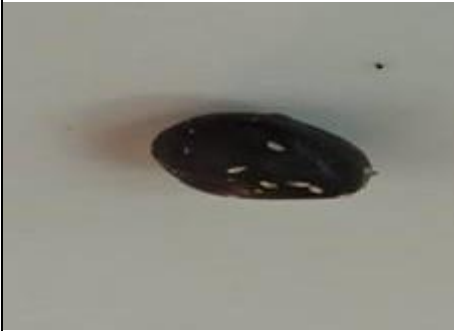
L'espèce a été décrite pour la première fois par l'entomologiste français Maurice Pic en 1912.

|                |                                            |
|----------------|--------------------------------------------|
| Règne :        | Animalia                                   |
| Phylum :       | Arthropoda                                 |
| Classe :       | Insecta                                    |
| Ordre :        | Coleoptera                                 |
| Famille :      | Bruchidae                                  |
| Sous-famille : | Bruchinae                                  |
| Genre :        | <i>Bruchidius</i>                          |
| Espèce :       | <i>Bruchidius atrolineatus</i> (Pic, 1912) |

### 1.1.2.3. Description et développement de *Bruchidius atrolineatus*

Le Tableau 5 synthétise les principales étapes du cycle de vie de *Bruchidius atrolineatus*, en détaillant la morphologie et les comportements associés à chaque stade de développement. Cette description s'appuie sur des études clés telles que celles de PIC, M. (1912), HAGEDORN, H. (1993), McFADDEN, C. S. et KANESHIRO, K. Y. (2003), CALDARA, R. et LANTERI, A. A. (2000), TANNO, K. (2008), JOHNSON, C. D. et FAGAN, L. L. (2009), LEFEBVRE, C. et CHARDONNET, L. (2010), ou encore SHIGA, M. et IWATA, R. (2011).

**Tableau 5 :** Explique Stades de développement, description morphologique et cycle de vie de *Bruchidius atrolineatus*

| L'état   | Caractéristique et description                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Photo                                                                                                                                                                                                    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| L'œuf    | <p><b>La taille</b> de l'œufs sont généralement petits, mesurant entre 0,7 et 1 mm de longueur, <b>La forme</b> Ils sont ovalaires et légèrement allongés.</p> <p>Leur couleur est blanchâtre, parfois légèrement translucide lorsqu'ils sont frais.</p> <p><b>Structure :</b> L'œuf possède une coque relativement dure, ce qui permet une meilleure protection contre les prédateurs et les conditions extérieures pendant la phase de développement initial.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  <p><b>Figure 23 :</b> Les œufs de <i>B. atrolineatus</i> pondus sur la graine de niébé (Originale, 2025) (Grx10).</p> |
| La larve | <p>- <b>Forme</b> des larves sont vermiformes, c'est-à-dire en forme de ver, et présentent un corps allongé et segmenté.</p> <p>- <b>Taille</b> à l'éclosion, elles mesurent environ 1 à 2 mm de long et peuvent atteindre une taille plus grande lors de leur développement, jusqu'à 7 mm</p> <p>- <b>Couleur :</b> Les larves sont blanches à crème au début de leur développement, mais elles peuvent devenir plus jaunes ou légèrement brunâtres à mesure qu'elles se nourrissent du grain et qu'elles se développent à l'intérieur.</p> <p>- <b>Caractéristiques Anatomiques :</b> La tête de la larve est petite et relativement peu distincte du reste de son corps. Elle est équipée de pièces buccales adaptées à la consommation des graines</p> <p>- <b>Métamorphose :</b> Les larves se transforment en pupe à l'intérieur du grain, en attendant de se transformer en adultes. La pupaison se fait dans la cavité qu'elles ont creusée dans le grain.</p> | <p>(L'état larvaire n'a pas pu être documenté par photographie dans le cadre de cette étude.)</p>                                                                                                        |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                              |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adulte | <p><b>Mâle :</b></p> <p><b>-Taille :</b> Le mâle est généralement plus petit que la femelle. En moyenne, les mâles mesurent environ 2 mm de long.</p> <p><b>-Comportement :</b> Le mâle est souvent plus actif dans la recherche de partenaires pour la reproduction. Il peut être observé en train de se déplacer entre les graines pour rencontrer une femelle.</p> <p><b>-Antennes :</b> Les mâles possèdent des antennes relativement longues, souvent plus fines que celles des femelles, ce qui les aide dans la détection des phéromones émises par la femelle.</p>                                               |  <p>a</p>  |
|        | <p><b>Femelle :</b></p> <p><b>- Taille :</b> La femelle est généralement plus grande que le mâle, atteignant environ 3 mm de long.</p> <p><b>- Comportement :</b> Elle choisit soigneusement les graines sur lesquelles déposer ses œufs. Elle peut pondre plusieurs œufs au cours de sa vie.</p> <p><b>-Appareil reproducteur :</b> La femelle possède un appareil reproducteur spécialisé pour la ponte des œufs, et elle est équipée de structures permettant de déposer les œufs dans des crevasses ou sur la surface des graines, afin de protéger les œufs des prédateurs et des conditions environnementales.</p> |  <p>b</p> |

**Figure 24 :** Adulte de *Bruchidius atrolineatus* (b) : Vue dorsale d'une femelle ; (a) : vue dorsale d'un mâle. (Originale, 2025).

#### 1.1.2.4. Le cycle de vie de *Bruchidius atrolineatus*.

Le cycle de vie de *Bruchidius atrolineatus* commence lorsque la femelle pond ses œufs sur des graines de légumineuses, avec une incubation de 4 à 7 jours. Après l'éclosion, la larve pénètre dans le grain, se nourrit du cotylédon et passe par plusieurs stades de croissance pendant 2 à 4 semaines. Elle se transforme ensuite en pupe dans une cavité du grain, durant 1 à 3 semaines. L'insecte adulte émerge après la métamorphose, mesure environ 2 à 3 mm et peut voler pour se déplacer d'un grain à l'autre. Enfin, l'adulte se reproduit et dépose ses œufs sur de nouvelles graines. Le cycle complet dure entre 6 et 8 semaines, selon les conditions environnementales (PIC, 1912).

## 2. Lutte biologique

La lutte biologique consiste à utiliser des ennemis naturels ou des substances d'origine biologique pour contrôler les populations de ravageurs. Cette approche présente des avantages économiques et environnementaux en contribuant au maintien de l'équilibre écologique (POWELL & JUTSUM, 1993).

### 2.1. Phytothérapie (insecticides d'origine végétale)

Face aux préoccupations croissantes concernant les effets environnementaux et sanitaires des insecticides chimiques de synthèse, des efforts sont déployés pour développer des alternatives, notamment les insecticides d'origine végétale. Ces substances, issues de composés secondaires de plantes, présentent une activité biologique avérée contre divers insectes ravageurs en laboratoire (ISMAN, 1997).

L'utilisation de ces substances dans la protection des graines de légumineuses peut prendre plusieurs formes :

- **Extraits aqueux** : Solutions obtenues par trempage de feuilles ou d'écorces de plantes, utilisées pour leurs effets insecticides (FOUABI & GAKURU, 1996).
- **Extraits organiques** : Substances actives extraites à l'aide de solvants. Par exemple, le méthanol extrait du thym (*Thymus vulgaris*), la pulégone extraite de la menthe pouliot (*Mentha pulegium*) et l'eugénol extrait du clou de girofle (*Eugenia caryophyllus*) ont démontré une efficacité insecticide notable (Regnault-Roger et al., 1993 ; Isman, 2000).
- **Huiles végétales** : Utilisées en protection des plantes sous forme d'émulsions, ces huiles agissent par formation d'un film imperméable, isolant l'insecte de l'air et provoquant son asphyxie (REGNAULT-ROGER & HAMRAOUI, 1995; WEINZIERL, 1997).

- **Huiles essentielles :** Employées depuis longtemps pour la protection des graines entreposées contre les ravageurs, ces huiles sont appliquées sous forme d'émulsions (REGNAULT-ROGER *et al.*, 1993; THIBOUT & AUGER, 1997).

### 2.1.1. Définition

Le terme « huile » fait référence à la capacité de ces composés à se dissoudre dans les graisses, en raison de leur caractère hydrophobe. Quant à l'adjectif « essentielle », il renvoie à l'odeur caractéristique émise par les plantes, qui peut varier en intensité (LAIB, 2010). Les huiles essentielles sont des métabolites secondaires produits par les plantes, principalement pour se défendre contre les ravageurs phytophages. Ces extraits contiennent en moyenne entre 20 et 60 composés, principalement constitués de molécules relativement simples, telles que les monoterpènes et leurs dérivés phénoliques, ainsi que des terpènes plus complexes, comme les sesquiterpènes (CHIASSON et BELOIN, 2007).

### 2.1.2. Localisation

Elles (HE) sont largement distribuées à travers le règne végétal, certaines familles étant particulièrement riches en ces composés, comme les Labiacées. Elles peuvent être présentes dans divers organes végétaux : sommités fleuries (par exemple, la menthe), écorces (comme le cannelier), racines (vétiver), rhizomes (gingembre), fruits (anis, fenouil, badianier), et même dans plusieurs organes d'une même plante, où leur composition peut varier selon l'organe. Ces HE peuvent être localisées dans des cellules sécrétrices isolées, comme chez les Lauracées, mais elles se trouvent généralement dans des organes sécréteurs tels que les poches sécrétrices par schizogénèse (exemple des Rutacées), les canaux sécréteurs (conifères, ombellifères) ou encore les poils sécréteurs (Labiacées, Composées) (BRUNETON, 1999).

### 2.1.3. Action

Les huiles essentielles sont reconnues pour leurs propriétés répulsives et dissuasives, attribuées principalement à leurs constituants terpénoïdes, qui se révèlent toxiques par contact pour une large gamme d'insectes. Ces composés agissent comme des neurotoxines en perturbant le fonctionnement de l'octopamine, un neurotransmetteur propre aux arthropodes, ce qui explique leur faible toxicité pour les mammifères.

Les monoterpènes, quant à eux, présentent une toxicité aiguë lorsqu'ils sont inhalés par les insectes adultes. En outre, ces composés exercent une activité ovicide et larvicide à différents stades du développement des ravageurs. Par ailleurs, les polyphénols, bien que moins puissants, affectent progressivement la motricité des insectes, entraînant une diminution

de leur activité biologique sur le long terme (REGNAULT-ROGER et *al.*, 1995; REGNAULT-ROGER et *al.*, 2002).

