

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

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

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

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

Thème

**Travail bibliographique sur le rôle des huiles
essentielles dans la lutte contre la bruche du niébé
*Callosobruchus maculatus***

Présenté par : BEN SEDIRA Zohra

MEGAMEZ Fatima Zahra

le 13/06/2023

Devant le jury composé de :

Mme. KEBBAB L	MAA	Univ. Ghardaïa	Encadreur
Mr. GHOBINI D	MR	URAER	Co-Encadreur
Mr. KRAIMAT M	MCA	Univ. Ghardaïa	Président
Mr. BEN KHERARA S	MCA	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENTS

Avant tout nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce mémoire.

Nous remercions nos encadrateurs Mme KEBBAB L. et Mr GHOBRI D. pour leur grand aide durant la réalisation de notre travail. Nous leur exprimons notre sincère gratitude pour nous avoir guidé vers le succès grâce à leurs connaissances, idées partagées et à leurs patiences.

Aussi, nous les remercions pour les encouragements tout au long de notre travail, et pour leurs disponibilités à tout instant.

Nous exprimons nos sincères remerciements aux membres du jury de ce mémoire pour avoir accepté avec beaucoup d'amabilité d'examiner notre travail, Mr KRAIMAT. M, Mr BEN KHERAR. S et Mme KEBBAB. L

Nous adressons également nos sincères remerciements à tous nos parents et amis pour leurs encouragements et leur soutien continu dans la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également tout le personnel administratif de l'Université de Ghardaïa, en particulier ceux de la Faculté des Sciences Naturelles, de la Vie et des sciences de la Terre.

Enfin, à tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

DÉDICACES

A mon cher père, frère et ami qui m'a toujours encouragé, qui m'a aidé à surmonter les difficultés de la vie. Aidez-moi plusieurs fois merci grâce à vous je suis arrivé ici.

A Ma douce et chère mère qui m'a donné le gout de vivre et le gout d'apprendre. Merci pour vos conseils, et vos encouragements et vos prières m'ont été d'un grand soutien au cours de ce long parcours.

J'espère de tout mon cœur qu'en ce jour vous êtes fières de moi, et que je réalise l'un de vos rêves.

A mes chers frères : Mehammad et sa femme Afaf, et ma bien-aimée Hiba al-Rahman, Hala et Haitham.

A mon frère Hamza et sa femme Nour Al-Huda et mes bien-aimés Ayman Idris et Afnan.

A mes frères Lahaj et Ismail pour toute l'affection qu'ils m'ont témoignée et pour leurs précieux encouragements.

Je dédie mon succès pour soutenir ma sœur Fatima et son mari Yassin.

À ma jumelle Yusra pour son soutien et sa confiance en mon succès

Je dédie ce succès à toute la famille Ben Sedira et à la famille Daffaf

Je dédie ce succès de ma vie à ceux qui m'ont soutenu et aidé tout au long de mon parcours universitaire.

A tous mes camarades de classe

ZAHRA

DÉDICACES

Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir donné du courage et de patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie à :

Mon cher père qui a été toujours un exemple pour moi, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le respect que j'ai pour lui, Rien au monde ne vaut les efforts que tu as fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ma chère mère qui m'a appris d'être une femme et qui m'a beaucoup aidé dans mes études, pour les sacrifices qu'elle a fait pour notre éducation et la confiance et l'amour qu'elle m'a toujours accordés.

A mes chères sœurs, Marwa Safaa, Nour Al-Huda et Rihab, à toute ma chère famille, à mes chers amis, à tous ceux et celles qui mon aidé de près comme de loin.

A la promo de 2^{ème} année Master Ecologie de l'année 2022/ 2023.

Fatima Zahra Megamez

Liste des figures

Figure 1	Adulte de la bruche du niébé, <i>C. maculatus</i>	19
Figure 2	Adulte de <i>C. maculatus</i> . (A) : Vue dorsale d'une femelle ; (B): vue dorsale d'un mâle	20
Figure 3	Morphologie des antennes de <i>C. maculatus</i> . (A) antenne d'une femelle ; (B) antenne d'un mâle (observation au microscope électronique à balayage. Agrandissement $\times 80$)	20
Figure 4	Graine de niébé contaminée par les œufs de <i>C. maculatus</i>	21
Figure 5	Coléoptère <i>Callosobruchus maculatus</i> femelle examinant une graine avant de pondre des œufs la flèche indique un œuf nouvellement pondu à la surface de la graine	22
Figure 6	Larves de <i>C. maculatus</i>	22
Figure 7	Émergence d'un adulte de <i>C. maculatus</i>	23
Figure 8	Coléoptère bruchide adulte <i>C. maculatus</i>	23
Figure 9	Dégâts de <i>C. maculatus</i> sur des graines de <i>V. unguiculata</i>	24
Figure 10	Dégâts de <i>C. maculatus</i> sur des graines de <i>V. unguiculata</i>	24
Figure 11	Œuf de <i>C. maculatus</i> . (A) Œuf de pondu sur une graine de <i>V. unguiculata</i> Œuf de <i>C. maculatus</i> Observé au microscope électronique à balayage (Agrandissement $\times 100$)	28
Figure 12	Graines de <i>V. unguiculata</i>	29
Figure 13	Morphologie de <i>V. unguiculata</i> plante entière	30
Figure 14	Les cinq types d'approches en protection des végétaux	36
Figure 15	Lutte par la confusion sexuelle	38
Figure 16	la formule chimique de Menthol	43
Figure 17	La formule chimique de l'eugénol	43
Figure 18	La formule chimique de Pulégone	43
Figure 19	Schéma d'un montage d'hydrodistillation	47
Figure 20	Montage d'entraînement à la vapeur d'eau	48

