

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique
Université A - Mira de Bejaïa

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de Sciences Biologique de l'Environnement
Spécialité Biologie animale



Réf

Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Étude des possibilités d'utilisations des parasitoïdes et des huiles
essentielles pour le contrôle de *Callosobruchus maculatus*
(*Coleoptera : Bruchinae*)**

Présenté par :

BAZIZ Kahina

Soutenu le : 02 Juillet 2025.

Devant le jury composé de :

Mme. HAMAIDI – BENAOUICHA G	MAA	Présidente
Mme. BENKHELLAT – ADJAOU D	MCB	Encadreur
Mme. BENSALD – MESSAOUDI B	MAA	Examinatrice

Année universitaire : 2024/ 2025



Remerciement

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères et les Profonds au Dieu le tout puissant de m' avoir accordé courage,

Patience, connaissances et volonté pour accomplir ce travail

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à la reine de mon cœur, ma chère maman, qui a été à la fois une mère et un père pour moi, tu as toujours été présente à mes côtés dans toutes les épreuves, sans jamais me lâcher quoi qu' il arrive

Merci à moi-même

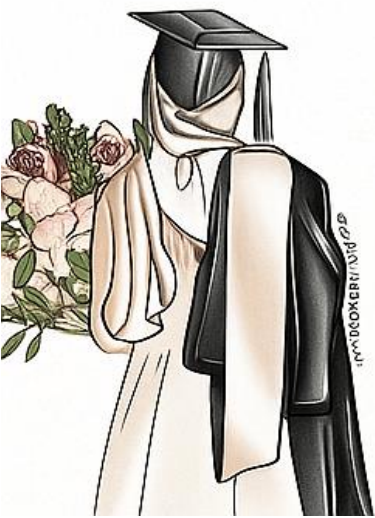
*Pour n' avoir jamais abandonnée malgré les doutes, la fatigue et les obstacles
Pour chaque heure de travail, chaque remise en question, chaque pas vers l' avant*

Un grand merci à ma promotrice, Mme O. Benkhellat, pour son soutien inestimable, son expertise scientifique et sa patience tout au long de ma recherche.

Je suis également reconnaissante envers les membres du jury Mme HAMADI-BENAOUCHA G et Mme BENSAD-MESSAOUDI B pour avoir accepté d'évaluer mon travail et pour leurs remarques.

Soyons reconnaissants aux personnes qui nous Donnent du bonheur : « elles sont les charmants Jardiniers par qui nos âmes sont fleuries »

Merci à tous et a toutes.



Dédicace

Je dédie ce travail à :

La mémoire de mon père, Smâil

« Ton départ a laissé un vide immense, mais ton amour, tes valeurs et tes conseils continuent à me guider chaque jours »

Je te dédie ce travail avec tout mon amour et une infinie reconnaissance.

Ton souvenir vit en moi, comme une lumière qui ne s'éteint jamais

Ma mère, mon diamant,

« Toi qui as été une mère au courage de papa, tu m'as construit et guidé, tu m'as élevée avec dignité, courage et amour ».

« Tu as été le pilier de ma vie, ma force silencieuse, mon repère inébranlable. Ce mémoire est le fruit de tes sacrifices, et ta patience et de ton amour inconditionnel ».

Je te le dédie avec toute ma reconnaissance, mon respect et mon amour éternel.

Mes chers frères

Abdenour Mabrouk, et à mon fidèle soutien, Djafar. Vôtres présence, vos encouragements et votre affection ont été d'une grande importance tout au long de ce parcours.

Mes coups de cœur, Mes sœurs

Sonia et Dalia, merci pour vôtres amour et votre soutien précieux, Grâce à vous la troisième princesse a réussi.

Mes beaux frères

Edouard et Lounes, merci pour votre soutien et votre bienveillance

Mes neveux et nièces

Zacharya, Smâil, Ahecn, Randa, Célia, Nélia, Tasnim, Cirta, Taline, Zamar

Votre sourire et votre joie sont une lumière de ma vie

Mes chers amis : Taous, Lyfia, Hamza, Feriel, Zahia, Houda, Sabrina, Raouf



2025

SOMMAIRE

Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. La plante : <i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp (Niébé) :.....	3
1.1. Description :.....	3
1.2. Position Systématique	3
1.3 Importance agronomique et alimentaire de <i>Vigna unguiculata</i> :	5
1.3.1 Importance agronomique :	5
1.3.2 Importance alimentaire :	5
1.4 Stockage et conservation de graines de <i>Vigna unguiculata</i> (niébé) :	6
1.5 Méthodes de stockage des graines de <i>Vigna unguiculata</i> (niébé) :	6
1.5.1 Stockage en sac :	6
1.5.2 Stockage en vrac :	6
1.5.3 Stockage hermétique (inertage) :	6
1.5.4 Stockage sous atmosphère contrôlée ou modifiée :.....	7
1.5.5 Stockage à température réduit :.....	7
1.5.6 Emballage sous vide et utilisation de dessiccant :.....	7
1.6 Problèmes causée pondant la conservation des grains de <i>Vigna unguiculata</i> (niébé) : 7	
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES	
1.- Matériels biologique :	8
1.1. Le coléoptère ravageur des graines de <i>Vigna unguiculata</i> : <i>Callosobruchus maculatus</i>	8
1.1.1. Position systématique de <i>Vigna unguiculata</i> :.....	8
1.1.2. Description de l'insecte <i>C. maculatus</i> :	9

1.1.2.1. L'œuf	9
1.1.2.2. La larve.....	9
1.1.2.3. La nymphe	10
1.1.2.4 L'adulte	10
1.1.3. Cycle de développement de <i>C. maculatus</i> :.....	11
1.1.4. Dégâts et pertes :.....	12
1.1.5. Moyennes de lutte :.....	13
1.1.5.1. Lutte préventive :	13
1.1.5.2. Lutte curative :	13
1.1.5.3. lutte physique :	13
1.1.5.4. Lutte chimique :	14
1.1.5.5. Lutte biologique :	14
1.2. Les parasitoïdes	14
1.2.1. L'hyménoptère parasitoïde : <i>Anisopteromalus calandrae</i>	15
1.2.1.1. Description morphologiques de <i>Anisopteromalus calandrae</i> :.....	15
1.2.1.2. Systématique :.....	15
1.2.1.3. Cycle biologique.....	15
1.3. Les huiles essentielles	16
1.3.1. Généralité sur les espèces de genre <i>Thymus</i> :.....	16
2- Matériel expérimental :	17
3. Méthodes :.....	18
3.1 Elevage des insectes au laboratoire :	18
3.1.1 Conditions d'élevage :	18
3.1.2 Élevage des bruches :	19
3.1.3 Élevage des parasitoïdes :	19
4. protocoles expérimentaux :	21
4.1 Préparation des larves de Bruches (Graines à un hôte) :	21
4.2. Extraction des huiles :.....	21
4.3 Tests biologiques :	22
4.3.1 Effet des huiles essentiels sur les stades larvaires de <i>C. maculatus</i> :.....	22
4.3.2 Test de lutte avec hyménoptère parasitoïde (<i>Anisopteromalus calandrae</i>) :.....	23

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats :	26
1.1 Rendement des huiles essentielle :	26
1.2 Effet des huiles essentielles sur les larves L1 de <i>C. maculatus</i> :	26
1.3 Effet des huiles essentielles sur les larves L4 de <i>C. maculatus</i> :	27
1.4 Effectif d'émergence en effet de combinaison de l'huile essentielle de <i>T. fontanesii</i> et du parasitoïde <i>A. calandrae</i> :	28
1.5 Effectif d'émergence en effet de Combinaison de l'huile essentielle de <i>T. hirtus</i> et du parasitoïde <i>A. calandrae</i>	28
1.6. Effets des huiles essentielles <i>thymus fontanesii</i> et <i>thymus hirtus</i> sur des larves de <i>Callosobruchus maculatus</i> :	29
2-Discussion :	30
2.1 : Effets des huiles essentielles sur les bruches :	30
2.2 Effet de l'introduction des parasitoïdes sur les populations de bruches :	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : la plante hôte, <i>Vigna unguiculata</i>	4
Figure 2 : Les larves de <i>C. maculatus</i>	9
Figure 3 : Nymphe de <i>C. maculatus</i>	10
Figure 4 : Adults <i>C. maculatus</i> (A: female ; B: male)	11
Figure 5 : Cycle biologique de <i>Callosobruchus</i>	12
Figure 6 : Graine de niébé attaquée par l'espèce <i>C. maculatus</i>	13
Figure 7 : Adultes parasitoïdes <i>A. calandrae</i> (A-male ; B-femelle)	15
Figure 8 : Espèces thymus (A- <i>T. hirtus</i> , B- <i>T. fontanesii</i>)	17
Figure 9 : Matériel utilisé.	18
Figure 10 : Elevage d'espèce <i>C. maculatus</i>	19
Figure 11 : Elevage de l'espèce <i>A. calandrae</i>	21
Figure 12 : Dispositif d'hydrodistillation (type Clevenger) utilisé pour l'obtention des	22
Figure 13 : réalisation de test avec huiles essentielles	23
Figure 14 : Réalisation de test de lutte avec <i>A. calandrae</i>	24
Figure 15 : Pourcentage de rendement des huiles essentiel en fonction de type de huile (<i>Thymus fontanesii</i> et <i>Thymus hirtus</i>)	26
Figure 16 : Pourcentage de taux d'émergence des L1 de <i>C. maculatus</i> en fonction d'effet des huiles essentiel	27
Figure 17 : Pourcentages de taux d'émergence des L4 de <i>C. maculatus</i> en fonction des huiles essentiel	27
Figure 18 : Variation des effectifs moyens d'émergence en fonction de combinaison d'huile de <i>T. fontanesii</i> et parasitoïde <i>A. calandrae</i>	28
Figure 19 : effectifs moyens d'émergence de <i>C. maculatus</i> en fonction de traitements d'huile de <i>T. hirtus</i> et parasitoïde <i>A. calandrae</i>	29
Figure 20 : Effectifs moyens d'émergence d' <i>A. calandrae</i> dans les traitements combines avec les huiles essentielles	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : position systématique de <i>Vigna unguiculata</i>	3
Tableau 2 : Position systématique de l'espèce <i>Callosobruchus maculatus</i>	8
Tableau 3 : position systématique d' <i>Anisopteromalus calandrae</i> est un hyménoptère	15
Tableau 4 : Taxonomie des espèce <i>Thymus fontanesii</i> et <i>Thymus hirtus</i>	17

LISTE DES ABRÉVIATIONS

FAO: Food and Agricultural Organization

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Hr : Humidité relative

HE : Huile essentielle



**INTRODUCTION
GENERALE**

Introduction :

Les légumineuses constituent une vaste catégorie de plantes, regroupant des espèces cultivées à travers le monde pour leurs multiples usages (Come et al., 2006). Elles figurent parmi les cultures alimentaires les plus répandues chez l'homme (Hamadache et al., 1997). Certaines espèces sont cultivées pour leurs graines riches en amidon (comme la fève, le haricot, la lentille, le pois et le pois chiche), en huile (comme l'arachide et le soja) ou en protéines (telles que le fenugrec, le lupin et le soja). D'autres, comme les trèfles, les luzernes, le sainfoin et le lotier, sont destinées à l'alimentation animale, constituant une source importante de protéines (Come et al., 2006). En outre, les légumineuses jouent un rôle clé dans les systèmes agricoles grâce à leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et à rompre les cycles de monoculture céréalière, contribuant ainsi à l'amélioration des rendements agricoles (Hamadache et al., 1997).

Cependant, la conservation des récoltes de légumineuses reste un enjeu majeur pour la sécurité alimentaire. La production agricole étant saisonnière, tandis que les besoins des consommateurs s'étendent sur toute l'année, il est essentiel de mettre en place des politiques phytosanitaires adaptées. Ces politiques visent à prévenir les pertes de récoltes pendant l'intersaison agricole et à protéger les populations des risques de pénurie alimentaire. Parmi les principaux défis, le contrôle des insectes ravageurs des stocks est crucial. Les dégâts causés par ces insectes peuvent entraîner des pertes économiques considérables, des famines et des risques sanitaires liés à la consommation de produits avariés ou contaminés par des pesticides (Zuoxin et al., 2006).

Parmi les insectes phytophages les plus nuisibles, les coléoptères de la famille des Bruchidae occupent une place importante. Ces insectes pondent leurs œufs sur les graines ou les gousses matures des légumineuses. Les larves se développent à l'intérieur des graines, tandis que les adultes mènent une vie indépendante (Farrelle, 2002). Des études ont montré que chaque espèce de Bruchidae est spécifique à un nombre limité de plantes hôtes (Jansen, 1977 ; Center et Johnson, 1974).

Pour lutter contre ces ravageurs, les méthodes chimiques ont longtemps été privilégiées. Cependant, l'usage intensif de pesticides a engendré des effets indésirables, tels que l'apparition de résistances chez les ravageurs, la contamination de l'environnement et des risques pour la santé humaine (Gueye, 2011). Ces problématiques ont conduit à une recherche accrue d'alternatives durables.

INTRODUCTION GENERALE

La lutte biologique, bien qu'ancienne, se présente comme une solution prometteuse pour protéger les cultures contre les phytophages. Parmi les approches utilisées, l'emploi de parasitoïdes et d'huiles essentielles offre de nombreux avantages. Les parasitoïdes, par exemple, sont très spécifiques à leurs hôtes, ne présentent aucun danger pour la santé humaine ou l'environnement, et s'intègrent facilement dans des écosystèmes spécifiques (**Bovin, 2001**).