Selon CHARARAS (1989) et STEBLET (1989), les plantes aromatiques et leurs composés allélochimiques induisent divers effets sur les insectes, classés selon leur mode d'action en trois catégories principales :

- Des substances défensives ayant des effets toxiques et répulsifs ;
- Des composés antiphagostimulants ou inhibiteurs de la digestion ;
- Des molécules attractives favorisant la capture ou la ponte.

Ces molécules allélochimiques présentent une action sélective, modulée en fonction du stade physiologique et du cycle reproductif de l'insecte, rendant leur sensibilité variable au cours du temps. De plus, leur spécificité permet un ciblage précis des espèces nuisibles à des moments clés de leur développement (REGNAULT-ROGER, 1999; REGNAULT-ROGER & HAMRAOUI, 1995).

### 3. Présentation botanique des plantes étudiée

#### 3.1. *Mentha spicata* L.

##### 3.1.1. Description botanique

La *Mentha spicata* L., plus connue sous le nom de menthe verte (fig. 25), est une plante herbacée vivace de la famille des Lamiacées. Elle présente des tiges quadrangulaires, droites et rameuses, qui atteignent une hauteur de 25 à 75 cm. Les feuilles, presque sessiles, sont lancéolées, mesurant entre 3 et 5 cm de long et 1 à 2 cm de large, avec une couleur vert sombre. Les jeunes feuilles sont d'un vert plus clair et brillant. Les fleurs, regroupées en verticilles, sont généralement rosées ou lilas et forment des épis allongés. Les étamines dépassent de la corolle et sont espacées entre elles. Très répandue en Afrique du Nord, notamment en Algérie et au Maroc, la menthe verte est également cultivée en Europe et dans d'autres régions pour ses propriétés aromatiques et médicinales (PARIS et MOYSE, 1965; AIT-OUAHIOUNE, 2005).



**Figure 25 : Menthe vert  
(Originale, 2025)**

Ses stolons souterrains lui permettent une propagation efficace. Cultivée principalement pour son huile essentielle, la menthe verte est également appréciée pour sa richesse en polyphénols, conférant des propriétés antioxydantes importantes (ANTON, 2005).

### 3.1.2. Position systématique de la menthe verte selon Cronquist (1981)

Règne :            Plantae  
Division :        Magnoliophyta  
Classe :           Magnoliopsida  
Ordre :            Lamiales  
Famille :          Lamiaceae  
Genre :            *Mentha*  
Espèce :          *Mentha spicata* L., 1753

## 3.2. *Ocimum basilicum*

### 3.2.1. Description botanique

Le basilic (*Ocimum basilicum*) est une plante herbacée annuelle, généralement ligneuse, avec des tiges simples, quadrangulaires, qui sont soit glabres, soit recouvertes de poils blancs très fins (Pousset, 2004). Les feuilles, opposées et décussées, sont pétiolées et de forme ovale (fig. 26), mesurant environ 7 cm de long sur 3 cm de large, avec une coloration vert foncé (ANTON et LOBSTEIN, 2005). Les fleurs de cette plante sont hermaphrodites et zygomorphes, regroupées par six et disposées en verticilles. La corolle est bilabée, avec la lèvre supérieure composée de quatre pétales dorsaux blancs. La lèvre inférieure est constituée d'un seul pétale ventral, particulièrement développé, concave et aplati. Les étamines sont au nombre de deux, et l'ovaire est supère, formé de deux loges, chacune contenant deux ovules. Le fruit du basilic est un tétrakène, contenant une seule graine de couleur noire.



**Figure 26 : Basilic (Originale, 2025)**

### 3.2.2. Position systématique du Basilic selon CRONQUIST (1981)

Règne : Plantae  
Division : Magnoliophyta  
Classe : Magnoliopsida  
Ordre : Lamiales  
Famille : Lamiaceae  
Genre : *Ocimum*  
Espèce : *Ocimum basilicum* L., 1753

### 3.3. *Eucalyptus radié*

#### 3.3.1. Description botanique

L'*Eucalyptus radiata* est un arbre de grande taille, pouvant atteindre entre 30 et 50 mètres de hauteur (CHABERT, 2013). Son écorce, de couleur blanchâtre et de texture fibreuse, se détache en longs rubans caractéristiques. Les rameaux jeunes présentent une teinte verte.

Les feuilles, persistantes, simples et disposées de manière alterne, sont étroites, lancéolées et pointues à leur extrémité (fig. 27). Elles mesurent généralement entre 7 et 15 cm de long et 1 à 2 cm de large. La floraison se présente sous forme d'ombelles composées de 11 à 20 fleurs de teinte jaune crème. Les fruits sont des capsules à déhiscence poricide, de forme variable – globuleuse, hémisphérique ou piriforme – et mesurent environ 4 à 6 mm de diamètre.



**Figure 27 : *Eucalyptus radié*  
(Originale,2025)**

### 3.3.2. Position systématique de l'eucalyptus radié selon CRONQUIST (1981).

Règne : Plantae  
Sous règne : Tracheobionta  
Division : Magnoliophyta  
Classe : Magnoliopsida  
Sous classe : Rosidae  
Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Eucalyptus*

Espèces : *Eucalyptus radiata* Sieber ex D.G 1828.

# Chapitre III

## Matériel et méthodes

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Matériel du laboratoire

Le matériel suivant est nécessaire pour la réalisation de l'expérience (fig. 28) :

- Une étuve réfrigérée réglée à une température de  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $70 \pm 5\%$ , qui correspondent aux conditions optimales de développement du bruche du niébé, *C. maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*.
- Une loupe binoculaire pour pouvoir observer aux deux grossissements  $\times 10$  et  $\times 40$  les insectes pour reconnaître les deux sexes et observer les différents stades de développement. Une micropipette (0.5-10 $\mu\text{l}$ ) pour un pipetage de précision des huiles essentielles.
- Des bocaux en verre de 1L de capacité pour les élevages de masse de l'insecte.
- Des boîtes de Pétri en verre (de 9 cm de diamètre et de 2 cm de hauteur) pour réaliser les tests de répulsion et de contact de trois huiles essentielles (Menthe, Basilic et Eucalyptus).
- Une balance de précision pour peser les graines pour le test de contact.
- Du papier filtre.



**Une étuve réglée**



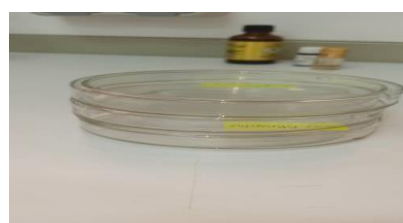
**Loupe binoculaire**



**Bocal en verre (1L)**



**Micropipette (0.5-10 $\mu\text{l}$ )**



**Boîte de Pétri en verre**



**Papier filtre**

**Figure 28** : Matériel utilisé au laboratoire pour les différents tests (Originale, 2025).

## **1.2. Matériels biologiques**

### **1.2.1. Les bruches**

Les insectes utilisés sont les bruches *C. maculatus* et *B. atrolineatus* issues d'un élevage de masse réalisé dans des bocaux en verre de 1 L remplis à moitié de graines de niébé au laboratoire de zoologie de l'Université de Ghardaïa. Les individus utilisés dans les différents tests de toxicité sont des bruches adultes âgées de 0 à 24 h.

### **1.2.2. Le haricot dolique**

Les graines de niébé utilisées pour les divers tests proviennent du marché local et ont été conditionnées dans des sachets en plastique. Des tris préliminaires sont effectués à chaque fois. Ils sont effectués pour éliminer toutes les graines infestées par des insectes et pour s'assurer que le matériel testé est de la meilleure qualité possible.

### **1.2.3. Les huiles essentielles**

Trois huiles essentielles ont été testées durant l'étude : deux extraites dans le laboratoire de biochimie de l'Université de Ghardaïa (menthe et basilic, Lamiacées) et celle issue des Myrtacées (eucalyptus) a été achetée sur le marché.

## **1.3. Matériels pour l'extraction des huiles essentielles**

### **1.3.1. L'appareil de Clevenger**

L'appareil de Clevenger, conçu en 1928 par Joseph Franklin Clevenger, est un dispositif en verre borosilicaté destiné à l'extraction et à la mesure des huiles essentielles par Hydrodistillation (CLEVANGER, 1928). Il est constitué d'un ballon chauffé contenant un mélange de plantes et d'eau, d'un réfrigérant à circulation d'eau froide pour condenser les vapeurs, et d'un tube gradué (récepteur) permettant la récupération et la mesure des huiles essentielles séparées de l'eau par différence de densité. Le principe de fonctionnement repose sur la co-distillation des composés volatils avec la vapeur d'eau, leur condensation dans le réfrigérant, et leur séparation naturelle dans le tube collecteur. L'huile essentielle, étant non miscible à l'eau, forme une couche distincte qui peut être mesurée avec précision (GUENTHER, 1948; STAHL, 1969).

### 1.3.2. Méthode d'extraction des huiles essentielles

Le processus de préparation du matériel et des plantes passe par :

- **Assèchement des plantes aromatiques menthe et Basilic** les plantes de *Mentha spicata* L. et *Ocimum basilicum* ont été soumises à un séchage traditionnel domestique, réalisé à température ambiante dans un environnement sec, bien ventilé et sans exposition directe au rayonnement solaire, après un lavage préalable à l'eau claire.
- **Broyage des plantes pour une** extraction optimale de l'huile.
- **Pesée exacte de la quantité de plante** (200g par lots et selon le volume d'un ballon de Clevenger (**Partie 1**)).

Le processus du montage de l'appareil de Clevenger est le suivant :

- **Assemblage** du ballon, du réfrigérant et du récepteur.
- **Mettre** 200 g de poudre de plante dans un ballon avec 1 L et 250 ml d'eau distillée pour recouvrir la plante.
- **Placer** le contenu sur l'appareil, puis le démarrer et le laisser **fonctionner** pendant trois heures pour chauffer le mélange.
- **Extraction** de l'huile dans la (**Partie 2**).

La récupération, la séparation et le stockage de l'huile se font comme suit :

- **Arrêt** du chauffage.
- **Récupération** de l'huile une fois l'extraction **terminée**.
- **Collecte** de l'huile essentiel avec une **pipete/seringue** à partir du collecteur.
- **Ajout** d'1/4 de spatule de **sulfate** pour la séparation.
- **Stockage** de l'huile dans un petit flacon spécial (**Partie 03**).

Les étapes décrites dans la figure 29 exposent les différentes étapes de l'extraction d'huile essentielle.