Figure21	Entraînement à la vapeur d'eau ascendante et descendante	49
Figure 22	Partie de thym	49
Figure 23	Structure du phénol	50
Figure 24	Squelette général des flavonoïdes	51
Figure25	Structure de linalol	51
Figure26	L'appareil végétatif de lavande	52
Figure 27	Plante de <i>Ocimum basilicum</i>	53
Figure28	Aspects morphologiques du Romarin	55
Figure29	Illustration botanique du Girofle	56
Figure 30	<i>Eucalyptus globulus</i>	58
Figure 31	Dispositif expérimental des tests par contact	62
Figure 32	Dispositif expérimental des tests d'inhalation	66

Liste de tableaux :

Tableau 1	Durée (en jours) des différents états et stades larvaires	26
Tableau 2	Composition minérale (mg/100 g de matière sèche) des graines de <i>V. unguiculata</i>	30
Tableau 3	Principaux insectes et maladies du haricot dolique	31
Tableau 4	Les extraits aqueux d'origine végétale utilisés contre les ravageurs des denrées stockées	41
Tableau 5	Quelques poudres utilisées dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées	42
Tableau 6	Noms, organes et modes d'action des huiles essentielles contre <i>C. maculatus</i>	44
Tableau 7	Les principaux composés et caractéristiques de quelques huiles essentielles	45
Tableau 8	Action biocide de quelques huiles essentielles contre certains ravageurs des graines stockées	46
Tableau 9	Composition biochimique de l'huile de lavande	53
Tableau 10	Composition biochimique de l'huile essentiel de <i>O. basilicum</i>	54
Tableau 11	Composition biochimique de l'huile essentiel de romarin	56
Tableau 12	Composition biochimique de l'huile essentiel de <i>Syzygium aromaticum</i>	57
Tableau 13	Composition biochimique de l'huile essentiel de <i>Eucalyptus globulus</i>	58
Tableau 14	Effet des huiles essentielles (Clous de girofle, Basilic et Thym) sur la longévité des adultes de <i>C. maculatus</i>	62
Tableau 15	Effet des huiles essentielles (<i>E. globules</i> , <i>R. officinales</i> et <i>O. basilicum</i>) sur la longévité des adultes de <i>C. maculatus</i>	63
Tableau 16	Effet des huiles essentielles (Clous de girofle, Basilic et Thym) sur	63

la fécondité des femelles (ponte des œufs)

Tableau 17	Effet des huiles essentielles (<i>E. globules</i> , <i>R. officinales</i> et <i>O. basilicum</i>) sur la fécondité des femelles (ponte des œufs)	64
Tableau 18	Effet des huiles essentielles (Clous de girofle, Basilic et Thym) sur l'éclosion des œufs	64
Tableau 19	Effet des huiles essentielles (<i>E. globules</i> , <i>R. officinales</i> et <i>O. basilicum</i>) sur l'éclosion des œufs	65
Tableau 20	Effet des huiles essentielles (Clous de girofle, Basilic et Thym) sur le taux de germination des graines de niébé	65
Tableau 21	Effet des huiles essentielles (<i>E. globules</i> , <i>R. officinales</i> et <i>O. basilicum</i>) sur le taux de germination des graines	66
Tableau 22	Effet des huiles essentielles par fumigation sur la mortalité moyenne des adultes de <i>C. maculatus</i>	67
Tableau 23	Taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. maculatus</i> (test de fumigation) avec les trois huiles essentielles	67
Tableau 24	Effet des huiles essentielles par fumigation sur l'éclosion des œufs de <i>C. maculatus</i> (Thym, Basilic, Clous de girofle)	68
Tableau 25	Taux de viabilité des larves de <i>C. maculatus</i> âgées de 12 ou 18 jours dans les graines de <i>V. unguiculata</i> traitées avec les huiles essentielles de Basilic et Thym et des clous de girofle	68

LISTE DES ABREVIATIONS

V. unguiculata : *Vigna unguiculata*

Mg : Milligramme

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

Cm : Centimètre

G : Gramme

kJ : Kilojoule (Unité de mesure d'énergie (travail, quantité de chaleur, etc.) égale à 1 000 joules)