En Algérie, les légumineuses comestibles occupent une place importante dans les systèmes agricoles, répartis sur diverses régions agro-écologiques. Cependant, la production nationale reste insuffisante pour répondre à la demande intérieure, obligeant le pays à recourir aux importations. Par ailleurs, d'importantes quantités de légumineuses sèches sont perdues chaque année en raison des attaques d'insectes phytophages (**FAO, 2006**).

L'utilisation des huiles essentielles dérivées des plantes est devenue l'un des moyens les plus étudiés pour contrôler les insectes nuisibles. De nombreuses études ont été consacrées à leur utilisation dans la sauvegarde des stocks (**Gueye, 2011, Mouhouche, Kellouche, 2005**), certaines recherches cherchent à exploiter les variétés sauvages pour l'établissement de stratégies de lutte non polluantes destinées à protéger les produits entreposés, chaque plante étant équipée d'un ensemble de composés défensifs généraux dont la fonction est de garantir la protection des graines des denrées stockées (**Karbache, 2009**).

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'efficacité de l'huile essentielle extraite de deux espèces végétales du genre *Thymus* ainsi que de l'hyménoptère parasitoïde *Anisopteromalus calandrae* comme agents de contrôle biologique contre le coléoptère ravageur des stocks de niébé, *Callosobruchus maculatus*. Ce projet vise à remplacer les produits chimiques par des méthodes agro-phytosanitaires biologiques, respectueuses de l'environnement et sans danger pour les écosystèmes.



CHAPITRE I
REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. La plante : *Vigna unguiculata* (L) Walp (Niébé) :

1.1. Description :

Le niébé, ou *Vigna unguiculata* (L.) Walp., est l'une des principales légumineuses alimentaires cultivées dans le monde. Le genre *Vigna* a été nommé en 1824 par Gaetano Savi, en hommage à Domenico vigna. Le nom spécifique *unguiculata*, dérivé du latin *unguiculus* (« petit ongle »), fait référence à une petite excroissance en forme d'ongle, notamment visible à l'extrémité de la gousse qui se termine en crochet. Cette plante annuelle et herbacée est autogame, c'est-à-dire qu'elle s'autopollinise. Elle présente une grande diversité de formes et de caractéristiques physiologiques, allant de variétés rampantes à semi-rampantes, voire dressées. Son inflorescence, en grappe simple ou en racème, porte des fleurs typiques du type papilionacé, de couleur jaune ou violette. Le fruit est une gousse non déhiscente de 7 à 15 cm de long, contenant entre 8 et 15 graines (Murdock, 1959).

1.2. Position Systématique

Selon Chung et al. (2007), *V. unguiculata* occupe la position systématique suivante :

	Classification
Régne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Fabales
Famille	Fabacées
Sous famille	Papilionacées
Genre	<i>Vigna</i>
Espèce	<i>Vigna unguiculata</i> L. (Walp)

Tableau 1 : Position Systematique de *Vigna unguiculata*

Selon les données officielles de la FAO, la superficie mondiale de la culture des légumineuses alimentaires était d'environ 96 millions d'hectares en 2022,

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Le niébé, légumineuse traditionnelle bien ancrée dans certaines régions d'Algérie, est connu sous différents noms locaux : Lubia Kabyle en Kabylie, Tadelaght dans les oasis du Sud, ou encore Lubia Arebi dans la région d'El Kala. Sa culture et sa consommation sont profondément liées aux pratiques agricoles et culinaires locales, notamment en Kabylie, dans l'Est de la wilaya d'El Taref, ainsi que dans le Sahara. Au-delà de son rôle alimentaire, le niébé est parfois valorisé pour ses propriétés thérapeutiques selon les savoirs populaires (Ghalmi *et al.*, 2005). Par ailleurs, la culture des légumineuses en Algérie représente un enjeu national majeur. Elle s'inscrit dans une stratégie visant à renforcer la sécurité alimentaire, réduire la facture des importations et atténuer la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger (Zaghouane, 1997).

Le niébé est cultivé notamment dans la région d'El Taref ainsi que dans les zones sahariennes. Au-delà de son importance alimentaire, cette légumineuse est également reconnue, dans le cadre des savoirs traditionnels, pour certaines propriétés thérapeutiques (Ghalmi *et al.*, 2005). Par ailleurs, le développement des cultures de légumineuses en Algérie constitue un enjeu stratégique majeur. Il s'inscrit dans une politique nationale visant à renforcer la sécurité alimentaire, à réduire la dépendance vis-à-vis des importations et à limiter la vulnérabilité économique du pays face à l'étranger (Zaghouane, 1997).

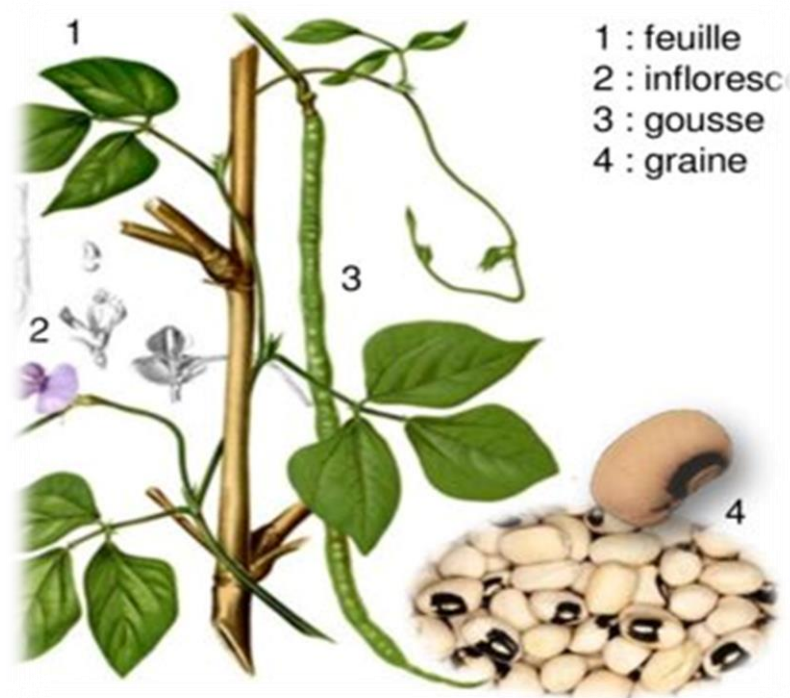


Figure 1 : La plante hôte, *Vigna unguiculata*

[Vigna unguiculata \(Walp\).](http://fr.wikipedia.org/wiki/Vigna_unguiculata_sesquipedalis) (Source: http://fr.wikipedia.org/wiki/Vigna_unguiculata_sesquipedalis)

1.3 Importance agronomique et alimentaire de *Vigna unguiculata* :

1.3.1 Importance agronomique :

Le niébé (*Vigna unguiculata*) occupe une place importante dans les systèmes agricoles en raison de ses multiples bénéfices agronomiques. En symbiose avec les *rhizobiums*, ses racines fixent l'azote atmosphérique, contribuant ainsi à la restauration de la fertilité des sols (Muleba et al., 1997). D'après (Bado, 2002), une culture pure de niébé est capable de fixer entre 50 et 115 kg d'azote par hectare, couvrant 52 à 56 % de ses propres besoins. Par ailleurs, le niébé permet de réduire l'utilisation des engrais azotés : un précédent cultural équivaut à un apport de 25 kg N/ha pour la culture suivante (Bado, 1999). Il s'agit donc d'un excellent précédent pour les céréales, favorisant une rotation culturale durable.

Au-delà de la fixation de l'azote, le niébé contribue à l'amélioration des propriétés physiques et biologiques du sol (Hoshikawa, 1990) et à la solubilisation du phosphore grâce à ses exsudats racinaires (Gardener et al., 1981). Lorsqu'il est cultivé en association avec le sorgho ou le mil, il aide à la lutte contre *Striga hermonthica* en réduisant le stock de semences dans le sol (Borget, 1989). Sa couverture végétale permet de maintenir l'humidité du sol (Dabiré, 2001).

Tolérant à la sécheresse et aux fortes températures (Bal, 1992), le niébé valorise efficacement les apports organiques et phosphatés (Boer, 1989). Enfin, il facilite l'intégration agriculture-élevage : les fanes servent d'aliment pour le bétail, dont les déjections fertilisent à leur tour les champs (Kaboré, 2004).

1.3.2 Importance alimentaire :

Grâce à sa richesse nutritionnelle, notamment une teneur élevée en protéines (22-24 %), le niébé joue un rôle essentiel dans l'équilibre alimentaire des populations sahéliennes, dont le régime est principalement fondé sur les céréales (BAL et al, 1992). Cette fonction nutritive est confirmée par les analyses chimiques des graines. Au Burkina Faso, toutes les parties de la plante — feuilles, gousses vertes et graines — sont couramment utilisées dans la préparation de divers plats, aussi bien en milieu rural qu'urbain (Dabire, 1992).

Le niébé entre ainsi dans la composition de sauces, couscous, « gonré », beignets, etc. Sa production, généralement plus précoce que celle des céréales traditionnelles, permet à de nombreux ménages agricoles de mieux faire face à la période de soudure durant l'hivernage (Anonyme 3, 1995 ; Anonyme 1, 2003)

1.4 Stockage et conservation de graines de *Vigna unguiculata* (niébé) :

Le niébé également, connu sous le nom de pois à œil noir, est une légumineuse riche en protéines, largement cultivée en Afrique de l'Ouest. Toutefois, sa conservation après récoltes pose des défis en raison des attaques des insectes, de l'humidité et des champignons, ce qui peut engendrer des pertes significatives. Pour garantir sa qualité, il est crucial d'adopter des méthodes de stockage appropriées, comme indiquent **(Baoua et al. 2012)**.

1.5 Méthodes de stockage des graines de *Vigna unguiculata* (niébé) :

1.5.1 Stockage en sac :

La méthode traditionnelle de conservation en sacs consiste à stocker les grains dans des contenants en jute, en plastique ou en tissu. On peut stocker ces sacs à l'extérieur ou dans des espaces bien ventilés. Ce mode requiert une ventilation adéquate pour prévenir l'humidité et la multiplication des insectes **(Giovanni et al, 2016)**.

1.5.2 Stockage en vrac :

Cette technique implique le stockage de grandes quantités de grains dans des silos, des fosses ou des conteneurs étanches. Ces infrastructures offrent un meilleur contrôle des conditions de stockage, spécifiquement en limitant l'influx d'air et en régulant l'humidité **(FAO, 1997)**.

1.5.3 Stockage hermétique (inertage) :

La méthode moderne de conservation étanche dans des silos ou des sacs imperméables vise à diminuer la quantité d'oxygène accessible pour les insectes et les micro-organismes. Par exemple, l'inertage fait appel à une méthode qui permet aux grains et à la microflore de consommer de l'oxygène pour produire du CO₂, ce qui inhibe l'activité enzymatique et assure la conservation des grains sur une durée prolongée. Il est indispensable d'avoir un système de compensation pour les variations de volume dues à la température afin de préserver l'étanchéité **(Eureden, 2021)**.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.5.4 Stockage sous atmosphère contrôlée ou modifiée :

Cela vise à modifier la composition de l'air entourant les grains pour freiner leur détérioration, minimiser le développement microbien et éviter les invasions d'insectes. Cette technique est particulièrement utile pour étendre la longévité du niébé (Murdock et al, 2012).

1.5.5 Stockage à température réduit :

C'est une méthode de conservation qui consiste à stocker les graines de niébé dans un cadre à température contrôlée ou fraîche (généralement en dessous de 20 °C), pour minimiser les infestations d'insectes, les champignons, ainsi que la dégradation de la valeur nutritive, tout en étendant la durée de conservation (Gayrard, 2016).

1.5.6 Emballage sous vide et utilisation de dessiccant :

L'emballage sous vide implique l'élimination de l'air d'un contenant renfermant un produit avant sa fermeture à la manière d'un container hermétique. Cette méthode sert à minimiser l'activité des insectes, à freiner la détérioration des grains et à étendre leur durée de conservation (Murdock et al, 2013).

1.6 Problèmes causée pondant la conservation des grains de *Vigna unguiculata* (niébé) :

Le stockage du niébé après la récolte présente d'importants défis, surtout pendant la phase de conservation. Les graines de niébé sont très sensibles aux attaques d'insectes nuisibles, comme *Callosobruchus maculatus*, et à des conditions environnementales négatives telles que l'humidité, la chaleur et les moisissures. Ces difficultés peuvent causer des diminutions importantes en volume et en qualité, diminuant par conséquent la valeur commerciale et l'accessibilité de ce produit. Il est donc crucial de comprendre les raisons de ces dégradations lors du stockage afin d'optimiser la préservation du niébé, de protéger les revenus des agriculteurs et d'assurer la sécurité alimentaire (Tazerouni et al, 2015). La plus favorisée dans les programmes de recherche vus ses intérêts économiques et agro-environnementaux qui permettent le maintien d'un équilibre bioécologique (CLOUTIER et CLOUTIER, 1992).



CHAPITRE II
MATERIELS ET
METHODES

1.- Matériels biologique :

- La plante hôte (graine de niébé) : *Vigna unguiculata*.
- Le phytophage hôte (coléoptère ravageur Bruchidae) : *Callosobruchus maculatus*.
- L'hyménoptère parasitoïde : *Anisopteromalus calandrae*.
- Huiles essentielles de thymus : *Thymus fountesii* et *Thymus hirtus*.