## Partie 1



Basilic séché



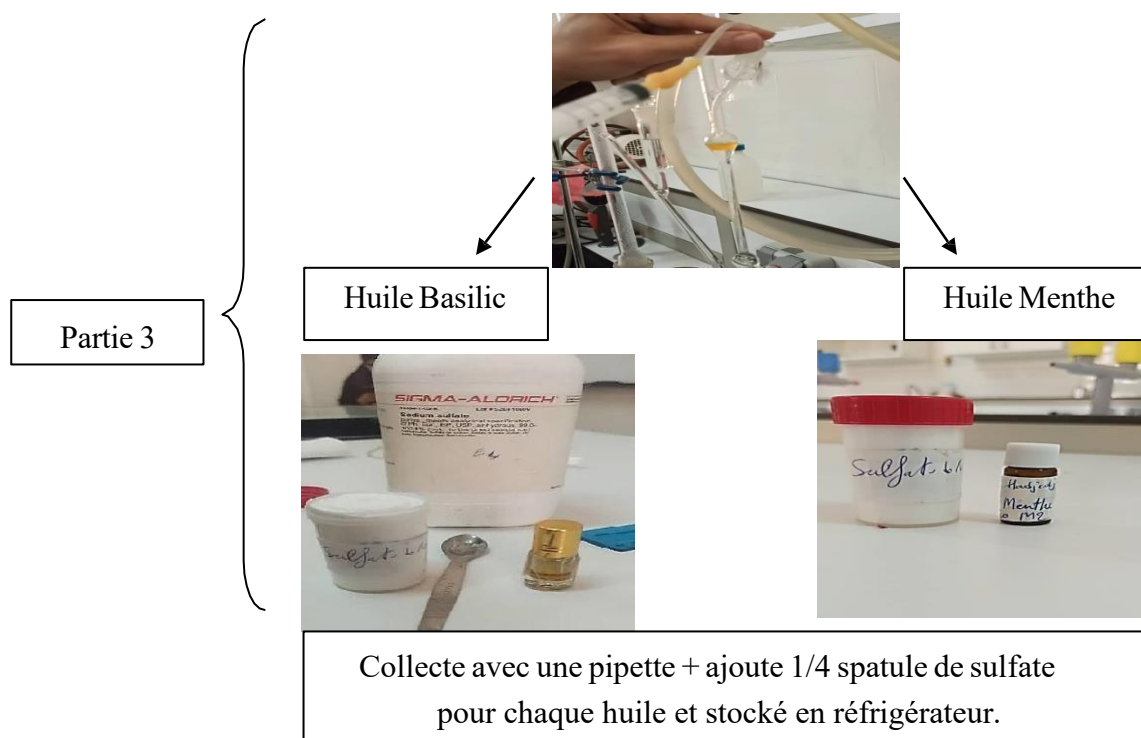
Menthe séchée

Broyeur à couteaux  
Pulverisette.Poids de la poudre  
après broyage.

## Partie 2



Ajoute la poudre de la plante (200g) + 1L et 250ml de  
l'eau distillée + durée de 3 heures.



**Figure 29 :** Schéma représentant les étapes de l'extraction des huiles essentielles par l'appareil de Clevenger : préparation, distillation et récupération (**Originale, 2025**).

## 1.4. METHODES

### 1.4.1. Elevage de masse

L'élevage de masse de *C. maculatus* et *Bruchidius atrolineatus* est réalisé dans des bocaux en verre. Chaque bocal contient une quantité de grains de niébé, infestés et sains (bien séchés), ainsi que des individus de l'insecte ravageur. Ces derniers sont obtenus à partir d'un élevage de base réalisé au laboratoire (fig. 30).

Les bocaux d'élevage sont maintenus dans des conditions de température de 30°C à et une humidité relative d'environ 70%, pendant 30 jours.

L'objectif de cet élevage est de produire un nombre suffisant d'individus adultes âgés de 0 à 24 h, nécessaires pour conduire les tests de toxicité de l'huile essentielle de la menthe, du basilic et d'eucalyptus.



**Figure 30** :Elevage de masse de *C. maculatus* et *Bruchidius atrolineatus* (Originale, 2025).

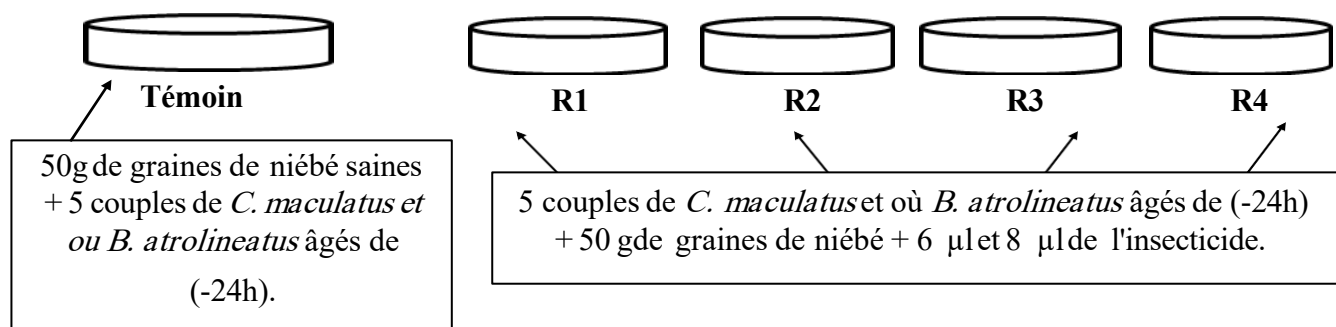
### 1.4.2. Tests biologiques

L'effet de l'huile essentielle de *Mentha spicata* et de *Ocimum basilicum* extraites en laboratoire, et une l'HE commerciale d'eucalyptus sur *C. maculatus* et *Bruchidius atrolineatus* a été vérifié au laboratoire et évalué par contact, pour l'effet répulsif et par inhalation.

#### 1.4.2.1. Traitements par contact

Le dispositif expérimental est le suivant (fig. 31) :

- Des boîtes de Pétri, de 9 cm de diamètre et de 2 cm de hauteur,
- Introduire 50 gde grains sains de niébé
- Les graines sont ensuite traitées avec l'une des trois huiles essentielles (menthe, basilic et eucalyptus), à différentes doses (6  $\mu$ l, et 8  $\mu$ l).
- Après avoir bien mélangé l'huile essentielle avec les graines, 5 couples de *C. maculatus* et 5 individus de *B. atrolineatus*.
- Les bruches âgés de 0 à 24 heures sont introduits dans les boîtes de Pétri. Ces dernières sont mises ensuite dans une étuve contrôlée ( $30 \pm 1^\circ\text{C}$  et  $70 \pm 5\%$  d'humidité relative).
- Quatre répétitions ont été réalisées pour chaque huile essentielle, et pour chaque dose, ainsi que pour les lots témoins (graines non traitées).



**Figure 31** : Dispositif expérimental du test de contact appliqué aux adultes de *C. maculatus* et *B. atrolineatus*, traités à différentes doses (6 et 8 µL) de chacune des huiles essentielles (menthe, basilic et eucalyptus) pour toutes les répétitions.

#### 1.4.2.2. Test de répulsivité

Ce test consiste à étudier l'effet répulsif des trois huiles essentielles sur les adultes de *C. maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*. Pour le réaliser, les étapes suivantes ont été suivies (fig. 32) :

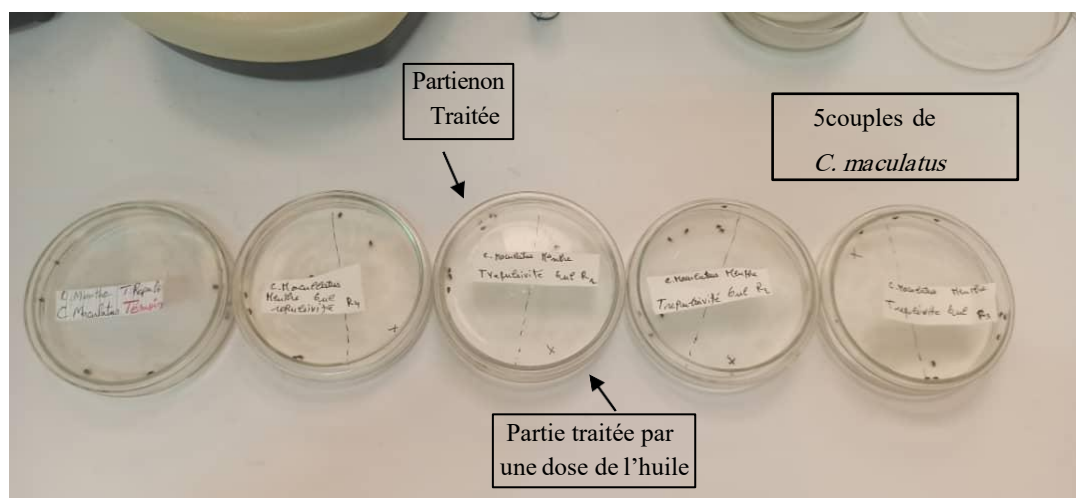
- Découper en deux parties égales un disque de papier filtre de 11 cm de diamètre.
- Préparer deux doses différentes de 6 µL et 8 µL pour chaque huile essentielle, ainsi qu'un témoin. Réalisation quatre répétitions par dose.
- Pour chaque répétition, traiter un demi-disque avec la dose d'huile essentielle et laisser l'autre demi-disque non traité. Fixer les deux moitiés, côte à côte, à l'aide d'une bande adhésive et les placer dans une boîte de Pétri.
- Déposer cinq couples de bruches adultes (âgées de moins de 24 h) au centre de la boîte.
- Après 30 minutes, puis après 1 heure, compter le nombre de bruches présentes sur la partie du disque traité avec l'huile essentielle et le nombre d'individus sur la partie non traitée.

Le pourcentage de répulsion (PR) est calculé comme suit :

$$PR(\%) = [(NC - NT) / (NC + NT)] \times 100$$

**NC** : Le nombre d'insectes présents sur la partie non traitée

**NT** : Le nombre d'insectes présents sur la partie traitée avec l'huile.



**Figure 32** : Dispositif expérimental des tests de répulsivité (Originale, 2025).

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives, selon le classement de MC DONALD et *al.* (1970) (tab. 6).