Kcal : Kilocalorie C'est une unité hors du système international

Introduction	14
Partie I : Les modèles Biologiques	16
1 - Généralités sur <i>Callosobruchus maculatus</i>	17
1.1- Etude de <i>Callosobruchus maculatus</i> (Fabricius)	17
1.2- Position systématique BALACHOWSKY (1962)	17
1.3 - Description de l'insecte	18
1.4 - Origine et répartition	18
1.5- Dimorphisme	18
1.6- Description de différents stades de développement	21
1.6.1- L'accouplement et la ponte	21
1.6.2- L'œuf	21
1.6.3- La larve	22
1.6.4- L'adulte	23
1. 6.5- Le Dimorphisme sexuel	24
1.6.6- Dégâts et pertes	24
1.7- Cycle biologique	26
2- Etude de la plante hôte	28
2.1 - Généralités sur les légumineuses	28
2.2- Description de <i>Vigna unguiculata</i>	28
2.3 - Caractères morphologiques du niébé	28
2.4- Propriétés	29
2.5 – Classification	30
2.6 - Composition minérale de <i>V. unguiculata</i>	30
2.7- Les ennemis et maladies du niébé	30
3- Méthodes de lutte contre <i>c. maculatus</i>	34
3.1- Lutte préventive	34
3.2- Lutte curative	34
3.2.1- Lutte physique	35
3.2.1.1-Température	35
3.2.1.2- Radiations ionisantes	36
3.2.1.3- Radiations non ionisantes	36
3.2.1.4- Gaz inertes	36
3.2.2- Lutte chimique	36

3.2.2.1- Fumigateurs	36
3.2.2.2-Insecticide de contact	36
3.2.2.3- Lutte biotechnique ou contrôle de la confusion sexuelle	37
3.3- Utilisation des insecticides	37
3.4- Problématique de la lutte chimique contre les insectes des denrées stockées	38
3.5- Méthodes alternatives à la lutte chimique	38
3.6- lutte biologique	39
3.6.1- Phytothérapie (insecticides d'origine végétale)	39
3.6.1.1- Extraits organique	40
3.6.1.2- Poudres des plantes	40
3.6.1.3- Extraits organiques	41
3.6.1.4- Huiles végétales	42
3.6.1.5- Huiles essentielle	43
3.6.1.5.1- Composition chimique des Huiles essentielles	44
3.6.1.5.2- Action des huiles essentielles	44
4- Méthodes d'obtention des huiles essentielles	45
4.1- Hydrodistillation	46
4.2- Entraînement à la vapeur d'eau	47
4.3- L'hydro-diffusion	47
5 -Thym (<i>T. vulgaris</i>)	48
5.1- Classification	48
5.2- composant chimique de huiles essentielle de thym	49
5.2.1-Phénols	49
5.2.2-Flavonoïdes	49
5.2.3-Les alcools	50
6- La Lavande (<i>Lavandula officinalis</i>)	50
6.1- Classification	51
6.2- composant des huiles essentielles lavande	51
7- Le basilic (<i>Ocimum basilicum L</i>)	52
7.1-Classification	53
7.2- Composition chimique de huile essentielle basilic	53
8- Le romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	54

8.1-Classification	54
8.2-Composition chimique de l'huile essentielle de romarin	54
9- Le giroflier (Clous de girofle) (<i>Syzygium aromaticum</i>)	55
9.1- Classification	56
9.2- Composition chimique de l'huile essentielle de Le giroflier	56
10- L'eucalyptus (<i>Eucalyptus smithii</i>)	56
10.1- Classification	57
10.2- Composition chimique de l'huile essentielle de L'eucalyptus	57
11-Test par contacte	61
11.1- Effet des huiles essentielles sur la longévité des adultes de <i>C. maculatus</i>	61
11.2-Effet des huiles essentielles (<i>Clous de girofle, Basilic et Thym</i>) sur la fécondité des femelles (ponte des œufs)	62
11.3Effet des huiles essentielles sur l'éclosion des œufs	63
11.4- Effet des huiles essentielles sur le taux de germination des graines	64
2. Tests d'inhalation	65
2.Effet des huiles essentielles sur la mortalité des adultes	65
2.2- Effet des huiles essentielles sur l'éclosion des œufs de <i>C. maculatus</i>	66
2.3- Effet des huiles essentielles sur les larves	67
Conclusion	
Références bibliographiques	

Introduction

Introduction

La culture des légumineux vivriers, source de protéines végétales a été reconnue comme étant l'une des meilleurs et des moins coûteuses des solutions pour l'alimentation des populations des pays en voie de développement en Afrique et en Asie. En effet, les protéines dans les graines de légumineuses représentent 20 à 25% du poids sec, leur taux en protéines est calculé deux fois plus que chez les céréales (SOLTNER, 1990).

En plus de leur richesse en protéines et en acides aminés nécessaires à l'alimentation humaine, (HEIGNARD, 1998 ; ARCHANA et JAWALI, 2007), la culture des légumineuses est plus respectueuse de l'environnement, puisque ce sont les seules plantes à assurer leur propre approvisionnement en azote grâce à l'activité des bactéries symbiotiques, les rhizobiums. Cette voie symbiotique permet de fournir 70 à 80% des besoins énergétiques de la plante et d'obtenir de bons rendements sans recourir à des apports d'azote (N) minéral (HEIGNARD *et al.*, 2011). Parmi ces légumineuses, on distingue les haricots du type *Vigna unguiculata*.