1.1. Le coléoptère ravageur des graines de *Vigna unguiculata* : *Callosobruchus maculatus*

Le coléoptère Bruchidae, *C. maculatus*, est un insecte qui se développe principalement sur diverses espèces de légumineuses du genre *Vigna*, qu'elles soient sauvages ou cultivées. Cette espèce est responsable des dommages les plus importants aux réserves de niébé (**Jackai et al., 1986**). Les stocks de graines endommagées peuvent être facilement identifiés grâce à la présence persistante des coquilles d'œufs qui demeurent à la surface après l'éclosion. De plus, les graines présentent des loges de nymphose, visibles par transparence lorsque les larves de bruches atteignent un stade avancé de développement (**Monge et al., 1988**).

1.1.1. Position systématique de *Vigna unguiculata* :

Callosobruchus maculatus, l'espèce fut décrite pour la première fois par (**Fabricius en 1775**). Sa position systématique actuelle a été précisée par (**Bridwellen,1929**) puis par **Southgate en 1979** *C. maculatus* occupe la position systématique suivante :

	classification
Régne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Coleoptera
Sous ordre	Heteroptera
Super famille	Phytophagoidea
Famille	Chrysomelidae (Bruchinae)
Sous famille	Bruchinae
Genre	<i>Callosobruchus</i>
Espèce	<i>Callosobruchus maculatus</i>

Tableau 2 : Position systématique de l'espèce *Callosobruchus maculatus* (bridwellen ,1929 et southgate , 1979)

1.1.2. Description de l'insecte *C. maculatus* :

1.1.2.1. L'œuf

L'œuf est de forme ovoïde et inégale avec un chorion robuste, est d'une couleur blanche translucide, prend une teinte blanc laiteux après l'éclosion. Sa taille varie de 0,4 à 0,7 mm en longueur et de 0,3 à 0,45 mm en largeur. Il se fixe sur les gousses et les graines après la ponte (**Balachowsky, 1962**).

1.1.2.2. La larve

Balachowsky (1962), signale qu'il existe quatre stades larvaires (Fig.2) :

- Première stade larvaire, larve néonate (L1) : elle présente un type chrysomélien avec un corps de couleur blanche. Elle a une plaque pro thoracique et trois paires de pattes fines qui ne sont pas opérationnelles. Elle se manifeste en permanence à l'endroit où l'œuf est déposé à l'intérieur.
Y compris celui-ci 24 à 48 heures après son éclosion, elle s'introduit dans la graine se développe au sein du cotylédon.
- Larve au second stade (L2) : elle présente une morphologie de type rhynchophore et a un corps de couleur blanche. La tête présente une couleur marron-jaunâtre et est dotée d'une paire d'antennes à trois segments. Elle n'a pas de plaque pro thoracique ni de pattes. Elle évolue et transforme la galerie en une alcôve où se déroulera la prochaine mue aura lieu.
- Troisième stade larvaire (L3) : elle ne possède pas de pattes, tout comme la L2. Elle poursuit son développement dans une seconde logette où elle prend énormément du volume et mue.
- Quatrième stade larvaire (L4) : elle se distingue uniquement par sa taille des stades L2 et L3. Elle continue à se développer, s'épaississant en formant une troisième logette où se déroulera la nymphose.

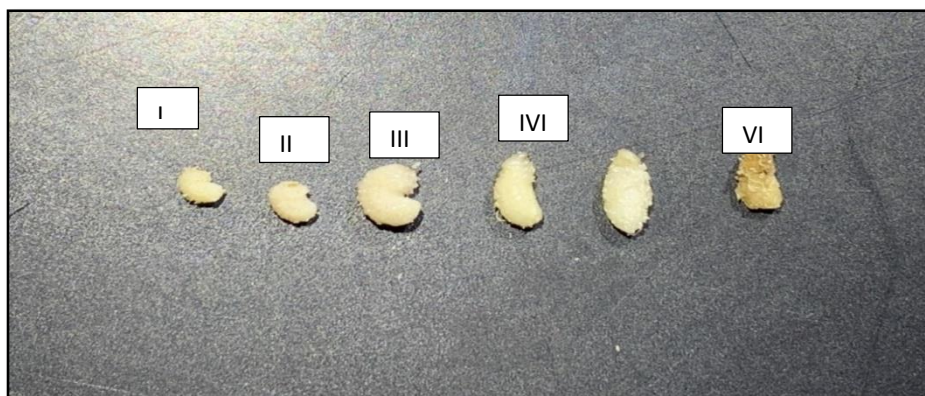


Figure 2 : Les larves de *C. maculatus* (I : larve primaire, II : larve deuxième stade, III : larve Troisième stade, IV : larve quatrième stade), V : prénymphe, VI : nymphe. (original,2025)

1.1.2.3. La nymphe

Au début, la nymphe est de couleur blanchâtre et porte encore sur son côté ventral l'exuvie de la larve du quatrième stade. Par la suite, ses organes subissent une sclérification graduelle pour donner l'imago. La nymphose se déroule dans la logette édifiée par la L4, aussi appelée troisième logette (fig.3). Avant de se métamorphoser, la nymphe demeure dans cette petite alcôve pendant 24 à 48 heures (Jaloux.,2004).



Figure 3: Nymphe de *C. maculatus* (originale 2025)

1.1.2.4 L'adulte

L'adulte de *C. maculatus* a une forme compacte et globulaire, avec une longueur qui varie entre 3 et 3,8 mm selon, le corps présente une teinte rougeâtre, la tête est noire, et les antennes ainsi que le pronotum affichent une tonalité claire ou brune. Ça durée de vie de 6 à 8 jours. (Hoffman ,1954) (Fig. 4)

La femelle de *C. maculatus* est plus grande et présente une couleur moins rougeâtre que le mâle. Cet insecte se caractérise par son pygidium qui présente une profonde échancrure au dernier anneau ventral, tandis qu'il est complet chez la femelle. Ce dimorphisme est

également illustré par l'extension des sept derniers articles antennaires chez le mâle (Balachowsky, 1962, Ouedraogo,1991).



Figure 4: Adulte de *C. maculatus*. (A) : Vue dorsale d'une femelle ; (B): vue dorsale d'un mâle ((Brown et Downhower, 1988)

1.1.3. Cycle de développement de *C. maculatus* :

Selon (Hoffmann ,1945), *C. maculatus* complète son cycle de vie, de l'œuf à la phase adulte, en 28 jours lorsqu'il est maintenu dans un environnement de laboratoire à 27°C avec une humidité relative de 70%. L'éclosion survient peu après la fécondation, stimulée par la présence de certaines légumineuses. Entre 75 et 100 œufs sont pondus à chaque fois, et ce processus peut durer de 15 jours à un mois. L'incubation peut durer de 3 à 6 jours dans des conditions optimales, cependant elle peut s'étendre sur plusieurs semaines lorsque les températures sont basses, selon (Jarraya, 2003).

Le taux de survie varie selon la température et la souche de *C. maculatus*. Il est de 81,9 % pour la souche Malawi et de 87,7 % pour la souche brésilienne si la température est de 30 °C et quand l'hôte est le niébé (Giga et Smith ,1983) (Fig.5).

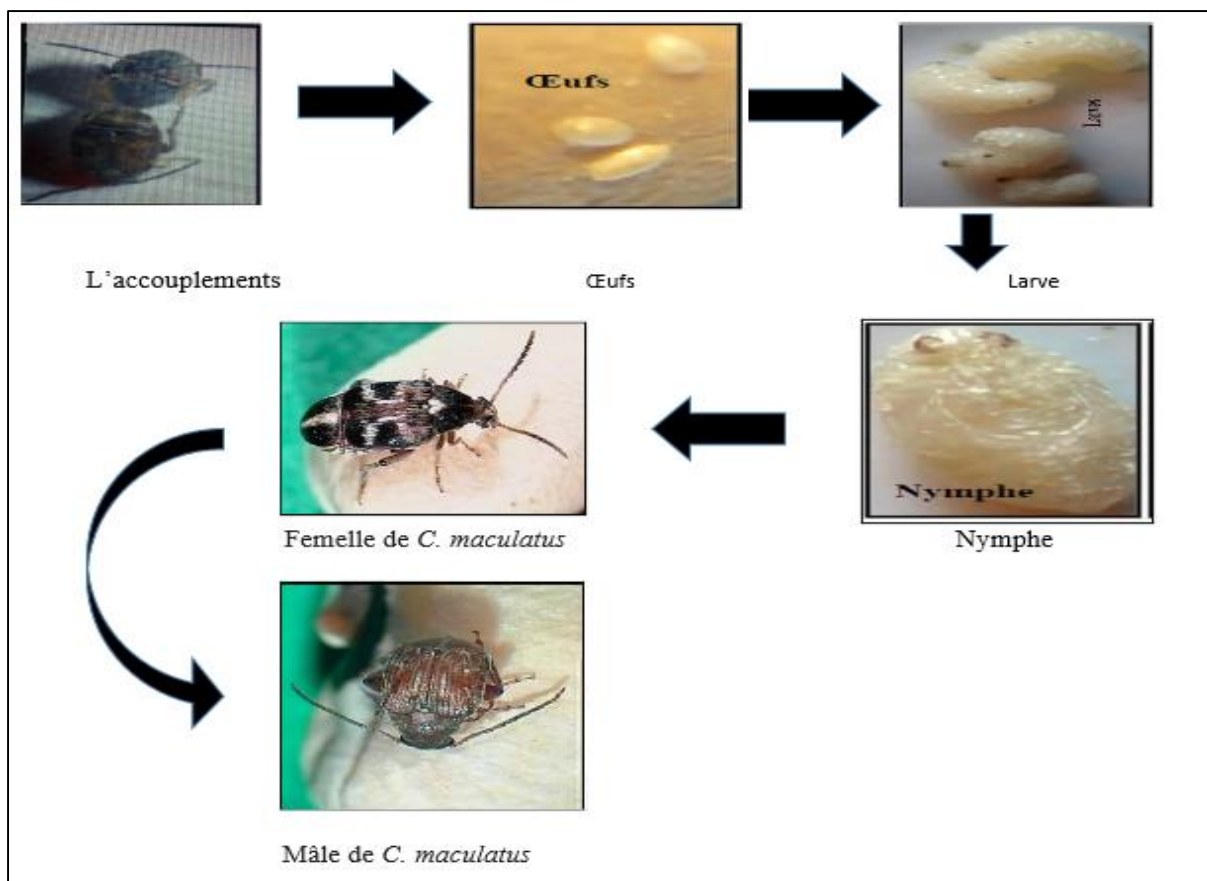


Figure 5 : Cycle biologique de *Callosobruchus* (BOUGUETTAYA ,2019)

1.1.4. Dégâts et pertes :

Les insectes de la famille Bruchidae représentent sûrement l'un des principaux obstacles à l'expansion des cultures de légumineuses à graines, ainsi que pendant leur stockage. Plusieurs recherches menées dans divers pays d'Afrique ont démontré que durant le stockage du niébé, le taux d'infestation initial par les bruches est habituellement sous la barre des 5% (OUEDRAOGO, 1991).

Les dommages infligés aux dépôts de stockage se manifestent par des pertes en quantités et en qualité des graines légumineuses, indiquées par une baisse de leur valeur nutritive.

- Une diminution de la capacité germinative.
- Une contamination du produit par des résidus (déjections, exuvies, cadavres, etc.) entraîne une impropriété à la consommation (KELLOUCHE et al. 2004) (fig.6).



Figure 6 : Graine de niébé attaquée par l'espèce *C.maculatus* (originale,2025)

1.1.5. Moyennes de lutte :

La lutte préventive vise à diminuer l'infestation tout au long du processus de production jusqu'à la mise sur le marché, c'est-à-dire avant et après la culture.

La lutte curative devient indispensable lorsque les actions de prévention se révèlent sans effet (Simonet *al.* 1994 ; Mamou, 2003).

1.1.5.1. Lutte préventive :

Une désinfestation de l'entrepôt et des sacs vides, suivie d'un séchage des grains, est effectué dans le but de garder leur taux d'humidité au-dessous de 15%. Ces actions préventives sont cruciales pour minimiser ou même stopper toute infestation. (Simon et *al.*, 1994).

1.1.5.2. Lutte curative :

Cette méthode de lutte comprend : la lutte physique, la lutte chimique et la lutte Biologique (Simon et *al* ,1994).

1.1.5.3. Lutte physique :

La lutte physique contre les ravageurs des denrées stockées utilise des agents comme la température, les radiations ou les gaz inertes pour perturber ou éliminer les insectes. Le développement des ravageurs se situe généralement entre 25 et 35 °C ; au-delà de cette plage, leur reproduction cesse, et des températures extrêmes (< 5 °C ou > 45 °C) entraînent leur mort (Gwinner et *al.*, 1996).

Enfin, les atmosphères modifiées contenant plus de 60 % de CO₂ ou de N₂ sont également très efficaces pour éliminer les ravageurs sans résidus chimiques (**While et Jayas, 1996**).