**Tableau 6** : Pourcentage de répulsivité selon MC DONALD et *al.* (1970)

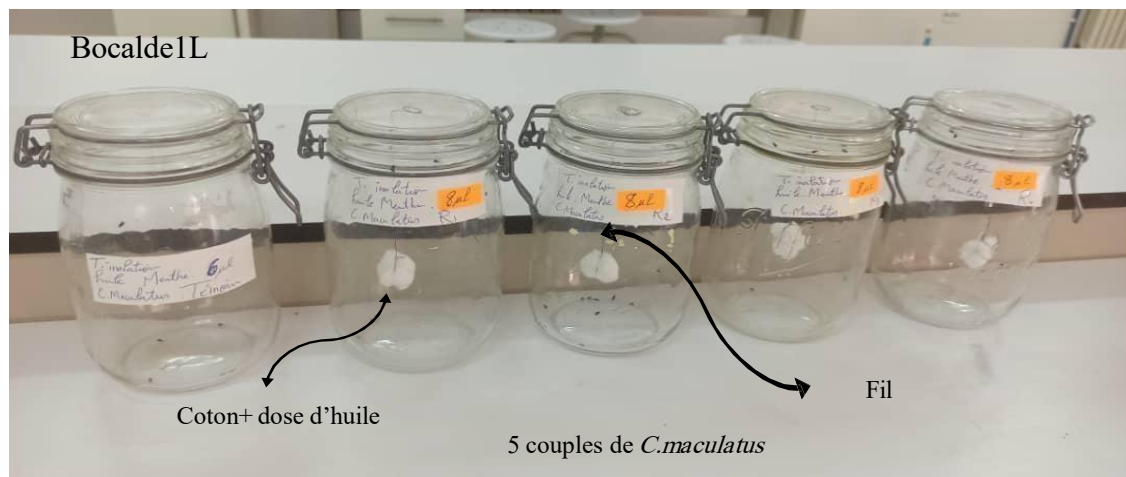
| Classe   | Classe intervalle de répulsion | Propriétés de la substance testée |
|----------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Classe 0 | PR < 0,1 %                     | Non répulsive                     |
| Classe 1 | 10 – 20 %                      | Très faiblement répulsive         |
| Classe 2 | 20 – 40 %                      | Faiblement répulsive              |
| Classe 3 | 40 – 60 %                      | Modérément répulsive              |
| Classe 4 | 60 – 80 %                      | Répulsive                         |
| Classe 5 | 80 – 100 %                     | Très répulsive                    |

#### 1.4.2.3. Test d'inhalation

Ce test consiste à étudier l'effet des trois huiles essentielles sur le taux de mortalité des adultes de *C. maculatus* et *B. atrolineatus* par inhalation.

- Dans des bocaux en verre d'un litre de volume, une dose d'huile essentielle est déposée sur du coton suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle (fig. 33).
- Cinq couples de *C. maculatus* et cinq couples de *B. atrolineatus*, âgés de 0 à 24 h, sont introduits dans chaque bocal, qui est fermé hermétiquement.
- Pour l'ensemble des essais, quatre répétitions ont été réalisées pour chaque dose (6  $\mu$ L et 8  $\mu$ L). Les temps d'exposition sont de 24 h, 48 h, 72 h et 96 h. Parallèlement, un témoin est mis en place (coton sans huile essentielle).

- Les individus morts sont retirés des bocaux et placés dans des boîtes de Pétr pendant 24 h.
- Ensuite, une observation sous loupe binoculaire au grossissement  $\times 40$  permet d'évaluer le nombre de bruches mortes.



**Figure 33** : Dispositif expérimental des tests d'inhalation selon KEBBAB et DRICH (2008)

### 1.5. Analyse statistique des données

Les résultats obtenus ont été soumis aux tests de l'analyse de variance (ANOVA) à un critère de classification, les variables dont les analyses statistiques montrent une différence significative ont subi le test de NEWMAN et KEULS au seuil  $P = 5\%$  (Microsoft Excel 2019 module d'analyse statistique).

# Chapitre IV

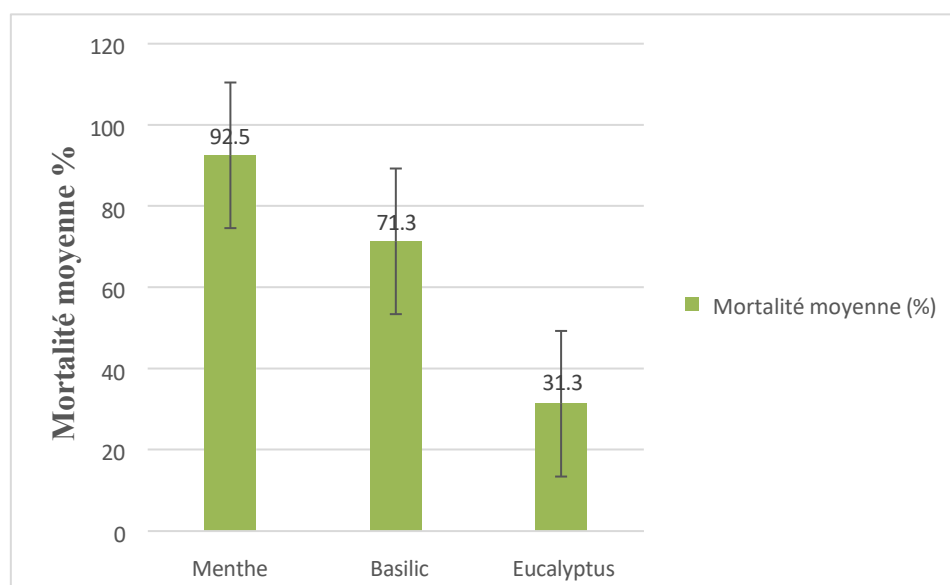
## Résultats

## 1. Activité insecticide de l'huile essentielle par contact (24h)

### 1.2. Effet des trois huiles essentielles sur la longévité des adultes de *C. maculatus*

Les résultats de l'analyse de la variance pour ce paramètre, montrent que l'effet létal par contact après 24 heures réduit d'une façon très hautement significative la longévité des adultes de *C. maculatus* (fig. 34).

Les résultats montrent que la menthe possède la plus forte activité insecticide, avec une mortalité moyenne de  $92,5 \pm 9,6$  % à la dose de 6, 8  $\mu$ l/50 g, suivie du basilic ( $71,3 \pm 9,0$  %) à la même dose, et de l'eucalyptus ( $31,3 \pm 9,0$  %) à la même dose. L'ANOVA indique une différence très hautement significative entre les huiles ( $F(2,9) = 42,85$  ;  $p < 0,001$ ), et le test de Tukey met en évidence une hiérarchie claire : menthe > basilic > eucalyptus (Annexe 1). L'action létale de la menthe est la plus marquée, suivie du basilic ; l'eucalyptus est nettement moins efficace à 24 h.



**Figure 34 :** Mortalité moyenne (%) des adultes de *C. maculatus* selon les différentes l'huile essentielle utilisée par contact.

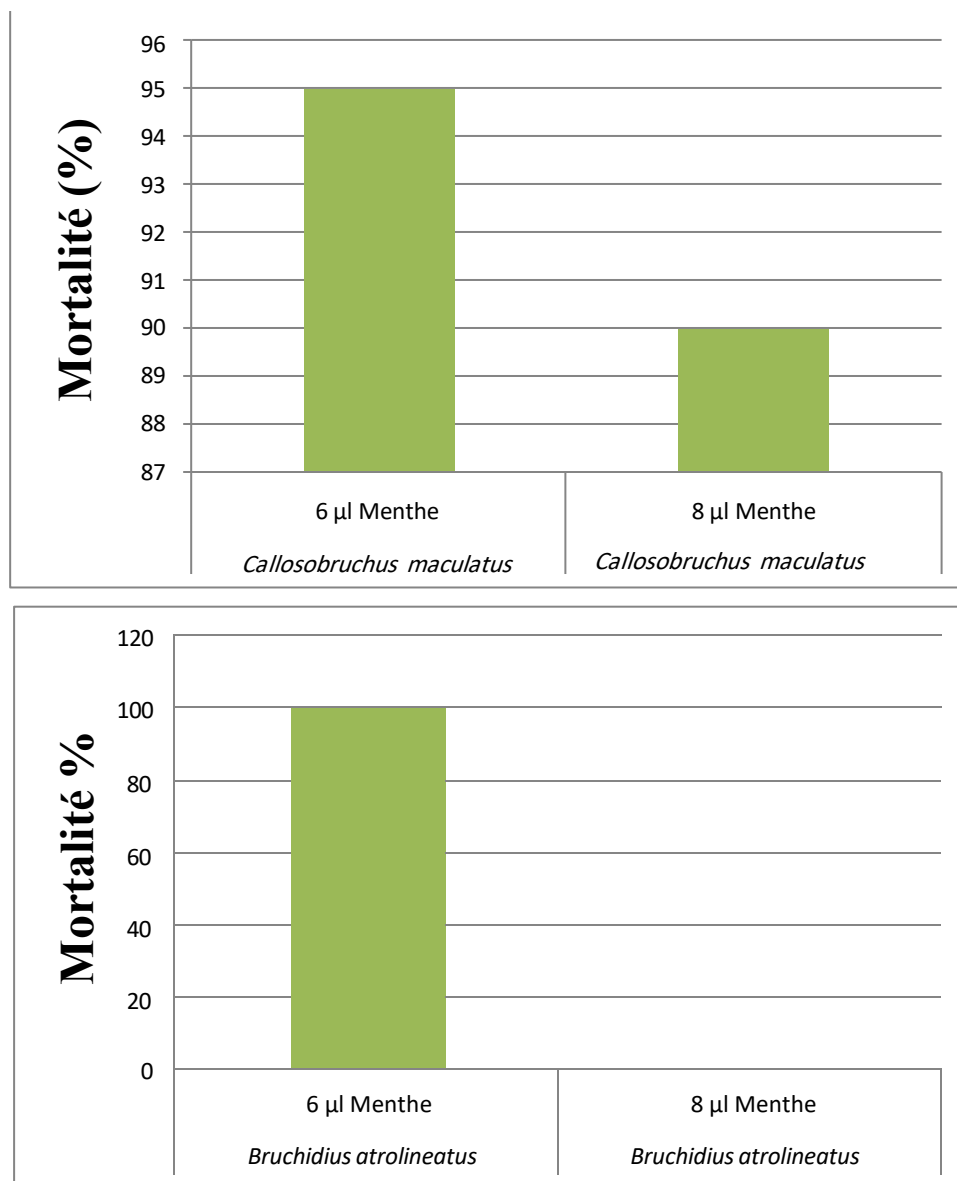
### 1.3. Test par contact à l'huile essentielle de menthe (chez les deux espèces)

(24 h – 4 boîtes de répétition/ dose (6, 8  $\mu$ l). 10 adultes par boîte)

L'analyse comparative de la mortalité par contact induite par l'huile essentielle de menthe chez *Callosobruchus maculatus* et *Bruchidius atrolineatus* révèle une efficacité insecticide élevée pour les deux espèces. À la dose de 6  $\mu$ l, la mortalité moyenne observée est de  $95 \pm 10$  % chez *C. maculatus* et de 100 % chez *B. atrolineatus* (fig. 35).