Les familles d'insectes sont divisées en plusieurs types, parmi ces espèces figurent les Bruchidae, qui occupent une place prépondérante parmi les insectes. Cette espèce pond ses œufs au niveau des graines matures ou des gousses, tandis que les larves vivent et se nourrissent à l'intérieur des graines. Les adultes vivent librement (FARRELLE, 2002) et selon ce que les études ont montré, il a été constaté que chaque type de Bruchidae pousse dans un type spécifique de légumineuse. (CENTER et JOHSON, 1974; JANSEN, 1977).

En Algérie, la culture des légumineuses est un élément important de l'économie nationale, car elle couvre les besoins nationaux internes, mais le problème de la bruche du niébé est apparu, ce dernier dévaste de nombreuses récoltes principalement stockées (FAO, 2006).

En effet, la conservation des récoltes demeure l'un des facteurs clés de la sécurité alimentaire d'un pays. En effet, la production agricole est généralement saisonnière alors que les besoins des consommateurs s'étendent sur toute l'année. Il y'a une nécessité de la mise en place d'une politique phytosanitaire adéquate pour épargner les populations des risques de pénurie alimentaire pendant l'intersaison agricole. Dans cette perspective, un accent particulier devrait être mis sur le contrôle des insectes prédateurs des récoltes dans les stocks. En effet, les dommages causés par les insectes peuvent entraîner des pertes financières, des famines et des risques d'intoxication liés à la consommation des produits avariés ou traités avec des pesticides (ZUOXIN *et al.*, 2006).

Introduction

En raison de l'exacerbation du phénomène de pourriture des cultures, la situation est devenue nécessaire pour trouver une solution pour éliminer ce ravageur. Des pesticides avec des compositions chimiques ont été recherchés, mais cela contribue à la pollution et à l'empoisonnement de l'environnement (KEBBAB et DRICHE, 2008). Aujourd'hui, avec le développement des recherches, une alternative à ces pesticides a été trouvée. (GUEYE et *al.*, 2011).

Les huiles essentielles sont la solution parfaite pour éliminer ce ravageur et une alternative efficace qui ne contribue pas à la pollution de l'environnement (TANZUBIL, 1991; DON-PEDRO, 1995; PEMONGE, 1997; KEÏTA et *al.*, 2001; KELLOUCHE et SOLTANI, 2004; BATISH et *al.*, 2008; CAMARA, 2009; AIBOUD, 2012; TALEB-TOUDERT, 2015).

La question qui se pose maintenant est comment minimiser ce ravageur appelé *Callosobruchus maculatus* qui détruit le niébé *Vigna unguiculata* ? Comme solution, nous rapporterons dans notre mémoire les rôles que peuvent jouer un groupe d'huiles essentielles telles que l'huile de thym, de lavande, d'eucalyptus, de basilic, de romarin et de clou de girofle, pour limiter les activités biologiques de ce ravageur du niébé *C. maculatus* et de montrer qu'elles peuvent être considérées dans la lutte biologique.

PARTIE II

LES MODÈLES

BIOLOGIQUES

1-Généralités sur *Callosobruchus maculatus*

Les différentes espèces de bruchidés diffèrent par leur comportement, leur forme, la quantité de dégâts qu'elles infligent et la manière dont elles réagissent aux méthodes de contrôle. Pour pouvoir faire face aux ravages causés par ces insectes, il est absolument indispensable de revoir la taxonomie, la biologie et l'écologie de ces ravageurs, dont la plupart ont une importance économique, notamment dans les hot spots du monde (DJOSSOU, 2006).

1.1 - Etude de *C. maculatus*

Cette espèce a été décrite pour la première fois par Fabricius en 1775. Son emplacement systématique actuel a été clarifié par Bridwell en 1929 puis par Southgate en 1979. *C. maculatus* appartient à la famille des Bruchidae, à la sous-famille des Bruchinae et au genre *Callosobruchus*. La sous-famille des Bruchinae n'est présente que dans les légumineuses (SOUTHGATE 1979). Son origine n'est pas connue, mais (DECELLE, 1981) l'espèce connue sous le nom de charançon du niébé serait originaire d'Afrique. Charançon du niébé, *C. maculatus*, communément appelé charançon à 4 points ou charançon tacheté, y compris d'autres synonymes : *Bruchus quadrimaculatus*, *Bruchidius maculatus*, *B. ornatus*, *B. ambiguus*, *B. simatus* anglo-saxons

1.2-Position systématique :

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

Règne : Animale

Sous-règne : Métazoaires

Embranchement : Arthropodes

Sous Embranchement : Hexapode

Classe : Insectes

Sous Classe : Ptérygotes

Ordre : Coléoptères

Famille : Bruchidés

Genre : *Callosobruchus*.