1.1.5.4. Lutte chimique :

La lutte chimique contre *Callosobruchus maculatus* repose principalement sur l'utilisation d'insecticides fumigeant et de pesticides de contact. Ces substances chimiques permettent de diminuer considérablement la prolifération des insectes lors de la conservation des graines. Toutefois, leur utilisation soulève des inquiétudes quant à leur toxicité pour l'homme et l'environnement, ainsi qu'à la présence de résidus dans les denrées stockées, ce qui pousse à explorer des alternatives plus sûres (**Fleurat-Leussard, 1978**).

Ces insecticides soient efficaces, leur emploi est limité par plusieurs contraintes, notamment la pollution des écosystèmes et le développement de résistances chez les insectes. Il est également essentiel de considérer les impacts de ces produits sur les ressources naturelles, telles que les sols et les eaux. La protection des espèces non ciblées contre les effets indésirables des résidus chimiques constitue également une préoccupation majeure (**Georchiou, 1987 ; OMS, 2009**).

1.1.5.5. Lutte biologique :

Cette méthode entre dans le cadre du développement durable et de la sauvegarde des écosystèmes. Elle vise à réduire les populations des insectes ravageurs, en utilisant leurs ennemis naturels qui sont soit des prédateurs, soit des parasites ou des agents pathogènes, ainsi que des produits naturels d'origine végétale comme des poudres minérales des huiles végétales, huiles essentielles..., issue de la phytothérapie. Actuellement, la lutte biologique est la méthode la plus favorisée dans les programmes de recherche vus ses intérêts économiques et agro-environnementaux qui permettent le maintien d'un équilibre bioécologique (**CLOUTIER, 1992**).

1.2. Les parasitoïdes

Les parasitoïdes sont parmi les agents de contrôle biologique potentiellement efficaces pour réguler les populations de ravageurs. Ils possèdent une bonne capacité de dispersion et de découverte de l'hôte, leurs emplois ne nuit pas à la santé du consommateur et de l'utilisateur, ils respectent l'environnement et ils ont une grande spécificité vis-à-vis de l'hôte (**Boivin ,2001**). De nombreux parasites et prédateurs de *C. maculatus* ont été identifiés, tels que les hyménoptères parasitoïdes qui se développent dans les greniers au détriment des œufs,

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

des larves et des nymphes de bruches, les plus efficaces sont : *Dinarmus basalis* et *Eupelmus vuilleti* (Sanon et al, 1999). *Anisopteromalus calandrae* (BENKHELLAT, 2016)

1.2.1. L'hyménoptère parasitoïde : *Anisopteromalus calandrae*

1.2.1.1. Description morphologiques de *Anisopteromalus calandrae* :

Anisopteromalus calandrae est un ectoparasitoïde solitaire idiobionte de divers coléoptères granivores, ses adultes affichent une couleur noire éclatante. Ils montrent une différence sexuelle en ce qui concerne la couleur de l'abdomen. Les mâles mesurent de 1,5 à 2 mm et présentent une absence de pigmentation à la base ventrale de l'abdomen. Islam et Nargis (1994), les femelles ont une taille variant de 2 à 2,5 mm et possèdent un abdomen d'un noir uniforme (islam 1993).

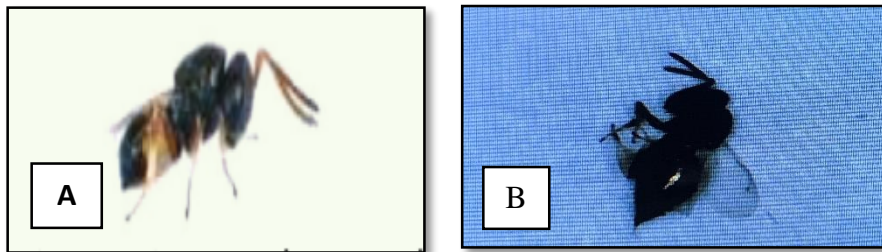


Figure 7 : Adultes parasitoïdes *A. calandrae* (A-male ; B-femelle (original,2025)).

1.2.1.2. Systématique :

	Classification
Ordre	Hymenoptera
Sous-ordre	Apocrita
Super-famille	Chalcidiodae
Famille	Pteromalidae
Genre	<i>Anisopteromalus</i>

Tableau 3 : Position systématique de *Anisopteromalus calandrae* (HOWARD,1881)

1.2.1.3. Cycle biologique

La femelle pond un œuf transparent et allongé sur l'hôte ou à proximité de celui-ci (Arbogast et Mullen, 1990). La larve émerge 24 à 30 heures après la ponte et son développement passe par trois phases larvaires. Selon les conditions, la durée de développement chez *Anisopteromalus calandrae* peut fluctuer. Dans des conditions contrôlées en laboratoire à 70 %, les parasitoïdes mâles émergent après environ $14,3 \pm 0,04$ jours tandis que les femelles

le font après environ $16,9 \pm 0,1$ jours. Néanmoins, à une température de 30°C avec une humidité de 70%, ce développement prend généralement entre 10 et 11 jours (**Islam,1993**)

1.3. Les huiles essentielles

Depuis longtemps, les plantes aromatiques ont été utilisées pour des fins médicaux ; elles sont traditionnellement utilisées pour protéger les graines entreposées (**Sanon et al, 2002**). Les huiles essentielles ont démontré une efficacité insecticide significative contre les insectes nuisibles des denrées stockées, que ce soit par contact, ingestion ou fumigation. De nombreuses études se sont attachées à améliorer les modes d'application de ces extraits végétaux afin d'en renforcer l'efficacité tout en optimisant leur coût d'utilisation (**Isman, 1994**). Leur action insecticide repose en grande partie sur leur nature volatile et leur faible taille moléculaire, qui leur permettent d'interagir facilement avec les insectes. En effet, plusieurs composants volatils de ces huiles influencent directement les récepteurs olfactifs des insectes, entraînant des réponses comportementales variées telles que la répulsion, l'attraction ou encore la stimulation de la ponte (**Regnault et al., 2012 ; Tripathi et al., 2009**). Ces extraits contiennent en moyenne de 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, des mono terpènes avec les phénols reliés et des terpènes plus complexes dont les sesquiterpènes) et dans une moindre proportion des composés phenyl propane, quelque fois, des produits de dégradation de composés non volatils également identifiés (**Chiasson et Beloin, 2007**).

1.3.1. Généralité sur les espèces de genre *Thymus* :

Selon **Quezel et Santa (1963)**, la classification des espèce *Thymus fontanesii* et *Thymus hirtus* est la suivante :

	Classification
Embranchement	Phanérogames
<i>Sous-embranchement</i>	Angiospermes
<i>Classe</i>	Eudicots
<i>Sous-clas</i>	Astéridées
<i>Ordre</i>	Lamiales
<i>Famille</i>	Lamiacées
Genre	<i>Thymus</i>
<i>Espèce 1</i>	<i>Thymus fontanesii</i>
<i>Espèce 2</i>	<i>Thymus hirtus</i>

Tableau 4 : Taxonomie des espèces *thymus fontanesii* et *thymus hirtus* (Quezel et santa ,1963)

➤ ***Thymus fontanesii* :**

Est un sous-arbrisseau aux tiges robustes et dressées, avec des feuilles caulinaires ovales, lancéolées ou linéaires-lancéolées, planes et à bords non-reversés, obtuses. Ses feuilles peuvent être de type linéaire ou linéaire-lancéolées. (Hadouchi F., et al, 2009). L'huile essentielle possède des propriétés antimicrobiennes, notamment bactéricide et fongicide, ainsi que des vertus médicinales traditionnelles antiseptiques, antispasmodiques et antitussives. Elle est également utilisée comme conservateur alimentaire naturel et pour ses effets pharmacologiques (Quezel et Santa, 1963).

➤ ***Thymus hirtus* :**

Le *Thymus hirtus sp. Algeriensis* (thym), également appelé « Mougecha » ou « Mazoukcha » (dans la région quelle région), est un représentant de la famille des Lamiacées et il est l'espèce la plus courante en Afrique du Nord. Les populations de *Thymus hirtus sp. Algeriensis* se distribuent des bioclimats subhumides aux bioclimats arides inférieurs, et ils croissent à des altitudes variant de 120 à 1100 mètres (Pottier-Alapetite G, 1981). L'huile de thym figure parmi les dix premières huiles essentielles à l'échelle mondiale, dotée de caractéristiques antimicrobiennes, antimycosiques et antioxydantes conservatrices alimentaires (Guesmi et al, 2014).



Figure 8 : Espèces *thymus* (A-*T. hirtus*, B- *T. fontanesii*)(Dobignard., et al.,1992)

2- Matériel expérimental :

Pour les différentes expériences, nous avons utilisé du matériel de nature variée (fig.9).

- Une étuve réfrigérée a été réglée à une température $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative de $70 \pm 5\%$, qui correspondent aux conditions optimales de développement du bruche du niébé, *C. maculatus* (F). Et du parasitoïde *A. calandreae*

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

- Des boîtes de Pétri en verre de 10 cm de diamètre et de 2 cm de hauteur, pour les tests
- Des boîtes de Pétri de 20 cm de diamètre et de 5 cm de hauteur, pour les élevages de masse de *C. maculatus* (F)
- Une micropipette (100µl) pour un pipetage de précision des huiles essentielles.
- Une loupe binoculaire pour les différentes observations.

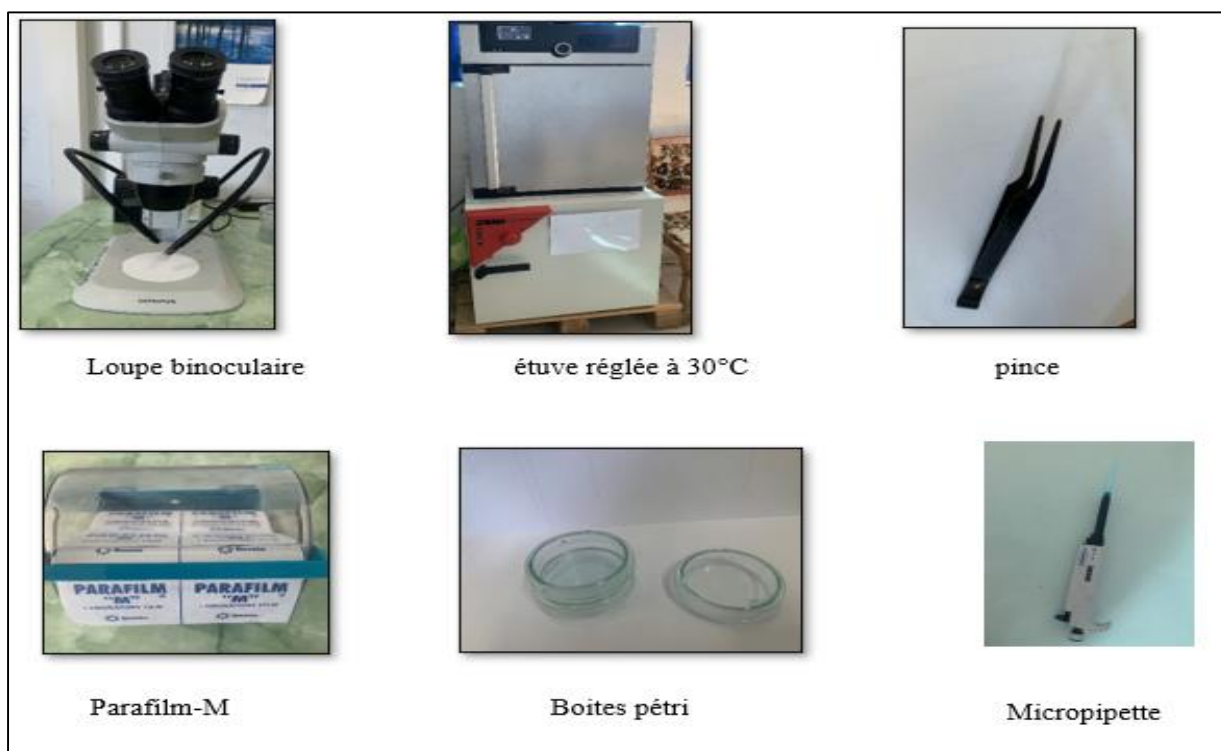


Figure 9 : Matériel utilisé (original,2025).

3. Méthodes :

3.1 Elevage des insectes au laboratoire :

3.1.1 Conditions d'élevage :

Les souches de *Callosobruchus maculatus* et *Anisopteromalus calandrae* utilisées pour notre expérience, provenant de Béjaïa, ont été conservées en laboratoire sur des grains de Niébé de la variété Black Eyes California dans une étuve sous les conditions suivantes : 25 ± 1 °C, 30 ± 1 °C, avec une humidité relative de $70 \pm 10\%$.

Pour éviter l'introduction d'autres espèces phytophages et empêcher la venue d'acariens entomophages particulièrement nuisibles dans les élevages, les graines de Niébé ont été congelées pendant quatre jours avant leur utilisation.

3.1.2 Élevage des bruches :

Les variétés de *Callosobruchus maculatus* utilisées pour l'expérimentation proviennent de Béjaïa et ont été conservées au laboratoire sur des graines de Niébé dans une chambre d'incubation, sous les conditions thermiques et photopériodiques suivantes : 30 degrés Celsius, avec une humidité relative de 70 %. Les graines de niébé ont été congelées avant leur utilisation afin d'empêcher l'introduction d'un autre phytophage, et aussi pour prévenir l'insertion dans les élevages d'acariens entomophages très préjudiciables.