Néanmoins, le test exact de Fisher ( $p = 0,49$ ) n'indique aucune différence statistiquement

Significative entre les deux espèces à cette concentration. Par ailleurs, l'étude de l'effet de la dose chez *C. maculatus* ne met en évidence aucune augmentation significative de la mortalité entre les doses de 6  $\mu$ l et 8  $\mu$ l, comme l'attestent les résultats de l'ANOVA ( $F(1,6) = 0,43$  ;  $p = 0,54$ ) et du test non paramétrique de Kruskal–Wallis ( $H = 0,11$  ;  $p = 0,74$ ). Ces données suggèrent l'existence d'un effet plateau, au-delà duquel l'augmentation de la dose ne se traduit pas par une efficacité accrue (annexe 2).



**Figure 35 :** Mortalité moyenne (%) des adultes de *Callosobruchus maculatus* et *Bruchidius atrolineatus* en fonction des différentes doses d'huile essentielle de la *Mentha spicata* appliquée par contact.

### Remarque importante

Il convient de souligner que tous les tests biologiques n'ont pas pu être réalisés sur *Bruchidius atrolineatus*. En effet, la durée relativement longue de son cycle de développement, comparée à celle de *Callosobruchus maculatus*, a constitué une contrainte majeure limitant la réalisation de certains bioessais, notamment ceux portant sur la répulsivité et l'inhalation.

Par conséquent, les résultats obtenus sur cette espèce sont partiels et concernent uniquement les tests par contact. Des investigations complémentaires sont donc nécessaires pour évaluer de manière complète l'effet des huiles essentielles sur *B. atrolineatus*.

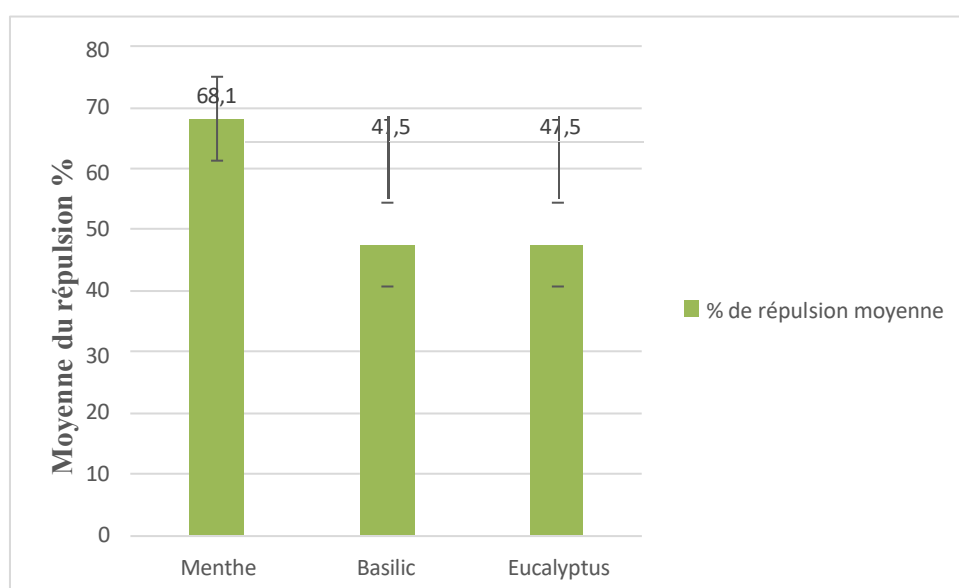
## 2. Activité insecticide des l'huiles essentielles par répulsion

### 2.1. Effet des trois huiles essentielles sur la répulsion des adultes

L'évaluation de l'effet répulsif des huiles essentielles à l'égard des adultes de *C. maculatus* après 30 minutes et 1 heure d'exposition aux différentes doses (6, 8  $\mu$ l).

Les résultats obtenus montrent que l'efficacité répulsive des huiles essentielles contre *Callosobruchus maculatus* varie de manière significative selon le type d'huile utilisée. L'huile de menthe se distingue par un taux moyen de répulsion de  $68,1 \pm 7,7$  %, nettement supérieur à ceux observés pour le basilic ( $47,5 \pm 4,6$  %) et l'eucalyptus ( $47,5 \pm 7,9$  %) (fig. 36).

L'analyse de la variance (ANOVA :  $F(2,9) = 9,87$  ;  $p = 0,005$ ) met en évidence une différence hautement significative entre les groupes testés. Cette différence est confirmée par le test post-hoc de Tukey, qui classe la menthe comme significativement plus répulsive que les deux autres huiles ( $p < 0,05$ ) (annexe 3)



**Figure 36 :** Taux moyen du répulsion(%) des adultes de *C. maculatus* selon les différentes l'huiles essentielles utilisées par test de répulsivité.

Le pourcentage de répulsion (PR) est calculé comme suit : Mc DONALD (1970).

$$PR (\%) = [(NC - NT) / (NC + NT)] \times 100$$

**NC :** Le nombre d'insectes présents sur la partie non traitée

**NT :** Le nombre d'insectes présents sur la partie traitée avec l'huile

**Tableau 7 :** Taux de repulsivité (%) des huiles essentielles testées à l'égard des adultes de *C. maculatus*.

| <b>Dose (µl)</b><br><b>Huile essentielle</b> | <b>6 µl</b> | <b>8 µl</b> | <b>Répusivité<br/>moyenne (%)</b> |
|----------------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| <b>Menthe</b>                                | 42.50 %     | 30.00 %     | <b>36.25 %</b>                    |
| <b>Basilic</b>                               | 27.50 %     | 22.50 %     | <b>25.00 %</b>                    |
| <b>Eucalyptus</b>                            | 22.50 %     | 27.50 %     | <b>25.00 %</b>                    |

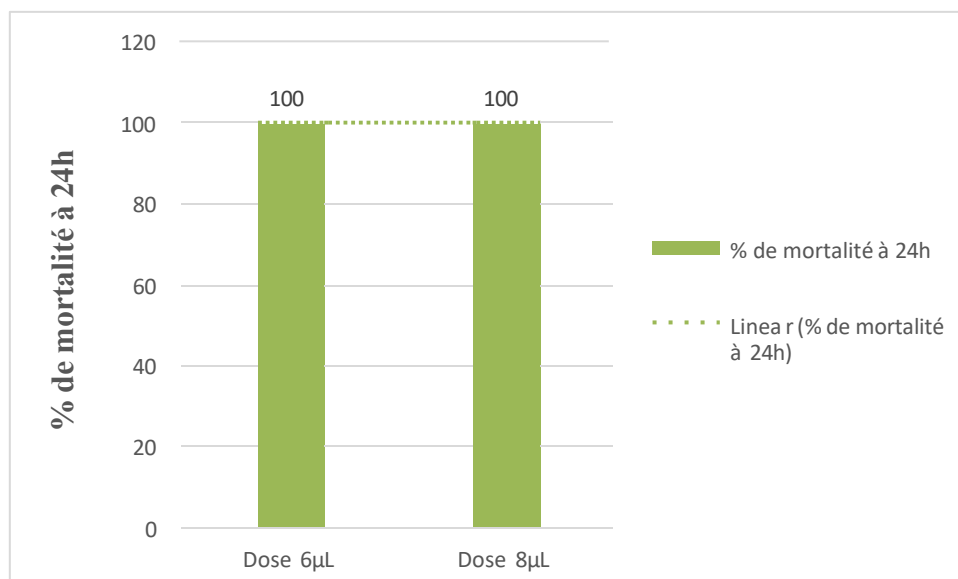
**Tableau 8:** classification de la répulsivité des huiles essentielles testées selon Mc DONALD (1970).

| <b>Huiles</b> | <b>P R %</b> | <b>Classe répulsive</b> | <b>Effet</b>                |
|---------------|--------------|-------------------------|-----------------------------|
| Menthe        | 36.25 %      | Classe 2                | <b>Faiblement répulsive</b> |
| Basilic       | 25.00 %      | Classe 2                | <b>Faiblement répulsive</b> |
| Eucalyptus    | 25.00 %      | Classe 2                | <b>Faiblement répulsive</b> |

### 3. Activité insecticide de l'huile essentielle de menthe seule par inhalation (24 h)

#### 3.1. Effet huile essentielle sur la mortalité des adultes de *C. maculatus*

Le test d'inhalation réalisé avec l'huile essentielle de menthe a révélé une efficacité maximale, avec un taux de mortalité de 100 % chez *Callosobruchus maculatus* après 24 heures (fig. 37), et ce, indépendamment de la dose appliquée (6  $\mu$ l ou 8  $\mu$ l). En raison de l'absence totale de variance entre les répétitions, aucune analyse statistique n'a pu être effectuée.



**Figure 37 :** Mortalité moyenne (%) des adultes de *Callosobruchus maculatus* selon les différentes doses de l'huile essentielle de *Mentha spicata* utilisée par inhalation.

# Chapitre V

## Discussion

Les résultats obtenus dans cette étude ont clairement démontré une efficacité remarquable de l'huile essentielle de *Mentha spicata* contre deux espèces de bruchidés, *Callosobruchus maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*. En effet, l'exposition par inhalation à cette huile essentielle, même à de faibles doses de 6  $\mu$ l et 8  $\mu$ l, a provoqué une mortalité totale (100 %) des insectes au bout de 24 heures. Cette absence de différence significative entre les deux concentrations indique que l'effet toxique atteint rapidement son maximum, ce qui est un atout important pour une utilisation pratique en lutte post-récolte, notamment dans des systèmes de stockage où les traitements aériens sont privilégiés.

L'efficacité par contact de l'huile essentielle de menthe a également été très élevée, avec une mortalité moyenne de  $92,5 \pm 9,6$  %, nettement supérieure à celle induite par les huiles de basilic ( $71,3 \pm 9,0$  %) et d'eucalyptus ( $31,3 \pm 9,0$  %). Ces différences ont été confirmées statistiquement par une analyse de variance (ANOVA) suivie d'un test post hoc de Tukey ( $F(2,9) = 42,85$  ;  $p < 0,001$ ), ce qui renforce la fiabilité des résultats. Par ailleurs, l'huile essentielle de menthe s'est distinguée par son effet répulsif, avec un taux moyen de  $68,1 \pm 7,7$  %, bien plus élevé que les 47,5 % observés pour les autres huiles ( $F(2,9) = 9,87$  ;  $p = 0,005$ ). Cette double action toxique et répulsive est particulièrement intéressante, car elle permet non seulement de tuer les insectes, mais aussi de limiter leur approche des denrées stockées.