1- Les Modèles biologiques

Espèce : *Callosobruchus maculatus* (F).

1.3 - Description de l'insecte

Le corps de l'adulte mesure de 2,8 à 3,5 mm de long (Fig. 1), son corps est essentiellement rouge, le pronotum est noir et les élytres sont de conception très variable et sont responsables de la création de plusieurs espèces sans valeur spécifique, qui gamme d'une forme intermédiaire de transition de l'un à l'autre. Les élytres sont décorés de quatre points noirs, circulaires, placés latéralement, les deux plus grands vers le milieu et les deux autres aux extrémités. Parfois, la cal humérale tacheté de noir se connecte latéralement au point médian, qui à son tour se connecte à l'apex. Sur le disque, les taches sont séparées par des bandes obliques jaunâtres. Du linoléum de la même couleur a été observé au milieu des élytres dans la 3ème lacune.

La tache sombre sur le dos peut être complètement absente ou réduite à une simple marge latérale sur les élytres. La queue est allongée, avec deux taches latérales, brunes ou oblongues (HOFFMANN, 1945 ; BALACHOWSKY, 1962 ; MALLAMAIRE, 1962).

1.4- Origine et répartition

Callosobruchus maculatus est un coléoptère de la famille des Beetleidae dont l'origine est incertaine, DECELLE (1981) considère cette espèce comme originaire d'Afrique, et selon BALACHOWSKY (1962), elle a une forte affinité tropicale. Bien que LEPESME (1944) attribue plus précisément son origine aux régions subtropicales ou tropicales des Amériques, il est également originaire du bassin méditerranéen, de l'Afrique de l'Ouest, de Madagascar, de la Chine, du Japon et d'Hawaï. Il est devenu mondial avec l'augmentation du trafic international (RIDET, 1992)

1.5- Dimorphisme

La différence entre les deux sexes se fait en observant l'aspect général, le plus caractéristique est la coloration de la queue, la queue de la femelle est grasse et foncée des deux côtés (fig. 2), et la queue du mâle est petite et sans. Contrairement au mâle brun clair, la femelle est plus grande et de couleur plus foncée (BECK et al., 2007). Les antennes sont noires et les 4 premiers segments sont rouges. Chez les mâles, elles sont plus grosses à partir du segment 7 (fig. 3), mais certaines femelles ont des antennes complètement rouges.

1- Les Modèles biologiques

L'espèce est ailée, bien qu'il existe aussi des formes à ailes courtes ou sans ailes (MALLAMAIRE, 1962)