Environ une trentaine de couples de bruches sont placés dans des petites boîtes en plastique (11X5,5cm) partiellement remplies de grains de niébé afin qu'ils puissent se reproduire. Dans ces conditions de délavage, l'espèce est polyvoltine, et le développement d'une génération prend environ 22 jours. Entre 17 et 19 jours après la ponte, les grains ont été passés au tamis pour retirer les insectes décédés et ont été classés en deux lots.

Pour les expériences, une partie de graines contenant des larves de Bruchus au stade L4 ou nymphes a été prélevée et placée dans un réfrigérateur à 4°C afin d'interrompre la croissance des larves et de permettre leur conservation pendant approximativement une semaine. Les autres graines étaient remises dans l'étuve jusqu'à leur apparition. Les Bruchus adultes provenant de ce lot ont été employés pour produire une nouvelle génération d'hôte.



Figure 10 : Elevage d'espèce *C. maculatus*(originale,2025).

3.1.3 Élevage des parasitoïdes :

La souche *Anisopteromalus calandrae* analysée provient de Bejaia. Cet insecte parasitoïde est observé en train d'exploiter les mêmes hôtes, à savoir *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granaerius* (Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (Bostrichidae) et

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

Callosobruchus maculatus (Bruchidae). Ces lignées ont été créées à partir de spécimens issus de graines de blé stockées dans un entrepôt local situé à AKBOU, dans la région de Béjaïa. Elle est conservée dans le laboratoire auprès de populations de *Bruchus* du haricot dans des conditions similaires à celles d'un milieu naturel.

Selon **Bellows (1985)**, les femelles d'*A. calandrae* préfèrent déposer leurs œufs sur les larves de stade L4, prénymphe et nymphe de *C. maculatus*. Tous les stades présentés aux femelles étaient des pré-nymphe et nymphe, qui ont une taille significative et peuvent être aisément identifiés à l'aide d'une loupe binoculaire.

Ces stades se développent 18 jours après la ponte dans les conditions de délavage. Les femelles parasitoïdes peuvent exploiter les boîtes présentées à l'intérieur d'une log. Au cours de nos expériences, nous avons utilisé des hôtes confinés à l'intérieur d'un log naturel, excavé par la larve de *Maculatus* dans une graine.

Les parasitoïdes sont élevés dans les mêmes conditions mentionnées sur des grains de niébé infestés par *Callosobruchus maculatus*.

Une dizaine de couples d'*Anisopteromalus calandrae* sont introduits dans des récipients en plastique (10X5cm) contenant des graines infestées par des larves de *Callosobruchus maculatus* au stade L4. Après trois jours d'attente dans une étuve réglée à 30 °C, nous tamisons pour retirer les parasitoïdes et les plaçons dans des récipients accueillant leurs hôtes.

Les boîtes sont disposées dans l'étuve sous les mêmes conditions de culture ($30 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $70 \pm 10 \%$), Jusqu'à l'émergence des adultes. Dans ces circonstances, le développement d'une génération d'*A. Calandrae* se produit en environ 10 à 11 jours.



Figure 11 : Elevage de l'espèce *A. calandrae* (original,2025)

4. protocoles expérimentaux :

Protocoles utilisés au cours de notre travail sont les même protocoles suivis par : **Amivoin (1998), Benkhellat (2016), Gauthier (1996).**

4.1 Préparation des larves de Bruches (Graines à un hôte) :

Pour éviter tout biais potentiel lors de la sélection de la femelle parasitoïde, en raison de la présence de plusieurs hôtes dans les graines de niébé, nous utilisons uniquement des graines contenant un seul hôte pour nos expériences.

Ces graines sont obtenues en plaçant environ cinquante graines de niébé dans une boîte de pétri avec dix femelles de *C. maculatus* pendant quatre heures. Après cette période, les femelles sont retirées et les boîtes sont transférées dans l'étuve. Quatre jours plus tard, nous pouvons observer les œufs qui ont éclos et qui sont désormais moins fragiles.

Nous procédons ensuite à la sélection des graines, en ne conservant que celles qui présentent un unique chorion blanc à leur surface. Ces graines sont soit utilisées immédiatement pour le test de lutte stade L1, soit conservées dans l'étuve jusqu'au jour 18 pour continuer la croissance des larves, avant d'être utilisées dans le test L4.

4.2. Extraction des huiles :

Dans le cadre de notre étude, nous avons analysé deux huiles essentielles provenant de plantes de la famille des Lamiacées. Les extractions ont été effectuées au laboratoire de pédologie de l'Université Abderrahmane. Les huiles essentielles ont été obtenues à partir des

parties aériennes de deux espèces : *Thymus fontanesii* et *Thymus hirtus*. Les échantillons ont été collectés dans la région de Kabylie. Les feuilles ont été séchées à température ambiante (20-25 °C) pendant trois semaines, puis les huiles essentielles ont été extraites par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger pendant quatre heures. Nous avons utilisé quatre doses pour l'étude : 0,25 µL, 0,50 µL, 0,75 µL et 1 µL (fig.12)



Figure 12 : Dispositif d'hydrodistillation (type Clevenger) utilisé pour l'obtention des huiles essentielles (Yasmine MESSARA 2018)

○ **Calcul de rendement :**

Le rendement de chaque huile est calculé selon la formule suivante (Akrouf *et al.* 2001) :

$$R = (PB/ PA) \times 100 \text{ Avec}$$

➤ R : Rendement de l'huile essentielle en % PB : Poids de l'huile essentielle en gramme

PA : Poids du matériel végétal utilisé en gramme

4.3 Tests biologiques :

4.3.1 Effet des huiles essentiels sur les stades larvaires de *C. maculatus* :

Dans le cadre de notre étude, nous avons testé quatre quantités d'huile essentielle : 0,25 µl, 0,50 µl, 0,75 µl et 1 µl. Chacune de ces doses a été appliquée à des larves en stade L4 âgées de 18 jours ainsi qu'à des larves en stade L1 âgées de 4 jours, avec quatre répétitions pour chaque condition, y compris pour le groupe témoin non traité.

Pour chaque unité expérimentale, quatre répétitions ont été mises en place, chaque boîte de pétri contenant 20 graines de niébé, chacune abritant une larve. À l'aide d'une micropipette, la dose appropriée a été prélevée et déposée dans la boîte contenant les graines.

La boîte a ensuite été fermée et mélangée doucement à la main pendant quelques secondes pour assurer une répartition homogène de l'huile sur toutes les graines.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

Après cette étape, le couvercle a été retiré et les graines ont été placées sous une hotte fonctionnelle pendant 10 minutes, permettant ainsi une évaporation partielle de l'acétone et une meilleure fixation du traitement. Enfin, les boîtes ont été refermées et placées dans une étuve à température constante (30 ± 1 °C et humidité relative de 70 ± 10 %), jusqu'à l'émergence des adultes.



Figure 13 : réalisation de test avec huiles essentielles(original,2025)

4.3.2 Test de lutte avec hyménoptère parasitoïde (*Anisopteromalus calandrae*) :

Les larves immatures de *C. maculatus* (stade L4), âgées de dix-huit jours après la ponte et se développant à l'intérieur des graines, ont été utilisées comme hôtes pour *A. calandrae* dans cette expérience. Quatre doses d'huiles essentielles ont été utilisées pour chaque huile, à savoir 0,25 µl, 0,50 µl, 0,75 µl et 1 µl.

Trois traitements ont été appliqués, chacun répété quatre fois : le premier traitement a servi de témoin, sans aucune mesure de protection contre les bruches, utilisant 20 graines de niébé infestées. Dans le second traitement, visant à évaluer l'effet du parasitoïde seul, 10 paires d'adultes de *A. calandrae* ont été introduites sur 20 larves L4 de *C. maculatus*. Pour le troisième traitement, qui examine l'effet combiné des huiles essentielles et du parasitoïde, un lot de 20 œufs de *C. maculatus* sur 20 graines de niébé a été traité avec les huiles essentielles de *T. fontesii* et *T. hirtus*, suivi de l'introduction de 10 paires de *A. calandrae*, âgées de 24 heures, après un délai de 15 minutes.

Pour bien séparer les mâles et les femelles et faciliter le travail nous avons immobilisés les individus à l'aide d'un pack de glace, une fois les couples préparés, placés dans l'étuve dans des conditions de lavage (30 ± 1 °C, et une humidité relative 70 ± 10 %) jusqu'à l'émergence des adultes bruches et parasitoïdes.



Figure 14 : Réalisation de test de lutte
avec *A. calandrae* (original,2025)



CHAPITRE III
RESULTATS ET
DISCUSSION

1. Résultats :

1.1 Rendement des huiles essentielles :

Une analyse comparative des rendements en huiles essentielles extraites de *Thymus fontanesii* et *Thymus hirtus* révèle une différence significative entre ces deux espèces. Comme le montre la figure 16, *T. fontanesii* présente un rendement nettement plus élevé, atteignant environ 2,2 %, tandis que le rendement de *T. hirtus* demeure très faible, inférieur à 0,5 %.

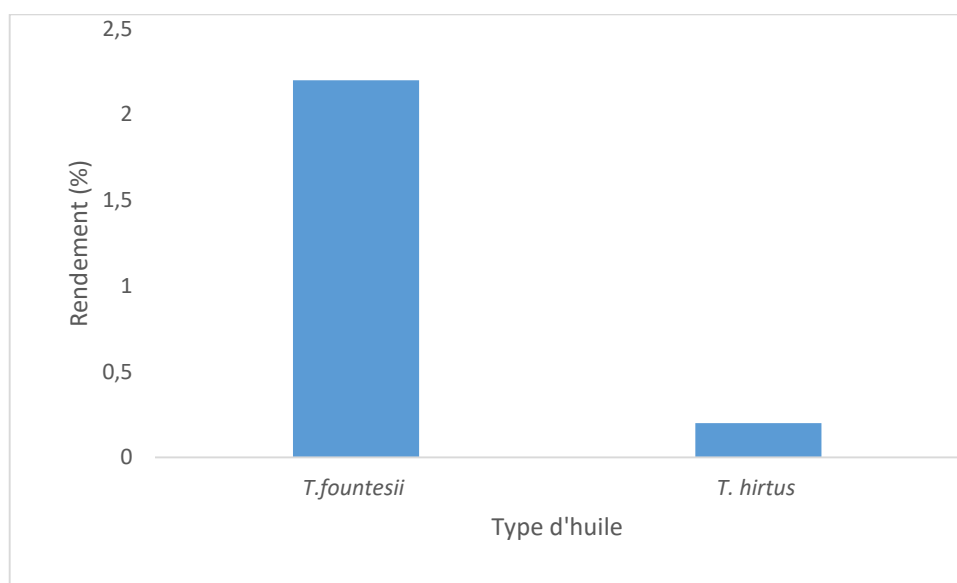


Figure 15 : Pourcentage de rendement des huiles essentielles en fonction de type de huile (*Thymus fontanesii* et *Thymus hirtus*)

1.2 Effet des huiles essentielles sur les larves L1 de *C. maculatus* :

Les résultats montrent que l'application de différentes doses de deux huiles essentielles, *T. fontanesii* et *T. hirtus*, a un impact significatif sur le taux d'émergence des larves L1 de *C. maculatus* (illustrées par la figure 16). Le groupe témoin affiche un taux d'émergence élevé, dépassant 60 %. En revanche, l'utilisation des deux huiles essentielles à des doses de 0,25, 0,50, 0,75 et 1,00 μl réduit considérablement ce taux. Quelle que soit la dose ou le type d'huile essentielle utilisé, le taux d'émergence des larves devient quasiment nul, soulignant l'efficacité remarquable des deux huiles essentielles pour empêcher l'émergence des larves de *C. maculatus*, même à des concentrations faibles.

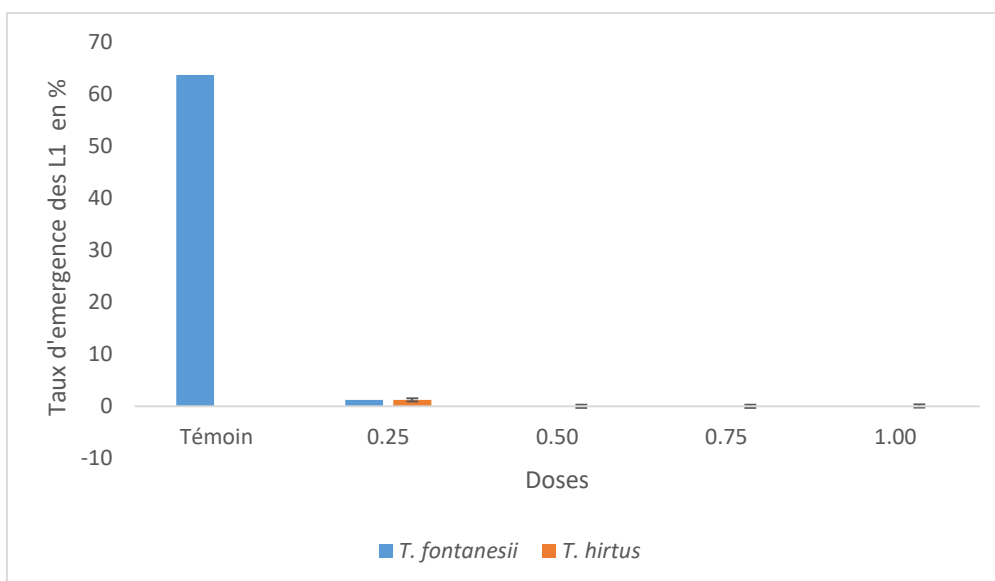


Figure 16 : Pourcentage de taux d'émergence des L1 de *C. maculatus* en fonction d'effet des huiles essentiel

1.3 Effet des huiles essentielles sur les larves L4 de *C. maculatus* :

Concernant les larves L4, qui représentent un stade de développement plus avancé et généralement plus résistant, les huiles essentielles de *T. fontanesii* et *T. hirtus* continuent de montrer une efficacité importante. Bien que la mortalité observée soit parfois légèrement inférieure à celle enregistrée sur les L1, le taux d'émergence des bruches reste significativement réduit par rapport au témoin.