L'analyse comparative de la sensibilité des deux espèces face à l'huile essentielle de menthe a montré qu'il n'y avait pas de différence significative de mortalité entre *C. maculatus* (95 %) et *B. atrolineatus* (100 %) à la dose de 6  $\mu$ l ( $p = 0,49$ ). Cela suggère que cette huile agit de manière polyvalente, ce qui est un avantage important pour un usage élargi dans le contrôle de divers ravageurs.

L'efficacité supérieure de l'huile essentielle de *Mentha spicata* peut s'expliquer par sa composition chimique, riche en monoterpènes tels que le menthol et la carvone. Ces composés volatils sont connus pour leur action neurotoxique ciblée, perturbant les récepteurs de l'octopamine, un neurotransmetteur essentiel au fonctionnement nerveux des insectes. Cette perturbation entraîne des effets graves chez les ravageurs : désorientation, paralysie, inhibition de la reproduction, puis mortalité (REGNAULT-ROGER et al., 1993 ; ISMAN, 2000 ; CHIASSON et BELOIN, 2007). Ces mécanismes expliquent la rapidité et l'efficacité observées dans nos résultats.

Ces résultats s'accordent avec plusieurs études antérieures. Regnault-Roger et al. (1993) et Isman (2000) ont mis en évidence l'efficacité des huiles essentielles riches en monoterpènes comme le menthol sur divers insectes de stockage. Chiasson et Beloin (2007) ont également souligné l'intérêt des huiles essentielles dans la lutte biologique, en raison de leur action neurotoxique spécifique aux insectes, de leur volatilité et de leur faible persistance dans l'environnement. Concernant le basilic, Regnault-Roger & Hamraoui (1995) et Foua- Bi & Gakuru (1996) ont montré une activité répulsive et toxique modérée contre *C. maculatus*, confirmant nos observations. L'efficacité réduite de l'eucalyptus a également été rapportée par Chabert (2013), qui l'attribue à une moindre concentration en composés actifs volatils.

L'huile essentielle de basilic a présenté une mortalité moyenne par contact de  $71,3 \pm 9,0$  %, ce qui, bien que moins élevée que celle observée pour la menthe ( $92,5 \pm 9,6$  %), reste notable.

Son effet répulsif s'est traduit par un taux moyen inférieur à celui de la menthe, avec 47,5 %, mais suffisamment important pour limiter l'approche des insectes. Ces différences entre les huiles ont été confirmées par l'analyse de variance (ANOVA) suivie du test de Tukey, qui a mis en évidence la supériorité statistique de la menthe ( $F(2,9) = 42,85$  ;  $p < 0,001$  pour la mortalité et  $F(2,9) = 9,87$  ;  $p = 0,005$  pour la répulsion).

En revanche, l'huile essentielle d'eucalyptus s'est révélée la moins efficace, avec seulement  $31,3 \pm 9,0$  % de mortalité par contact. L'absence de différence significative entre les doses 6  $\mu$ l et 8  $\mu$ l ( $F(1,6) = 0,43$  ;  $p$

$= 0,54$ ) indique un effet de plateau, c'est-à-dire que l'augmentation de la dose ne se traduit pas par une augmentation de l'effet insecticide. Cela suggère que la saturation du mode d'action est rapide, ce qui impose d'optimiser les doses utilisées afin d'éviter un surdosage inutile, coûteux et potentiellement dommageable pour l'environnement.

Nos résultats corroborent ceux de nombreux auteurs ayant mis en évidence l'efficacité insecticide des huiles essentielles. KELLOUCHE et al. (2010) ont ainsi démontré que, dès une dose de 10  $\mu$ l/50 g de graines de niébé, les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et d'*Eucalyptus citriodora* (famille des Myrtaceae) réduisent significativement la longévité des adultes de *Callosobruchus maculatus*. À la dose de 15  $\mu$ l/50 g, l'huile essentielle pure d'eucalyptus a entraîné une mortalité complète des adultes en moins de 24 heures, alors que dans les lots témoins, la longévité dépassait une semaine (AÏBOUD, K., 2011).

De plus, les huiles essentielles d'Eucalyptus saligna et de Cupressus sempervirens se sont révélées particulièrement toxiques contre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Lors des traitements par contact, l'huile essentielle d'eucalyptus s'est distinguée par une toxicité élevée envers ces ravageurs (TAPONDJOU et al., 2005).

AÏBOUD (2011) a également testé l'effet de cinq huiles essentielles (cardamome, cannelle, clous de girofle, eucalyptus et neem) sur les adultes de *C. maculatus*. Dans les tests par contact, l'huile essentielle d'eucalyptus pure a montré la meilleure efficacité en induisant une mortalité rapide dès les premières 24 à 48 heures de traitement.

Selon MAHFUZ et KHALEQUZZAMAN (2007), le classement de l'efficacité des huiles essentielles dans ces tests est le suivant : eucalyptus > clous de girofle > cannelle > cardamome > neem.

Ces résultats soulignent clairement que l'huile essentielle pure d'eucalyptus est bien plus efficace contre les ravageurs du niébé que les huiles d'eucalyptus diluées généralement disponibles dans le commerce, qui perdent souvent en concentration active et en pouvoir insecticide.

# Conclusion

À la lumière des résultats obtenus, cette étude a permis de démontrer l'activité insecticide de trois huiles essentielles — *Mentha spicata* (menthe verte), *Ocimum basilicum* (basilic) et *Eucalyptus radiata* — contre deux ravageurs majeurs du niébé stocké : *Callosobruchus maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*. Les essais réalisés selon trois modalités (répulsion, contact et inhalation) ont révélé que l'huile essentielle de menthe verte se distingue par une efficacité nettement supérieure, tant en termes de toxicité que d'effet répulsif.

En test de répulsion, la menthe verte a provoqué un taux moyen de 68,1 %, indiquant un fort pouvoir olfactif dissuasif. Ce résultat suggère un potentiel d'utilisation en traitement préventif, pour éloigner les insectes des denrées stockées. Lors du test de toxicité par contact, elle a entraîné une mortalité moyenne de 92,5 % chez *C. maculatus*, témoignant d'une action létale efficace lorsqu'il y a interaction physique entre l'insecte et la substance active. En inhalation, l'huile de menthe a montré une efficacité foudroyante, causant une mortalité totale (100 %) après 24 heures, indépendamment de la dose appliquée. Cette propriété est particulièrement intéressante dans le cadre de traitements atmosphériques ou de fumigation naturelle.

L'observation d'un effet plateau à partir de la dose de 6 µl chez *C. maculatus* constitue un point clé pour la rationalisation des applications : au-delà de ce seuil, augmenter la quantité n'améliore pas l'effet, ce qui permet d'optimiser les doses utilisées, en limitant les coûts et les impacts environnementaux. De plus, l'absence de différence significative de mortalité entre les deux espèces cibles à dose constante ( $p = 0,49$ ) suggère une sensibilité similaire, ce qui conforte l'idée d'une efficacité interspécifique et donc d'un usage élargi sur plusieurs ravageurs du niébé.

Ces résultats mettent en évidence le potentiel de *Mentha spicata* comme alternative naturelle, efficace et durable aux insecticides de synthèse dans la lutte post-récolte. Sa double action, à la fois répulsive et toxique, sa rapidité d'action, sa stabilité d'effet à faible dose, ainsi que sa capacité à agir sur différentes espèces, en font un outil prometteur pour des stratégies de biocontrôle intégrées.

Il reste toutefois nécessaire de compléter ces premiers résultats par des essais en conditions réelles de stockage afin d'évaluer la persistance de l'activité dans le temps, l'effet de facteurs environnementaux (température, humidité, ventilation), et l'impact éventuel sur la qualité organoleptique et nutritionnelle des denrées traitées. Par ailleurs, des études toxicologiques et économiques s'avèrent essentielles pour garantir la sécurité d'usage et la viabilité de l'application à grande échelle dans les systèmes agricoles.

# Références bibliographiques

## Références Bibliographique

- ABDALLAH, A.A., OKOTH, S. & OCHIENG, A., 2020. 'Modern storage techniques for improving the shelf life of legumes in sub-Saharan Africa', *African Journal of Agricultural Research*, 15(8), pp. 134–142.
- AÏBOUD, K., 2011. *Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de la bruche de niébé Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae) et impacts des traitements sur la germination des graines de Vigna unguiculata (L.) Walp.* Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, p. 7.
- AIT AIDER, F., 2017. *Activité biologique des principaux constituants de l'huile d'olive de Kabylie sur Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae)*. Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pp. 14–21.
- AIT-OUAHIOUNE, M., 2005. *La Menthe verte: culture et caractéristiques botaniques*.
- AKINMOLADUN, F., NWOSU, O. & TSEGAYE, A., 2021. 'Effect of bio-insecticides on pest control in stored cowpeas', *International Journal of Post-Harvest Technology*, 5(2), pp. 88–97.
- AMARI, M., 2014. *Phénologie de la culture du genre Vigna* [en ligne].
- ANONYME, 2008. 'Vigna', *Websters Online Dictionary*. Disponible sur: <http://www.websters-online-dictionary.org/definitions/Vigna>.
- ANTON, A., 2005. *Les plantes aromatiques et leurs propriétés médicinales*.
- ANTON, P., 2005. *L'origine et la culture de la menthe verte*. Éditions Botaniques.
- AVARRE, J.-C., LE QUÉRÉ, A. & DIANGAR, M.M., 2022. *Le niébé, une légumineuse d'avenir pour la sécurité alimentaire en Afrique*. Montpellier: IRD.
- BA, A., et al., 2004. 'Genetic diversity in cowpea [Vigna unguiculata (L.) Walp.] as revealed by RAPD markers', *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51(6), pp. 539–550.
- BALA, A., SALIM, K. & MOHAMMED, S., 2017. 'The effect of storage methods on the quality of cowpea (Vigna unguiculata) grains in Northern Nigeria', *Journal of Stored Products Research*, 71(2), pp. 45–52.
- BALACHOWSKY, A.S., 1962. *Les insectes nuisibles aux plantes*. Paris: Éditions Techniques.