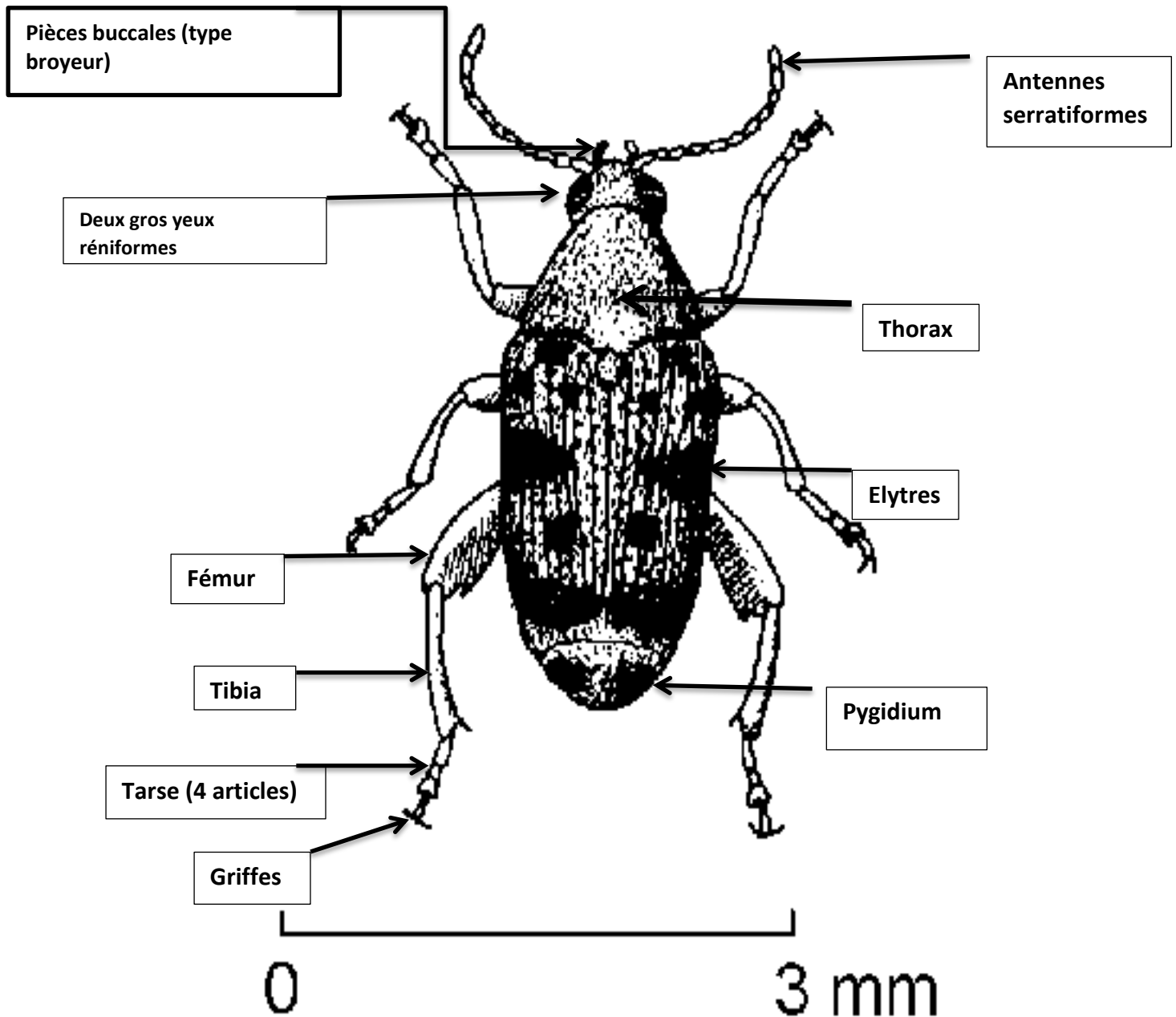


Figure 1 : Adulte de la bruche du niébé, *C. maculatus* (F) (LEPESME, 1944).



Figure 2 : Adulte de *C. maculatus*. (A) : Vue dorsale d'une femelle ; (B) : vue dorsale d'un mâle (BROWN et DOWNHOWER, 1988)

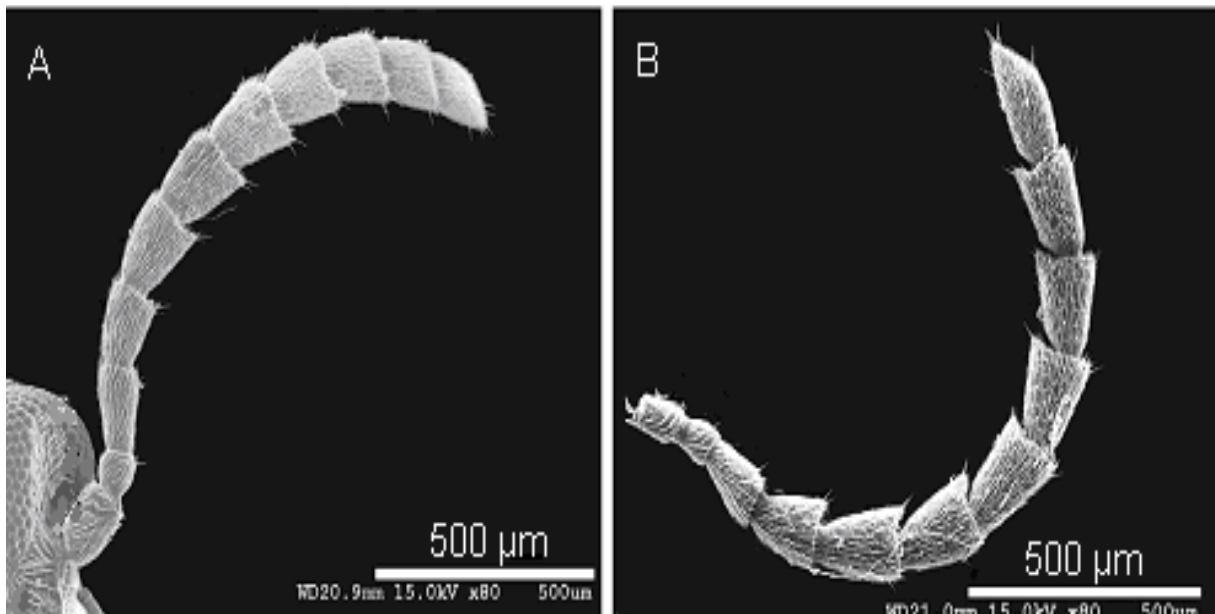


Figure 3 : Morphologie des antennes de *C. maculatus*. (A) antenne d'une femelle ; (B) antenne d'un mâle (observation au microscope électronique à balayage. Agrandissement $\times 80$) (FEI et al., 2009).

1- Les Modèles biologiques

1.6- Description de différents stades de développement

1.6.1- L'accouplement et la ponte

Chez l'insecte *C. maculatus*, il se caractérise par deux phénomènes biologiques qui sont l'accouplement et la ponte dans les deux heures suivant leur apparition. Les adultes se marient dans les 24 heures suivant la sortie des jeunes de la graine. Selon LEPESME (1944) L'accouplement et la ponte ont lieu dans l'obscurité et la lumière, de préférence sur des surfaces lisses, avec un nombre moyen d'œufs de 75 à 100 œufs par femelle.