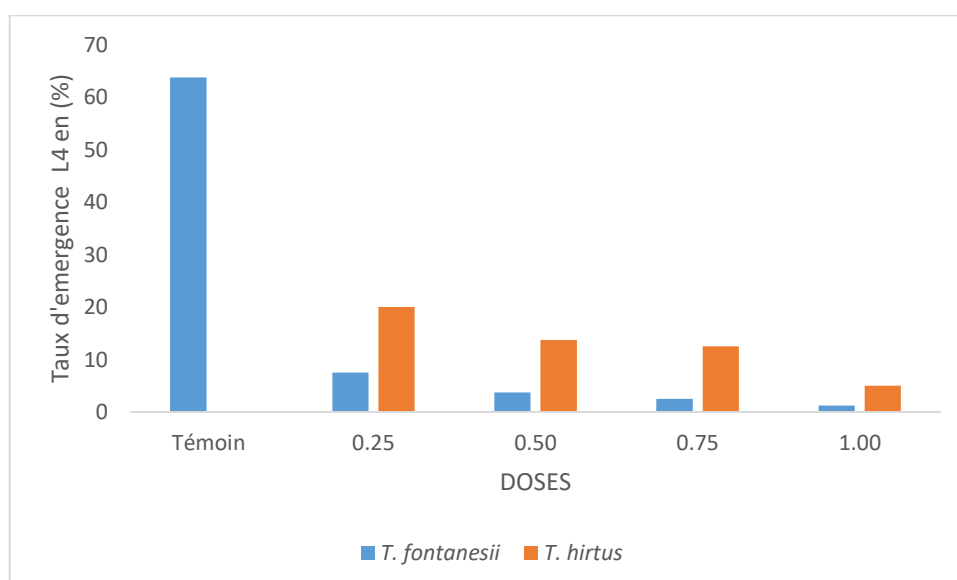


Figure 17 : Pourcentages de taux d'émergence des L4 de *C. maculatus* en fonction des huiles essentiel

1.4 Effectif d'émergence en effet de combinaison de l'huile essentielle de *T. fontanesii* et du parasitoïde *A. calandrae* :

Le graphique montre que le groupe témoin présente un taux d'émergence élevé d'insectes, atteignant 63,75 %. L'émergence est considérablement réduite en présence de l'huile de *T. fontanesii*, passant de 7,50 % à presque 0 %. La figure 18 illustre que l'utilisation du parasitoïde *A. calandrae*, que ce soit seul ou en combinaison avec l'huile (*Thymus fontanesii* + *A. calandrae*), s'avère efficace. Dans ces cas, l'émergence est presque complètement éliminée, ce qui indique que le parasitoïde constitue un excellent moyen de contrôle.

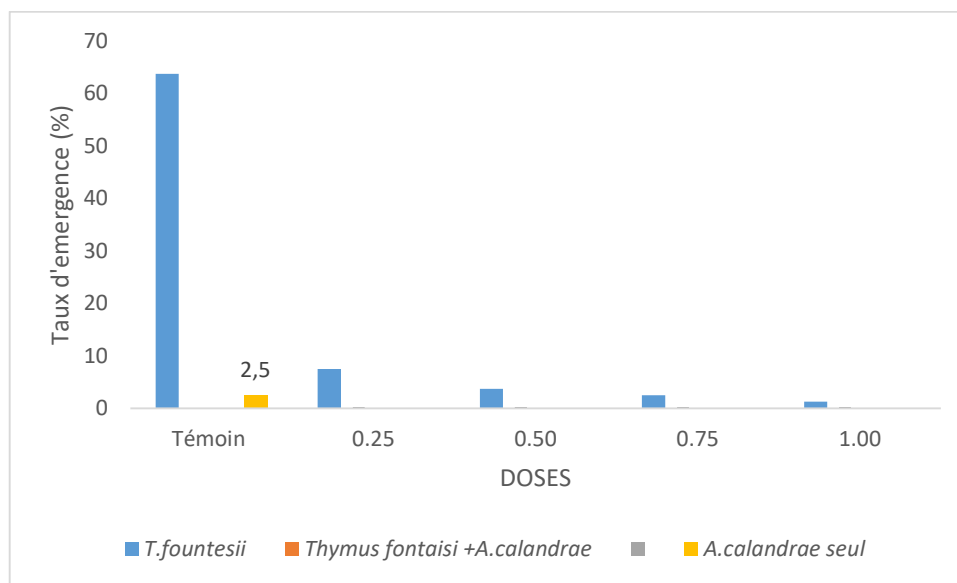


Figure 18 : Variation des effectifs moyens d'émergence en fonction de combinaison d'huile de *T. fontanesii* et parasitoïde *A. calandrae*

1.5 Effectif d'émergence en effet de Combinaison de l'huile essentielle de *T. hirtus* et du parasitoïde *A. calandrae*

Les résultats concernant l'efficacité de l'huile essentielle de *T. hirtus* et du parasitoïde *A. calandrae* sur le taux d'éclosion sont illustrés dans (la figure 19). On observe que le taux d'émergence est élevé dans le groupe témoin. L'huile essentielle de *T. hirtus* parvient à réduire ce taux de manière proportionnelle à la dose appliquée. En revanche, le parasitoïde *A. calandrae* se révèle particulièrement efficace, diminuant l'émergence à un niveau négligeable de 2,5 %. L'association de l'huile essentielle de *T. hirtus* avec le parasitoïde *A.*

calandrae entraîne systématiquement une réduction presque totale de l'émergence, ce qui démontre un renforcement de leur action lorsqu'ils sont utilisés ensemble.

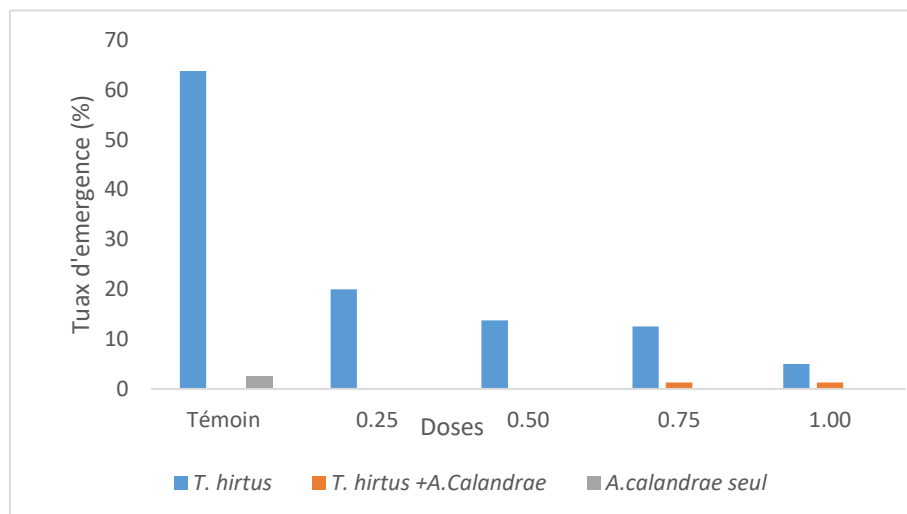


Figure 19 : effectifs moyens d'émergence de *C. maculatus* en fonction de traitements d'huile de *T. hirtus* et parasitoïde *A. calandrae*.

1.6. Effets des huiles essentielles *thymus fontanesii* et *thymus hirtus* sur des larves de *Callosobruchus maculatus* :

L'analyse de la courbe montre que le nombre moyen de parasitoïdes *A. calandrae* émergés dans le traitement témoin (5,75), où ils sont présents seuls, est supérieur à celui observé dans les traitements combinés avec les huiles essentielles. Cette observation indique que l'ajout d'huiles essentielles a un impact négatif sur l'émergence des parasitoïdes.

Il est probable que les composés actifs présents dans les huiles essentielles affectent le développement ou la survie des parasitoïdes, ce qui pourrait expliquer la diminution du nombre d'émergences dans les traitements combinés.

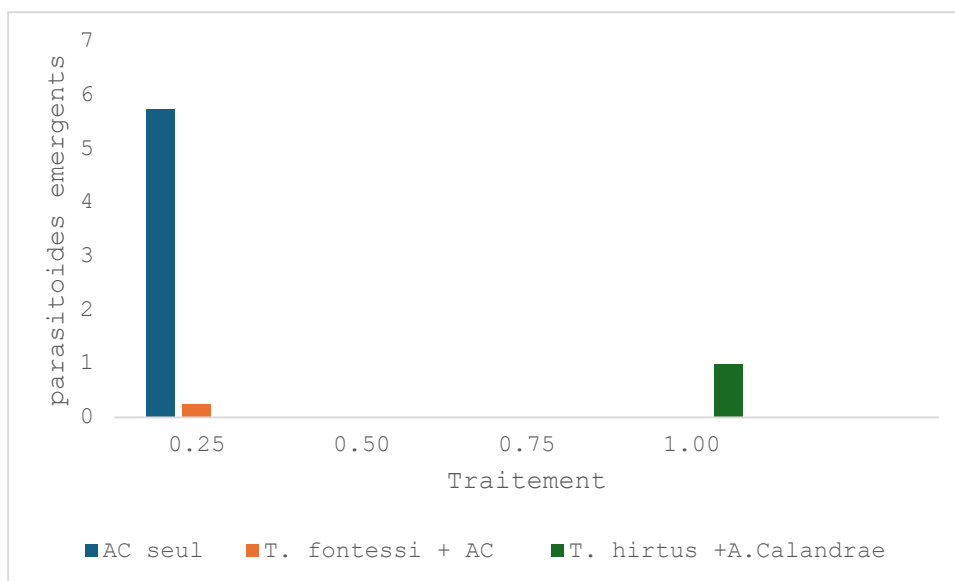


Figure 20: Effectifs moyens d'émergence d'*A. calandrae* dans les traitements combinés avec les huiles essentielles.

2-Discussion :

2.1 : Effets des huiles essentielles sur les bruches :

Les plantes aromatiques médicinales sont perçues comme un insecticide biologique d'après leurs constituants en huiles essentielles, permettant de combattre divers insectes et nuisibles affectant les stocks (Ketho et al., 2004). Les résultats obtenus de notre étude, montrent que l'huile essentielle extraite de genre *thymus fontanesii* affiche un rendement nettement supérieur, avoisinant 2,2 % est considérée comme un insecticide très important pour conserver les graines de niébé vis-à-vis contre *C. maculatus*.

D'autres résultats confirment l'efficacité de différentes doses des huiles essentielles de *Thymus fontanesii* dans la réduction significative du taux d'émergences des larves L1 et *Thymus hirtus* pour taux d'émergences des larves L4 *Callosobruchus maculatus*. Une inhibition presque totale du développement larvaires a été observée. Cette efficacité même à faible doses (0,25 ul 0,50 ul 0,75 et 1 ul), est particulièrement intéressante d'un point de vue pratique.

L'huile essentielle de thym peut être vue comme un biopesticide et pourrait être appliquée dans les champs ou à l'intérieur des entrepôts et des réserves de graines légumineuses. Selon les recherches menées par Regnault-Roger et Hamraoui en 1997, toutes les huiles essentielles dérivées de diverses plantes aromatiques ne causent pas une suppression de la fertilité. En

revanche, les huiles essentielles de *Thymus fontanesii* et *Thymus hirtus* troublent la reproduction de *Callosobruchus maculatus* (**Rengnault-Roger, 1994**).

Les données récoltées démontrent sans l'ombre d'un doute que l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* a une action insecticide notable, diminuant largement le taux de sortie des bruches qui passe de 63,75 % chez le témoin à moins de 7,5 %, voire même à une absence totale d'émergence dans certaines situations. Ce constat atteste du potentiel de cette huile en tant que moyen de lutte biologique

2.2 Effet de l'introduction des parasitoïdes sur les populations de bruches :

Les résultats obtenus indiquent que le parasitoïde a provoqué une réduction du nombre de bruches émergeant. Nos conclusions sont en concordance avec les recherches de (**Ngamo et al 2007 ; Chaisaeng et al, 2009 ; Benkhellat et al, 2015**), tous ces auteurs attestent de l'efficacité de cette espèce à gérer les populations de *Callosobruchus maculatus*. Les recherches de **Perez-Mendoza et al ,1999**, ainsi que **Riudavets, 2002**, confirment également l'efficacité de cette espèce contre les populations du charançon du riz *Sitophilus oryzae*.

De plus, l'usage du parasitoïde *Anisopteromalus calandrae*, que ce soit isolément ou en association avec l'huile essentielle, a montré une efficacité remarquable pour bloquer l'apparition des insectes. Le manque presque total d'émergence observé lors des traitements avec le parasitoïde (qu'il soit utilisé seul ou en combinaison) suggère une synergie, ou du moins, une complémentarité entre ces deux méthodes de lutte. Cette performance laisse supposer qu'*A. calandrae* pourrait servir d'instrument efficace de biocontrôle.