- BAOUA, I. & LAOUALI, K., 2013. 'Maruca vitrata Fabricius (Crambidae: Lepidoptera) ravageur important du niébé', *INRAN*, 004-2013, pp. 2–3.
- BARAKAT, H., SAAD, S. & HASSAN, E., 2019. 'Evaluation of plastic hermetic bags for the storage of grains in Egypt', *Food Control*, 103, pp. 45–51.
- BAUDOIN, J.P., 2001. *Amélioration génétique des légumineuses alimentaires tropicales*. Montpellier: CIRAD.
- BECK, C.W. & BLUMER, L.S., 2014. *A Handbook on Bean Beetles, Callosobruchus maculatus*. National Science Foundation Ed., 14 p.
- BEN M'BAREK, H., 2011. *Stratégies d'amélioration des légumineuses pour une agriculture durable*. Tunis: INRAT.
- BISCHOFF, J., 1992. 'Insect damage and mycotoxin contamination in stored grains', cité par KELLOUCHE, A., 2005.
- BORGET, M., 1989. *Les plantes alimentaires tropicales*. Paris: Maisonneuve & Larose.
- CALDARA, R. & LANTERI, A., 2000. 'Revisions of the genera Bruchidius and Acanthoscelides in the Mediterranean Basin (Coleoptera: Bruchidae)', *Journal of Insect Systematics*, 18(1), pp. 45–61.
- CHABERT, P., 2013. *Les huiles essentielles dans la lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées*. Mémoire de Master, Université d'Avignon.
- CHIASSON, H. & BELOIN, N., 2007. 'Essential oils as green pesticides: potential and limitations', *Pesticide Outlook*, 18(2), pp. 62–65.
- CLEVENGER, J.F., 1928. 'Apparatus for the determination of volatile oil', *Journal of the American Pharmaceutical Association*, 17(4), pp. 345–349.
- CRONQUIST, A., 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press.
- CSAN NIGER, 2017. 'Le Puceron du Niébé (Aphis craccivora Koch): une Menace Sérieuse pour la Culture du Niébé au Niger', *Vegnote*, 2, pp. 1–2.
- DELOBEL, A. & TRAN, M., 1993. *Les insectes des denrées stockées*. Paris: ORSTOM.
- DIFFA et al., 2002. 'Anoplocnemis curvipes', régions Diffa, Dosso, Maradi, Niamey, Tahoua, Tillabéri, Zinder, Agadez.
- DURANTI, M. & GIUS, C., 1997. 'Legume seeds: protein content and nutritional value', *Field Crops Research*, 53(1-3), pp. 31–45.

- ENAN, E.E., 2005. 'Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from American cockroach and fruit fly in response to plant essential oils', *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 59(3), pp. 161–171.
- FAO, 2017. *Post-harvest loss reduction: storage strategies for smallholder farmers in sub-Saharan Africa*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO, s.d. *Global Food Losses and Food Waste*. Rome: FAO.
- FAOSTAT, 2010. *Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division*.
- FOUA-BI, K. & GAKURU, M., 1996a. 'Activité insecticide des huiles essentielles de plantes africaines contre *Callosobruchus maculatus*', *Annales de l'Université de Cocody*, 2(1), pp. 45–53.
- GEERTS, S. et al., 2011. 'Agronomic performance of cowpea genotypes in drought-prone regions', *Agricultural Systems*, 104(9), pp. 702–710.
- GHALMI, M., 2010. *Le niébé en Algérie: production et potentiel*. Alger: Ministère de l'Agriculture.
- GHALMI, R., 2005. *Production et valorisation du niébé (Vigna unguiculata) en Algérie*. Thèse de doctorat, Université de Ouargla, Algérie.
- GHALMI, R., 2010. 'Étude agronomique et technologique du niébé (*Vigna unguiculata*) en Algérie', *Revue des Sciences et Technologie*, 11(1), pp. 45–52.
- GOUCEM-KHELFANE, L., 2014. *Alternatives aux pesticides chimiques en protection des stocks*. Thèse de doctorat, Université de Ghardaïa.
- GUENTHER, E., 1948. *The Essential Oils: History, Origin in Plants, Production, Analysis*. Vol. 1. New York: Van Nostrand.
- HAGEDORN, H.H., 1993. *Life history and ecology of the Bruchidae: Seed beetles of the world*. New York: Springer.
- KEBBAB, L. & DRICH, H., 2008. *Contribution de la toxicité de deux insecticides : Actellic (organophosphoré) et Deltaméthrine (pyréthrinaïde) à celle des huiles essentielles testées au laboratoire à l'égard de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae), en considérant les paramètres biologiques : longévité, fécondité, émergence, développement embryonnaire et larvaire*. Mémoire de fin d'études, Ingéniorat d'État en Biologie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 33 p.

- KHALED, A.M. & RAGAB, M.A., 2007. 'Toxicity of essential oils against stored product insects', *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 85(3), pp. 1025–1036.
- KELLOUCHE, A., 2005. 'Lutte contre les insectes des denrées stockées par les huiles essentielles', *Mémoire d'Ingénieur*, Université de Tizi Ouzou.
- KOUADIO, Y.L. et al., 2006. *Caractérisation morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de niébé en Côte d'Ivoire*. *Journal Africain d'Agriculture*, 12(3), pp. 205–215.
- LAVAGNA, A., 2013. 'Essential oils as potential insecticides for stored product protection', *Journal of Essential Oil Research*, 25(3), pp. 179–189.
- LEONARD, J., 2000. *Les légumineuses alimentaires: culture et utilisation*. Paris: INRA.
- LOMBARDI, L., 2012. 'Biological control of bruchid beetles using plant extracts', *Crop Protection*, 31(1), pp. 64–70.
- LOPES, J. et al., 2008. 'Effectiveness of botanical insecticides against bruchid beetles', *International Journal of Pest Management*, 54(3), pp. 231–236.
- MAIGA, A., 2003. *Contribution à l'étude du niébé en Afrique de l'Ouest*. Thèse de doctorat, Université de Bamako.
- MAHFUZ I. et KHALEQUZZAMAN M., 2007- Contact and Fumigant Toxicity of Essential Oils against *Callosobruchus maculatus*. *University Journal of Zoology*, Rajshahi university, vol 26: 63-66.
- MAKHLOUF, I., 2011. 'Lutte intégrée contre *Callosobruchus maculatus* dans les zones tropicales', *Revue des Sciences Agronomiques*, 20(2), pp. 89–94.
- MARÉCHAL, R., MASCHERPA, J.M. & STAINIER, F., 1978. *Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres Phaseolus et Vigna (Papilionaceae)*. *Boissiera* 28: 1–273.
- N'GUESSAN, R., 2010. 'Biologie et contrôle de *Callosobruchus maculatus*', *Journal of Tropical Entomology*, 27(4), pp. 345–352.
- NDA, B. et al., 2013. 'Impact of storage conditions on cowpea quality', *International Journal of Agricultural Sciences*, 5(1), pp. 12–17.
- NGOLO, A. & MANDJA, F., 2009. 'Effets des huiles essentielles sur la bruche du niébé', *African Journal of Plant Protection*, 2(4), pp. 67–73.
- NGUIESSAN, J., 2011. 'Les ravageurs des légumineuses stockées en Afrique de l'Ouest', *Bulletin de l'Institut National de Recherche Agronomique*, 5, pp. 20–29.
- NORTON, G., 2013. 'Storage pests and their management', *Stored Products Digest*, 14(3), pp. 15–20.

- NYAM, M., 2001. 'Impact of storage on the quality of cowpea seeds in Cameroon', *Journal of Agricultural Science*, 36(2), pp. 112–118.
- OLIVEIRA, R., 2016. 'Botanical insecticides and their potential for sustainable pest control', *Environmental Entomology*, 45(6), pp. 1345–1355.
- OUEDRAOGO, S., 2008. *Lutte contre Callosobruchus maculatus dans le niébé*, Thèse, Université de Ouagadougou, pp. 24–26.
- PASQUET, R., 1999. Genetic relationships among subspecies of *Vigna unguiculata*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46(1), pp. 29–41.
- PÉREZ, L. & SÁNCHEZ, F., 2006. 'Utilisation des huiles essentielles en lutte intégrée contre les insectes ravageurs', *Revista de Protección Vegetal*, 21(3), pp. 152–160.
- PIMENTEL, D., 2005. *Environmental and Economic Costs of Pesticide Use*. Boca Raton: CRC Press.
- RABIA, S., 2012. 'Evaluation des huiles essentielles dans la protection des denrées stockées', *Revue d'Écologie Appliquée*, 9(2), pp. 88–95.
- RAHMANI, M., 2001. 'Les insectes nuisibles des cultures légumières en Afrique', *Bulletin de l'INRA*, 16, pp. 45–54.
- RASHID, K., 2014. *Les huiles essentielles: extraction et applications*, Paris: Editions Techniques.
- SAAD, S., 2018. 'Efficacité des huiles essentielles sur *Callosobruchus maculatus*', *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), pp. 1234–1240.
- SALI, A., 2009. *Lutte biologique et alternative aux pesticides chimiques*. Paris: Éditions Agro.
- SANI, M., 2011. 'Effets toxiques des huiles essentielles sur les insectes ravageurs', *Revue de Biologie*, 18(3), pp. 145–152.
- SESSOU, P. & ATCHADÉ, A., 2006. 'Les principaux ravageurs du niébé au Bénin', *Bulletin de la Protection des Plantes*, 28(2), pp. 67–74.
- SOUSA, F., 2012. 'Effect of plant essential oils on bruchid larvae', *Journal of Economic Entomology*, 105(3), pp. 981–987.
- TAPONDJOU A.L., ADLER C., FONTEM D.A., BOUDA H and REICHMUTH C., 2005-Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val, *Journal of Stored Products Research* Vol 41, (N° 1): 91-102.

- TOUMI, N., 2014. *Etude sur les propriétés insecticides des huiles essentielles*.  
Thèse de master, Université de Tizi Ouzou.
- TREMBLAY, R., 2001. 'Gestion intégrée des ravageurs dans les cultures de niébé',  
*Agronomie Tropicale*, 56(4), pp. 241–247.
- ZARROUK, H., 2012. 'Effets des huiles essentielles sur le comportement de  
*Callosobruchus maculatus*', *Revue Tunisienne d'Agronomie*, 5(2), pp. 67–73.