L'abondance du frai dans les réservoirs dépend des facteurs climatiques. Le nombre maximum d'œufs pondus est de 28 °C et 70 % d'humidité

1.6.2- L'œuf

Il est de forme ovale, de 0,4 à 0,7 mm de long et de 0,3 à 0,45 mm de large, asymétriquement arrondi à la base et subconique à l'extrémité. Ils sont fixés au substrat par un liquide adhésif qui se solidifie à l'air après accouplement (BALACHOWSKY, 1962).

L'œuf est de couleur blanc translucide après la ponte. En cas d'éclosion, il devient laiteux.

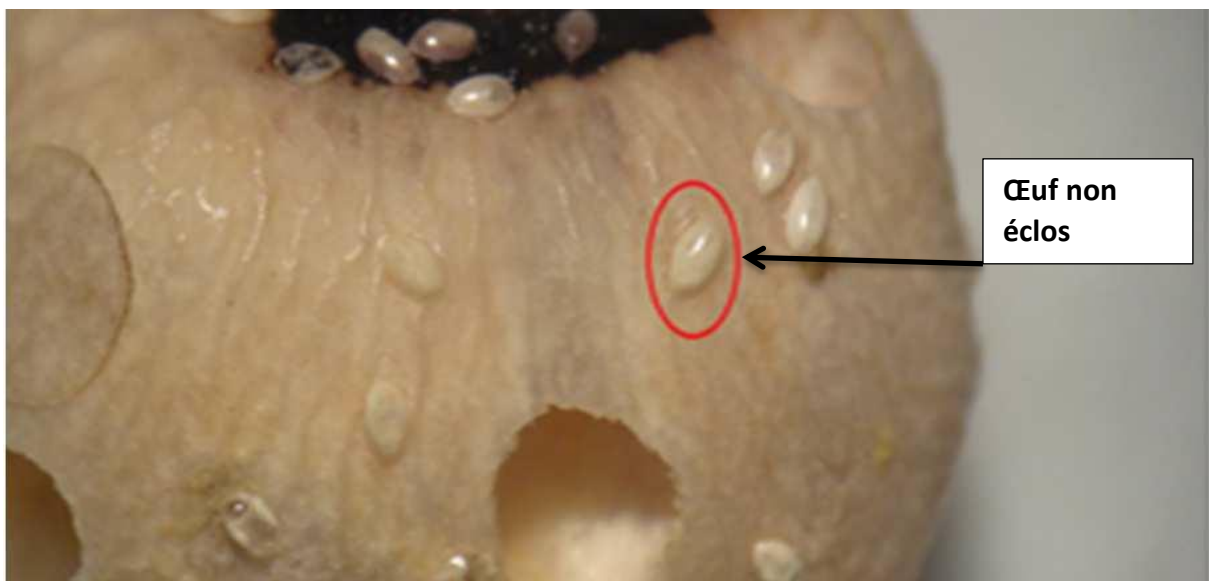


Figure 4 : Graine de niébé contaminée par les œufs de *C. maculatus* (laboratoire d'entomologie Avril 2016)



Figure 5 : Coléoptère *Callosobruchus maculatus* femelle examinant une graine avant de pondre des œufs la flèche indique un œuf nouvellement pondu à la surface de la graine.

1.6.3- La larve

BALACHOWSKY (1962) indique qu'il existe quatre stades larvaires :

- La larve télévisée ou première larve est la chrysomélie, avec des pattes courtes et robustes et une plaque pectorale très variable. Cette larve perce alors la graine et passe dans la rhynchophorie du deuxième stade apode.
- La larve du troisième stade mesure jusqu'à 4 mm de long.
- La larve du quatrième stade est caractérisée par un corps charnu. Interface sensorielle intermédiaire, fendue avec une seule sclérotique transverse et une fente portant 11 à 13 soies (fig. 6)



Figure 6 : Larves de *C. maculatus* (laboratoire d'entomologie Avril 2016)

1- Les Modèles biologiques

1.6.4- L'adulte

Le *C. maculatus* adulte est noir avec des poils dorés et blancs. Il mesure de 2,8 à 3,5 mm de long. Les élytres larges et plus longs sont brun rougeâtre avec une tache noire au milieu du bord latéral qui est brun noir dans la partie apicale. Il est recouvert d'un ornement blanc et or, qui dessine un X (DELOBEL et TRAN, 1993) (fig. 7 & 8).



Figure 7 : Emergence d'un adulte de *C. maculatus* (laboratoire d'entomologie Avril 2016)



Figure 8 : Coléoptère bruchide adulte *C. maculatus* (BELMAIN et al., 2001)

1- Les Modèles biologiques

1.6.5- Le Dimorphisme sexuel

Le dimorphisme sexuel est très marqué. Les mâles sont généralement plus petits et plus rouges que les femelles. Ils se distinguent des femelles par le pygidium (extrémité abdominale) qui conduit en grande partie à l'échancrure du dernier anneau abdominal alors que chez les femelles il reste complet (LEPESME, 1944). Chez les mâles, les antennes sont plus élargies que le septième article.