Le parasitoïde *A. calandrae* est plus sensible aux huiles essentielles que *C. maculatus*, ce qui suggère que si les huiles essentielles peuvent lutter contre le ravageur, elles peuvent également réduire les populations de parasitoïdes, perturbant potentiellement les efforts de lutte biologique comme ceci est aussi observé avec le parasitoïdes *D. basalis* (**Ketoh et al., 2002**).



**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERALE

Notre étude expérimentale a mis en évidence l'importance des ennemis naturels dans la conservation des graines de niébé stockées. L'objectif principal de cette recherche était d'évaluer l'efficacité des parasitoïdes, en particulier ceux du genre *Anisopteromalus calandrae*, ainsi que le rôle des huiles essentielles, notamment celles de *Thymus fontanesii* et *Thymus hirtus*. Les résultats obtenus montrent que l'utilisation de ces stratégies biologiques constitue une approche prometteuse pour améliorer la conservation des ressources phylogénétiques, tout en promouvant des pratiques agricoles durables.

Au cours de cette étude, nous avons évalué l'effet des huiles essentielles de *Thymus fontanesii* et *Thymus hirtus* sur les larves L1 et L4 de *Callosobruchus maculatus*. Les résultats obtenus sur les larves L1 ont révélé une absence totale d'émergence des adultes, quelle que soit l'huile utilisée, tandis que les témoins ont présenté un taux d'émergence supérieur à 60 %. Ces observations confirment l'efficacité globale des deux huiles à ce stade larvaire. Concernant les larves L4, des différences ont été notées entre les deux huiles : *Thymus fontanesii* s'est avérée plus performante que *Thymus hirtus*, avec un taux d'émergence nettement plus faible à la dose de 1 μ L. L'émergence des adultes a été presque inexistante, soulignant ainsi le fort potentiel insecticide de *Thymus fontanesii* dans la lutte contre *Callosobruchus maculatus*.

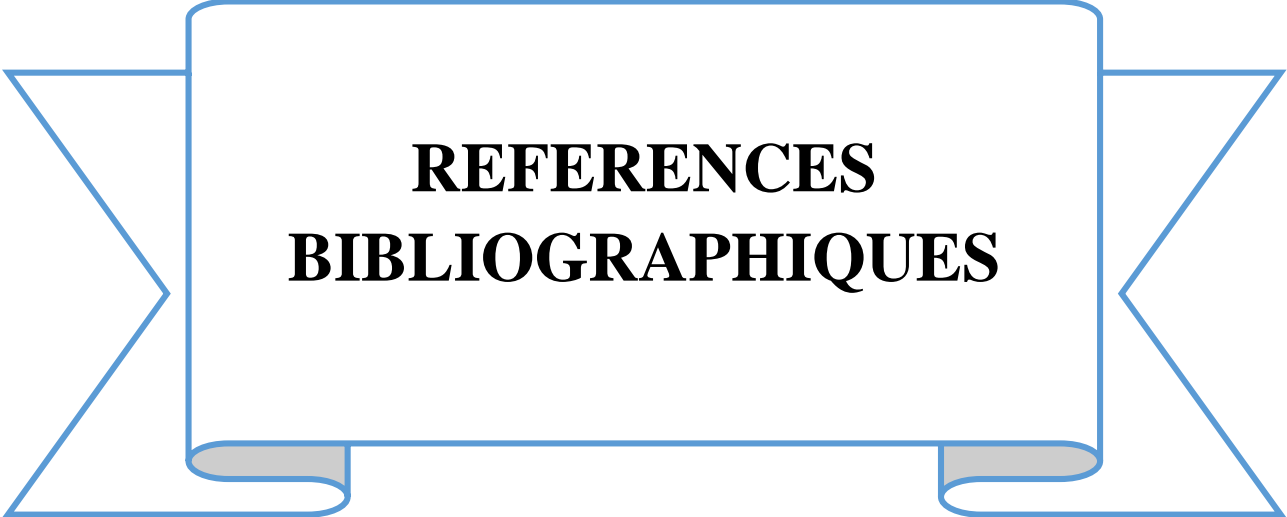
Par ailleurs, nous avons observé que, sous des conditions de 30 °C et 70 % d'humidité, *A. calandrae* présente une longévité de 11 à 12 jours. Cette capacité à générer plusieurs générations successives contribue à son efficacité en tant qu'agent de lutte biologique. Nos résultats indiquent que *A. calandrae* possède une forte capacité parasitaire et produit un grand nombre de descendants, renforçant son potentiel comme outil de contrôle biologique.

Enfin, l'approche combinée des huiles essentielles (*Thymus fontanesii* ou *Thymus hirtus*) avec le parasitoïde *Anisopteromalus calandrae* a donné des résultats très prometteurs. Cette combinaison a entraîné une suppression totale de l'émergence des adultes à toutes les doses testées. Ces résultats mettent en lumière l'intérêt d'une stratégie intégrée associant huiles essentielles et parasitoïdes pour renforcer la lutte contre *Callosobruchus maculatus*.

En conclusion, l'utilisation des huiles essentielles de *Thymus fontanesii* et *Thymus hirtus* représente une méthode naturelle, efficace et respectueuse de l'environnement pour lutter contre *Callosobruchus maculatus*. Il est donc essentiel de poursuivre les recherches afin d'optimiser leur utilisation et de les intégrer dans des stratégies durables de lutte biologique. L'association de ces huiles essentielles avec l'agent biologique *Anisopteromalus calandrae* constitue une stratégie particulièrement efficace. Il serait important d'approfondir ces

CONCLUSION GENERALE

travaux pour perfectionner cette méthode et favoriser son intégration dans les programmes de lutte biologique visant à protéger les stocks de graines de légumineuses.



**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **ANONYME 1, 2003.** Plan stratégique de la recherche scientifique sur les oléagineux annuels et les légumineuses à graines. CNRST, 47 pages
- **ANONYME 3, 1995.** Projet de recherche : « Durabilité des systèmes de production et sécurité alimentaire dans le plateau central et l'ouest du Burkina Faso ». INERA, 68 p.
- **ARBOGAST R., MULLEN M. A., 1990.** Interaction of maize Weevil (*Coleoptera : Curculionidae*) and parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (*Hymenoptera : pteromalidae*) in a small bulk of stored corn. *J. Eco. Ento.* 83, pp :2462-2468.

B

- **BADO B. V., 1999.** Les contributions en azote des légumineuses et des amendements organiques : une évaluation quantitative par le ¹⁵N, 67p.
 - **BADO B. V., 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de l'Université Laval, <http://www.theses.ulaval.ca>. 197 p, téléchargé le 10/11/07.
 - **BAL B. A., 1992.** Les principaux insectes du niébé dans le Sahel et leur contrôle. In : Lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel, INSAH, pp. 287-294.
 - **BAL B. A., 1992.** Les principaux insectes du niébé dans le Sahel et leur contrôle. In : Lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel, INSAH, pp. 287-294.
 - Balachowsky A.S., 1962. Entomologie appliquée à l'agriculture, les coléoptères. Ed. Masson et Cie. Paris. T1. 564p.
 - **BALACHOWSKY A.S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture, les coléoptères. Ed. Masson et Cie, Paris, T1. 564 P.
 - **Baoua, I. B., Amadou, L., Margam, V., & Murdock, L. L. (2012).** Comparative evaluation of six storage methods for postharvest preservation of cowpea grain. *Journal of Stored Products Research*, 49(3), 171–175. [https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.01.003:contentReference\[oaicite:37\]{index=37}](https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.01.003:contentReference[oaicite:37]{index=37})
 - **Baoua, I. B., Margam, V., Amadou, L., & Murdock, L. L. (2012).** Performance of triple bagging hermetic technology for postharvest storage of cowpea grain in Niger. *Journal of Stored Products Research*, 51, 81–85. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.07.003>
- BOER D. L., 1989.** Entomologie appliquée Tome 3 (arachide + niébé), CILSS/CENTRE
- AGRYMET, 75 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Baributsa, D., Baoua, I., Lowenberg-DeBoer, J., Abdoulaye, T., & Murdock, L. L. (2013).** Purdue Improved Cowpea Storage (PICS) Technology. Purdue University, Department of Entomology
- **BENKHELLAT O, 2016.** Capacités de discrimination des hôtes chez deux hyménoptères Parasitoides solitaires et étude du potentiel de suppression des populations de bruches en situation de compétition. Thèse de doctorat. Université A. Mira. Bejaia. 98p.
- **BOER D. L., 1989.** Entomologie appliquée Tome 3 (arachide + niébé), CILSS/CENTRE AGRYMET, 75p.
- **BORGET M., 1989.** Le technicien d'agriculture tropicale : les légumineuses vivrières, Moissonneuse et Larose, CTA, 162p.
- **BOUGUETTAYA Smail 2019** Mémoire de fin d'étude Activité Insecticide de l'huile essentielle du pinmaritime (*Pinus pinaster* L.) sur la bruche duniébé *Callosobruchus maculatus*.F(Coleoptera : Chrysomelidae: Bruchinae)
- **BOVIN G, 2001.** Parasitoides et lutte biologique : paradigme ou panacée In : Vertigo-la revue électronique en science de l'environnement.
- **BROWN L and DOWNHOWER J.F., 1988-** Analyses in Behavioral Ecology: A Manual of Lab and Field. Sinauer Associates, p 194

C

- Chiasson H., et Beloin N., 2007.** Les huiles essentielles des biopesticides nouveau genre Antennae, Vol. 14. N°1 bulletin de la société d'entomologie du Québec. p. 3-5.
- **CLOUTIER C., 1992** .Les solutions biologique de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures .In : Vincent C et CorderreD (éd) La lutte biologique. Gaëtan Morin Ed. , boucherville. PP: 19-88
 - **CENTER A., JOHNOON C., 1974.** Coevolution of some seed beetles (Col. Bruchidae) and their host. Ecology 55: 1096 – 1103.
 - **COME, D., FRANCOISE, C. 2006.** Dictionnaire de la biologie des semences et des plantes, Edition Tec et Doc. Lavoisier. Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthusannus* L). *Revue HTE* N° 136, pp.29-34
- Chung G.H., nelson R.I. et Singh R.J., 2007.** Landmark research in legumes N.R.S Res.
- Press.pp.: 525-537.

D

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **DABIRE L. C. B., 2001.** Etude de quelques paramètres biologiques et écologiques de *Clavigralla tomentosicollis* STAL., 1855 (Hemiptera : Coreidae), punaise suceuse des gousses du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.] dans une perspective de lutte durable contre l'insecte au Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles. Université de Cocody, UFR Biosciences, 179 pages
- **DABIRE L. C. B., 2001.** Etude de quelques paramètres biologiques et écologiques de *Clavigralla tomentosicollis* STAL., 1855 (Hemiptera : Coreidae), punaise suceuse des gousses du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.] dans une perspective de lutte durable contre l'insecte au Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles. Université de Cocody, UFR Biosciences, 179 pages.
- **DABIRE L. c., 1992.** Contribution à l'étude des problèmes phytosanitaires du niébé au Burkina. In : Lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel, INSAH, pp. 295-304.

F

- **Fabricius, J.I., 1775.** Systema Entomologiae sistens insectorum classes, ordinis, genera, species, adiectis synonymis, locis, descriptionibus, observationibus. Flensburgi et Lipsiae, in Officina Libraria Kortii, 832 pp.
- **FAO. (1997).** L'après-récolte des grains : Stockage en vrac. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
- **FAO. 2006.** L'état de la sécurité alimentaire dans le monde, bilan de 10 ans après le sommet mondial de l'alimentation.
- **FARRELL, G., SCHULTEN, G.G.M. 2002.** Larger grain borer in Africa; a history of efforts to limit its impact. *Integr. Pest Manage. Rev.*, 7, 67-84.
- **FLEURRAT – LEUSSARD F., 1978.** Autres méthodes de lutte contre les insectes et acariens des denrées stockées. Coed. AFNOR. I.T.C.F. Paris . pp :67_ 81 .

G

- **GARDENERW. K., PARBERY D. G., BARBERD. A., 1981.** Proteoid root morphology and Function. *Lapinus albus*. Plant and soil 60. 143-147.
- **GAUTHIER N, MONG J.P ET HUIGNARD J, 1996.** Superparasitism and host discrimination in the solitary ectoparasitoid *Dinarmus basalis*. *Entomologia Experimentalis et applicata*, 79, pp :91-99.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Gayrard, M., & Delval, Ph. (2016).** Stocker les produits de récolte à basses températures. EcophytoPIC.
- **GEORCHIOU G .P.,1987.** Insecticide resistance : the tephritidae next, pp : 27-à, in fruitflies (proceeding of second international symposium, 16-21 sept. 1986), edited by a.p.economopoulos. colymbari, crete, greece.
- **GUEYE, M-T., SECK, D., WATHELT, J-P., LOGNAY, G. 2011.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(1), 183-194.
- **Geraci, Giovanni, et Brigitte Marin.2016** « Stockage et techniques de conservation des grains ». *Entrepôts et trafics annonaires en Méditerranée*, édité par Brigitte Marin et Catherine Virlouvét, Publications de l'École française de Rome, <https://doi.org/10.4000/books.efr.32790>.
- **Giga, D.P., Smith, R.H., 1983.** Comparative life history studies of four *Callosobruchus rhodesianus* (Pic) (Coleoptera: Bruchidae).J. Stored Prod. Res. 19, 189-198.
- **Guesmi, F., Ben Ferhat, M., Mejri, M., & Landoulsi, A. (2014).** Evaluation in vitro des activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits méthanoliques et de l'huile essentielles de *Thymus hirtus* sp. Algeriensis.Lipids in Health and Disease, 13(1), 114. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-13-114>
- **GUEYE, M-T., SECK, D., WATHELT, J-P., LOGNAY, G. 2011.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(1), 183-194.