# Annexes

**Annexe 1** : Tableau de l'effet de trois huiles essentielles sur la mortalité moyenne (%  $\pm$  écart type) de *Callosobruchus maculatus*, avec résultats de l'ANOVA à un facteur et du test post-hoc de Tukey.

| Huile Essentielle | Moyenne $\pm$ Sdtd du % mortalité | Résumé ANOVA (1 facteur = Huile)   | Post-hoc Tukey                |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Menthe            | 92,5 $\pm$ 9,6 %                  | F (2, 9) = 42,85 ;<br>p < 0,001 ** | Menthe > Basilic > Eucalyptus |
| Basilic           | 71,3 $\pm$ 9,0 %                  |                                    | (Toutes les p < 0,05)         |
| Eucalyptus        | 31,3 $\pm$ 9,0 %                  |                                    |                               |

**Annexe 2** : Tableau de mortalité moyenne (%  $\pm$  écart type) de deux espèces de bruches (*C. maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*) après exposition à deux doses d'huile essentielle de menthe.

| Espèce (Bruche)                 | Dose 6 $\mu$ l : mortalité % (moy $\pm$ Std) | Dose 8 $\mu$ l : mortalité % (moy $\pm$ Std) |
|---------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <i>Callosobruchus maculatus</i> | 95 $\pm$ 10 %                                | 90 $\pm$ 20 %                                |
| <i>Bruchidius atrolineatus</i>  | 100 $\pm$ 0 %                                | — (données non fournies)                     |

**Annexe 3** : Tableau de l'effet de différentes huiles essentielles sur le pourcentage de répulsion des insectes :

Analyse ANOVA et comparaisons post-hoc.

| Huile essentielle | Moyenne $\pm$ Std du % répulsion | Résumé ANOVA (1 facteur = Huile)  | Post-hoc Tukey (p < 0,05)    |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Menthe            | 68,1 $\pm$ 7,7 %                 | F (2, 9) = 9,87 ;<br>p = 0,005 ** | Menthe > Basilic, Eucalyptus |
| Basilic           | 47,5 $\pm$ 4,6 %                 |                                   | Basilic $\approx$ Eucalyptus |
| Eucalyptus        | 47,5 $\pm$ 7,9 %                 |                                   |                              |

**Annexe 4** : Les résultats obtenus par les trois tests par l'huile de Menthe (*Mentha spicata* L.).

**Tableau 1** : Les résultats obtenus du test de répulsivité sur les adultes de *C. maculatus*.

| Dose( $\mu$ l)<br>Boîtes | 6 $\mu$ l |          |           |          | 8 $\mu$ l |          |           |          |
|--------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                          | 30 min    |          | 1 heure   |          | 30 min    |          | 1 heure   |          |
|                          | Hors P. T | Sur P. T | Hors P. T | Sur P. T | Hors P. T | Sur P. T | Hors P. T | Sur P. T |
| Témoin (0 $\mu$ l)       |           |          |           |          |           |          |           |          |
| Boîte 1                  | 5         | 5        | 7         | 3        | 7         | 3        | 7         | 3        |
| Boîte 2                  | 8         | 2        | 8         | 2        | 8         | 2        | 8         | 2        |
| Boîte 3                  | 6         | 4        | 9         | 1        | 4         | 6        | 5         | 5        |
| Boîte 4                  | 7         | 3        | 7         | 3        | 7         | 3        | 6         | 4        |

**Tableau 2 :** Les résultats obtenus du test par Contacte sur les adultes de *C. maculatus*.

| <i>Dose</i> ( $\mu$ l)<br>Boîtes       | 6 $\mu$ l |          |           |          |     |     | 8 $\mu$ l |          |           |          |     |     |
|----------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----|
|                                        | 24h       |          | 48h       |          | 72h | 69h | 24h       |          | 48h       |          | 72h | 69h |
|                                        | Viv<br>re | Mo<br>rt | Viv<br>re | Mo<br>rt | M   | M   | Viv<br>re | Mo<br>rt | Viv<br>re | Mo<br>rt | M   | M   |
| <b>Témoin<br/>(0<math>\mu</math>l)</b> |           |          |           |          |     |     |           |          |           |          |     |     |
| <b>Boîte 1</b>                         | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  | 4         | 6        | 0         | 10       | 10  | 10  |
| <b>Boîte 2</b>                         | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  |
| <b>Boîte 3</b>                         | 2         | 8        | 0         | 10       | 10  | 10  | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  |
| <b>Boîte 4</b>                         | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  |

**Tableau 3 :** Les résultats obtenus du test d'inhalation sur les adultes de *C. maculatus*.

| <i>Dose</i> ( $\mu$ l)<br>Boîtes       | 6 $\mu$ l |          |           |          |     |     | 8 $\mu$ l |          |           |          |     |     |
|----------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----|
|                                        | 24h       |          | 48h       |          | 72h | 69h | 24h       |          | 48h       |          | 72h | 69h |
|                                        | Viv<br>re | Mo<br>rt | Viv<br>re | Mo<br>rt | M   | M   | Viv<br>re | Mo<br>rt | Viv<br>re | Mo<br>rt | M   | M   |
| <b>Témoin<br/>(0<math>\mu</math>l)</b> |           |          |           |          |     |     |           |          |           |          |     |     |
| <b>Boîte 1</b>                         | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  | 0         | 10       | 0         | 0        | 10  | 10  |
| <b>Boîte 2</b>                         | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  | 0         | 10       | 0         | 0        | 10  | 10  |
| <b>Boîte 3</b>                         | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  | 0         | 10       | 0         | 0        | 10  | 10  |
| <b>Boîte 4</b>                         | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  | 0         | 10       | 0         | 0        | 10  | 10  |

## Annexe 5 : Les résultats obtenus par les deux tests par l'huile de Basilic (*Ocimum basilicum*).

**Tableau 1** : Les résultats obtenus du test de répulsivité sur les adultes de *C. maculatus*.

| Dose (µl)<br>Boîtes     | 6µl         |            |             |            | 8µl         |            |             |            |
|-------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|                         | 30 min      |            | 1 heure     |            | 30 min      |            | 1 heure     |            |
|                         | Hors<br>P.T | Sur<br>P.T | Hors<br>P.T | Sur<br>P.T | Hors<br>P.T | Sur<br>P.T | Hors<br>P.T | Sur<br>P.T |
| <b>Témoin<br/>(0µl)</b> |             |            |             |            |             |            |             |            |
| <b>Boite 1</b>          | 6           | 4          | 6           | 4          | 5           | 5          | 6           | 4          |
| <b>Boite 2</b>          | 8           | 2          | 7           | 3          | 8           | 2          | 7           | 3          |
| <b>Boite 3</b>          | 7           | 3          | 5           | 5          | 6           | 4          | 5           | 5          |
| <b>Boite 4</b>          | 6           | 4          | 6           | 4          | 6           | 4          | 6           | 4          |

**Tableau 2** : Les résultats obtenus du test par Contacte sur les adultes de *C. maculatus*.

| Dose(µl)<br>Boîtes      | 6µl       |          |           |          |     |     | 8µl       |          |           |          |     |     |
|-------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----|
|                         | 24h       |          | 48h       |          | 72h | 69h | 24h       |          | 48h       |          | 72h | 69h |
|                         | Viv<br>Re | Mo<br>rt | Viv<br>re | Mo<br>rt | M   | M   | Viv<br>re | Mo<br>rt | Viv<br>re | Mo<br>rt | M   | M   |
| <b>Témoin<br/>(0µl)</b> |           |          |           |          |     |     |           |          |           |          |     |     |
| <b>Boite 1</b>          | 4         | 6        | 2         | 8        | 10  | 10  | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  |
| <b>Boite 2</b>          | 4         | 6        | 3         | 7        | 10  | 10  | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  |
| <b>Boite 3</b>          | 4         | 6        | 0         | 10       | 10  | 10  | 4         | 6        | 0         | 10       | 10  | 10  |
| <b>Boite 4</b>          | 4         | 6        | 0         | 10       | 10  | 10  | 3         | 7        | 0         | 10       | 10  | 10  |

## Annexe 6 : Les résultats obtenus par les deux tests par l'huile d'eucalyptus.

**Tableau 1** : Les résultats obtenus du test de répulsivité sur les adultes de *C. maculatus*.

| Dose(µl)<br>Boîtes  | 6µl          |             |             |             | 8µl          |             |              |             |
|---------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|                     | 30 min       |             | 1 heure     |             | 30 min       |             | 1 heure      |             |
|                     | Hors<br>P. T | Sur<br>P. T | Hors<br>P.T | Sur<br>P. T | Hors<br>P. T | Sur<br>P. T | Hors<br>P. T | Sur<br>P. T |
| <b>Témoin (0µl)</b> |              |             |             |             |              |             |              |             |
| <b>Boîte 1</b>      | 6            | 4           | 7           | 3           | 6            | 4           | 6            | 4           |
| <b>Boîte 2</b>      | 5            | 5           | 6           | 4           | 7            | 3           | 7            | 3           |
| <b>Boîte 3</b>      | 6            | 4           | 5           | 5           | 6            | 4           | 7            | 3           |
| <b>Boîte 4</b>      | 7            | 3           | 7           | 3           | 6            | 4           | 6            | 4           |

**Tableau 2** : Les résultats obtenus du test par Contacte sur les adultes de *C. maculatus*.

| Dose(µl)<br>Boîtes  | 6µl       |          |           |          |     |     | 8µl       |          |           |          |     |     |
|---------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----|
|                     | 24h       |          | 48h       |          | 72h | 69h | 24h       |          | 48h       |          | 72h | 69h |
|                     | Viv<br>re | Mo<br>rt | Viv<br>re | Mo<br>rt | M   | M   | Viv<br>re | Mo<br>rt | Viv<br>re | Mo<br>rt | M   | M   |
| <b>Témoin (0µl)</b> |           |          |           |          |     |     |           |          |           |          |     |     |
| <b>Boîte 1</b>      | 7         | 3        | 2         | 8        | 10  | 10  | 7         | 3        | 3         | 7        | 10  | 10  |
| <b>Boîte 2</b>      | 8         | 2        | 3         | 7        | 10  | 10  | 8         | 2        | 2         | 8        | 10  | 10  |
| <b>Boîte 3</b>      | 6         | 4        | 2         | 8        | 10  | 10  | 7         | 3        | 2         | 8        | 10  | 10  |
| <b>Boîte 4</b>      | 6         | 4        | 3         | 7        | 10  | 10  | 6         | 4        | 5         | 5        | 10  | 10  |

**Annexe 7 : Les résultats obtenus par l'huile de Menthe (*Mentha spicata* L.).**
**Tableau 1 : Les résultats obtenus du test par Contacte sur les adultes de *Bruchidius atrolineatus*.**

| Dose( $\mu$ l)<br>Boîtes          | 6 $\mu$ l |          |           |          |     |     |
|-----------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----|-----|
|                                   | 24h       |          | 48h       |          | 72h | 69h |
|                                   | Viv<br>Re | Mo<br>rt | Viv<br>re | Mo<br>rt | M   | M   |
| <b>Témoin(0<math>\mu</math>l)</b> |           |          |           |          |     |     |
| <b>Boîte 1</b>                    | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  |
| <b>Boîte 2</b>                    | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  |
| <b>Boîte 3</b>                    | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  |
| <b>Boîte 4</b>                    | 0         | 10       | 0         | 10       | 10  | 10  |