GHALMI, N .HANIFI- MEKCLICHE, L BAUDOIN , JP.OUNANE ,SM.

BENMOHAMED A., 2005. caract2risation agro-morphologique de populations

- locales de (*vigna unguiculata* l. walp) cultivees en algerie. 47 P.

H

- **HAMADACHE, A., BOULAFI, H., AKNINE, M. 1997.** Mise en évidence de la période de sensibilité maximale du pois chiche d'hiver envers les mauvaises herbes annuelles dans la zone littorale. Céréaliculture. 31. In : MAOUGAL R. T.2004 : Techniques de production d'inoculum Rhizobial. Etude de cas pois chiche (*Cicer arietinum. L*) : Inoculation et nodulation : magister en biotechnologies végétales -Université Mentouri, Constantine. Algérie.p15.

HOFFMAN A., 1945. Coléoptères Bruchides et Anthribides (Faune de France),Paris, 184 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Hoffman A., 1954.** Coléoptères Bruchidae et Anthribides (Faunes de France), Paris. 184p.
- **HOSHIKAWA K., 1990.** Significance of legume crops in improving the productivity and stability of cropping systems. Paper presented at the International symposium on the Use of Stable isotopes in Plant Nutrition, Soil fertility and Environment Studies. Vienna, Austria.
- <https://www.paysan-breton.fr/2021/10/la-conservation-des-cereales-en-inertage/>

I

- **ISLAM W ET NARGIS A., 1994.** Control of the pulse beetle, *Callosobruchus maculatus chinensis* (L), warehouse by a parasitoid, *Anisopteromalus calandrae* (How). International Pest Control, 36, pp : 72-73.
- **ISLAM W., 1993.** The biology of *Anisopteromalus calandrae* How., ectoparasitoid on *Callosobruchus chinensis* L. Bangladesh journal of zoology. 21, pp : 123-132

J

- **Jackai L.E.N. et Daoust R. A ., 1986.** Insect pests of cowpea. Ann; Rev. Entomol.31. Pp: 95 98.
- **Jaloux B., 2004.** La discrimination interspécifique par *Eupelmus vuilleti* (Hymenoptera: Eupemidae) des hôtes parasités par *Dinarmus basalis* (Hymenoptera : pteromalidae). Thèse de doctorat, Tours. 161p.
- **JANSEN D. H., JUSTER H. B., BELLE. A. 1977.** Toxicity of secondary compounds to the seed-eating larvae of the bruchidae beetle *Callosobruchus maculatus*. Phytochemistry. 16: 223-227.
- **Jarraya, A., 2003.** Principaux Nuisibles des Plantes Cultivées et des Denrées Stockées en Afrique du Nord; leur Biologie, leurs Ennemis Naturels, leurs Dégâts et leur Contrôle. Maghreb Ed. Tunisia, 450 pp.

K

- **KABORE B., 2004.** Les contributions en azote des légumineuses, des amendements organominéraux dans les systèmes de culture : impact sur les rendements des céréales et sur la fertilité des sols à long terme. Mémoire IDRI Agronomiel Université Polytechnique de Bobo dioulasso, Burkina Faso, 77 p.
- **KARBACHE, F. 2009.** Effet entomotoxique de quelques variété de haricots (*Phaseolus vulgaris*) sur la bruche de pois chiche *Callosobruchus maculatus* F (Coleoptera, bruchidae). Ecole national d'agronomie El harrach Alger (LINA) .115p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Kellouche, 1987- Relation parasitaires entre Lariophages (F) et chetopila elegans (w.) (Hymenoptera : Pteromalidae) et les ravageurs des denrées stockées: *Stophilus oryzae* (L.) et 58 *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Curculionidae et Bostrichidae). These. Doc. Univ. Paul, Sabatier, Toulouse. 156p.

- **KELLOUCHE A., et SOLTANI N ., (2004).** Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F).International Journal of tropical Insect Science. Vol 24(1). P : 184-191.

M

Mamou T., 2003. Contribution à l'étude de deux huiles essentielles et de la deltamethrine sur le charançon du riz *Sitophilusorygae* L. (Coleoptera : Curculionidae). Mémoire d'ing UMMTO. 65p.

- **MONGE J.P, DUPONT P, IDI A ET HUIGNARD J, 1995.**The consequences of interspecific competition between *Dinarmus basalis* (ROND) (Hymenoptera : Pteromalidae) and *Eupelmus vuilleti* (Crw) (Hymenoptera : Euplimidae) on the development of their host populations. Acta Oecologia. 16 :19-30.
- **MOUHOUCHE, F., FLEURAT LESSARD, F. 2003.** Sensibilité de quelque varité de pois chiche aux attaques de *Sitophilus oryzae* (L) et *Callosobruchus maculatus* (F) *Science des aliment n°5* ;15 p.

Monge J. P. et germain J. F., 1988. Analyse des stimulations issues de plante hôte influançant la recherche d'un substrat de ponte et induisant la ponte de *Bruchidius atrolineatus* Pic. (coleoptera : Bruchidae) : importance des conditions expérimentales. Insecte

- sci. Applic. 9. Pp : 89-94.
- **MULEBA No, DABIRE Co, SUH Jo n, DRABO t., OUEDRAOGO Jo 'r., 1997;** Technologies for cowpea production based on genetic and environmental manipulations in the Semi-Arid Tropics. Technology options for sustainable agriculture in Sub-Saharan Africa, OAU/STRC-SAFGRAD, pp. 195-206.

N

- **NGAMO T.S.L, KOUNINKI H, LADANG Y.D, NGASSOUM, M.B, MAPONGMESTSEM P.M, HANCE T, 2007.** Pptential of *Anisopteromalus calandrae* (hymenoptera : pteromalidae) as biological control agent of *callosobruchus maculatus* (F) (coleopteran : bruchidae). Afr J Agr Res, 2 :pp :168-172.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

O

- **OMS 2009.** Statistique sanitaires mondiales 2009

OUEDRAOGO P.A., 1991. Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae), son importance sur la biologie de cette bruche. *Thèse Doctorat.* Univ. Tours (France), 197p.

P

- **Pottier-Alapetite G : Vol II. Tunis** (Tunisie). Flore de la Tunisie. Angiospermes. Dicotylédones. Gamopétales. 1981, 809-811. Tunisie : Imprimerie officielle de la République Tunisienne,

R

- **REGNAULT-ROGER C., & HAMRAOUI A., (1993).** Influence d'huile essentielle sur *Acanthoscelides obtectus* Say, bruche du haricot. *Acta. Botanique Gallica*, 140 :217-222.
- REGNOULT-ROGER C., & HAMRAOUI A., (1994).** Reproductive inhibition of *Acanthoscelides obtectus* Say, bruchid of Kidney bean *Phaseolus vulgaris* (L.) by some aromatic essential oils. *Crop Production* 13: 624-628.

Regnault-Roger C. et Hamraoui A., 1997. Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leur molécules allélochimiques. Ed. *Acta bot. Gallica*. Pp. 401-412.

- **SIMON H., 1994 :** La protection des cultures avec la collaboration de François Richard, M, Bellanger, Dominique D, Christel Gaubert. Eric Jeuffraut, Collection agriculture d'aujourd'hui, Ed. Tec & Doc. Paris, pp 115, 116, 122
- **SANON A., OUEDRAOGO A., TRICAULT Y., CREDLAND P.F et HUIGNARD J., 1999 :** Contrôle biologique des bruches dans les magasins de dolique par la libération de (Hymenoptera : Pteromalidae) *Dinarmus basalis* adultes. *Environ. Entomol.* 27, pp 717-725.

T

- **Tazerouni, Z., Rezaei, M., & Talebi, A. A. (2015).** Cowpea (*Vigna unguiculata*) Pest Control Methods in Storage and Recommended Practices for Efficiency: A Review.
- **TRIPATHI, P., DWIVEDI, S., MISHRA, A., KUMAR, A., DAVE, R., SRIVASTAVA, S., SHUKLA, M. K., SRIVASTAVA, P. K., CHAKRABARTY, D., TRIVEDI, P. K., TIPATHI, R. D. 2011.** Arsenic accumulation in native plants of West Bengal, India:

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

prospects for phytoremediation but concerns with the use of medicinal plants. Environ. Monit. Assess. 284, 2617–2631.

- **Yasmine MESSARA., (2018).** Valorisation des activités biologiques, thérapeutiques et environnementales des plantes médicinales de la Kabylie.

Zaghouane O., 1997. La situation actuelle et les perspectives de développement des Légumineuses en Algérie, Revue Céréaliculture.34.Pp : 27-30.

ZUOXIN L., JUNXIA G., ET JIUJIANG Y., 2006 - Aflatoxins in stored maize and rice grains in Liaoning Province, China. Journal of Stored Product. Research vol 42: 468-479.

Vigna unguiculata (Walp). (Source:
http://fr.wikipedia.org/wiki/Vigna_unguiculata_sesquipedalis

AA-1[DOBIGNARD&al., 1992b] HAMA R. Algérie ;Tunisie ;Libye

Résumé

Le niébé (*Vigna unguiculata*), une légumineuse de premier plan, tant sur le plan alimentaire qu'économique. Cependant, sa préservation est mise en péril par le coléoptère nuisible *Callosobruchus maculatus*, qui cause des dommages significatifs sur les graines conservées en termes de qualité et de volume. En réponse aux risques et contraintes des pesticides chimiques, cette recherche a mesuré l'efficacité de deux approches biologiques : les huiles essentielles de *Thymus fountesii* et *Thymus hirtus*, en plus du parasitoïde *Anisopteromalus calandrae*. Les résultats ont indiqué que ces deux huiles essentielles présentent une action insecticide significative sur les larves de *C. maculatus*, l'efficacité étant plus prononcée pour *Thymus fountesii*. Le parasitoïde *A. calandrae* a également démontré une grande efficacité en parasitant les stades larvaires avancés, diminuant considérablement l'apparition des adultes.

L'alliance des huiles essentielles et du parasitoïde a généré un effet synergétique, conduisant à une élimination presque complète des éclosions d'insectes. Ces conclusions soulignent l'importance des approches biologiques mixtes pour la sauvegarde à long terme des stocks de légumineuses, tout en ouvrant la voie à des options écologiques et sûres pour l'environnement ainsi que pour la santé humaine.

Abstract

Cowpea (*Vigna unguiculata*), a leading legume, both from a food and economic point of view. However, its preservation is endangered by the harmful beetle *Callosobruchus maculatus*, which causes significant damage to the preserved seeds in terms of quality and volume. In response to the risks and constraints of chemical pesticides, this research measured the effectiveness of two biological approaches: the essential oils of *Thymus fountesii* and *Thymus hirtus*, in addition to the parasitoid *Anisopteromalus calandrae*.

The results indicated that these two essential oils exhibit a significant insecticidal action on the larvae of *C. maculatus*, the effectiveness being more pronounced for *Thymus fountesii*. The parasitoid *A. calandrae* has also demonstrated great efficiency by parasitizing the advanced larval stages, considerably decreasing the appearance of adults.

The combination of essential oils and the parasitoid generated a synergistic effect, leading to an almost complete elimination of insect outbreaks. These conclusions underline the importance of mixed biological approaches for the long-term safeguarding of legume stocks, while paving the way for ecological and safe options for the environment as well as for human health.

ملخص

ومع ذلك، فإن حماية هذه . ، تعتبر من البقوليات المهمة، سواء من وجهة نظر غذائية أو اقتصادية (*Vigna unguiculata*) الحبوب تواجه خطرًا من خنفساء «كالسوبروكس ماكولاتوس»، وهي حشرة ضارة تسبب أضرارًا كبيرة للحبوب المخزنة من حيث استجابة لتحديات ومحددات استخدام المبيدات الكيميائية، قامت هذه الدراسة بتقييم فعالية اثنين من الأساليب . الجودة والكمية ، إضافة إلى الطفيل (*Thymus hirtus*) و"ز عتر هيرتوس (*Thymus fountesii*)" البيولوجية: زيوت نباتية "ز عتر فونتيسي «أنيسوبتيرومالوس كالاندرى»

أظهرت النتائج أن هذين الزيتين العطريين يتمتعان بقوة كبيرة في قتل الحشرات ضد يرقات خنفساء «كالسوبروكس ماكولاتوس» كما أظهر الطفيلي «أنيسوبتيرومالوس كالاندرى» قدرة كبيرة في . ، حيث كانت فعالية زيت «ز عتر فونتيسي» أكثر وضوحًا . التطفل على المراحل اليرقية المتطورة، مما أدى إلى تقليل كبير في ظهور الحشرات الكاملة النضج . تسلط هذه النتائج . تسبب الجمع بين الزيوت الأساسية والطفيل في تأثير تآزري، مما أدى إلى القضاء شبه التام على فقس الحشرات الضوء على أهمية الاستراتيجية البيولوجية المختلطة للحفاظ على مخزونات البقوليات على المدى الطويل، مما يتيح خيارات صديقة للبيئة وأمنة لصحة الإنسان.