1.6.6- Dégâts et pertes

De tous les insectes ravageurs, *C. maculatus* est l'un des principaux ravageurs des semences stockées. Dégâts aux entrepôts

Résultats de stockage :

- Perte quantitative (poids) et qualitative des graines de légumineuses, comme en témoigne la diminution de la valeur nutritionnelle.
- Diminution de la capacité de germination.
- Infection et contamination du produit par des déchets (excréments, sécrétions, cadavres...), le rendant impropre à la consommation (fig. 9 & 10) (KELLOUCHE et al. 2004).



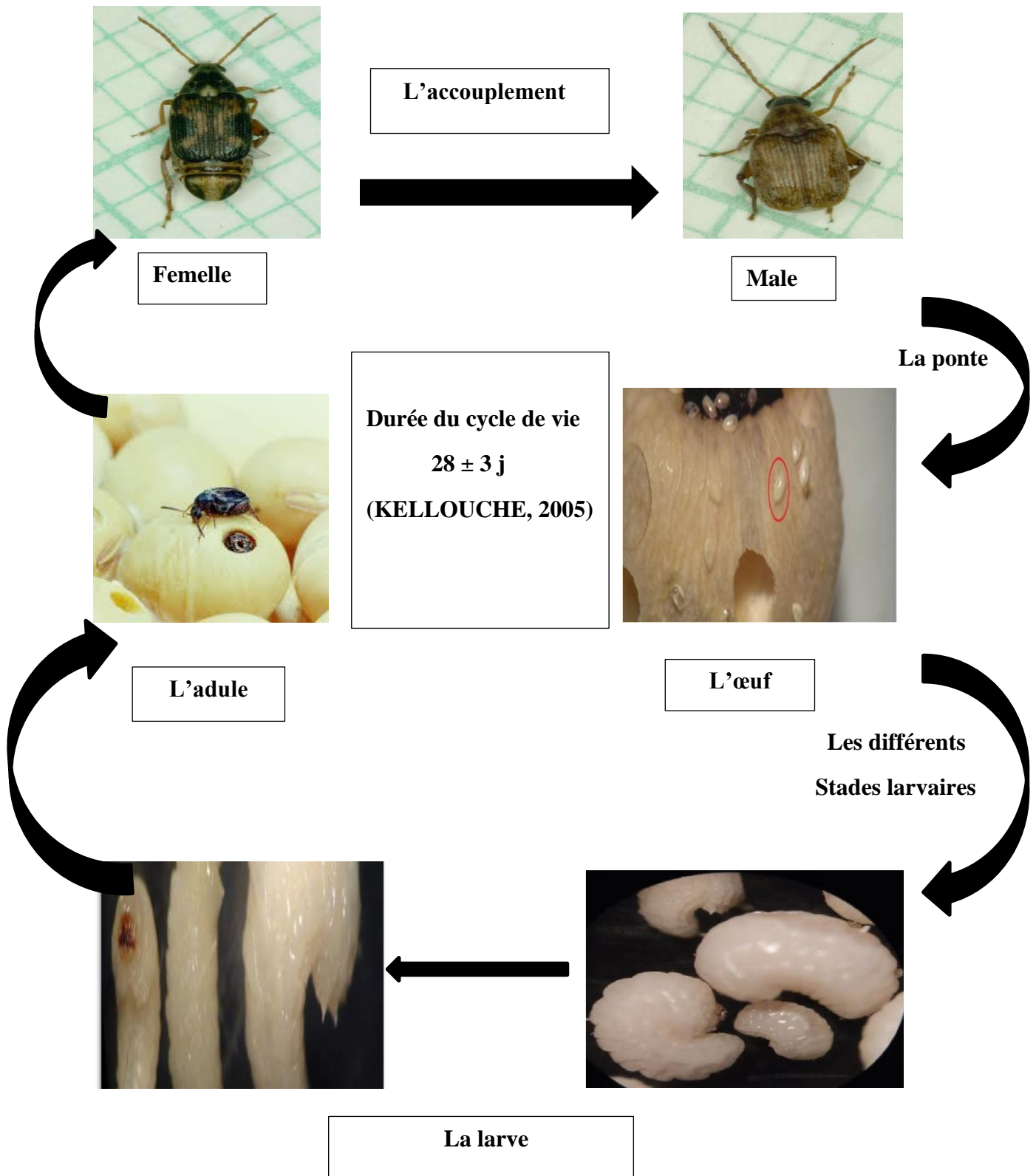
Figure 9 : Dégâts de *C. maculatus* sur des graines de *V. unguiculata* (laboratoire d'entomologie Avril 2016)



Figure 10 : Dégâts de *C. maculatus* sur des graines de *V. unguiculata* (MESSINE et al., 1985)

1- Les Modèles biologiques

Cycle et de stades de développement



1- Les Modèles biologiques

1.7 - Cycle biologique

C. maculatus F. complète son cycle de vie, de l'œuf à l'adulte, en 28 jours dans des conditions de laboratoire, à 27 °C et 70 % d'humidité relative (HOFFMANN, 1945). Selon KELLOUCHE (2005), la durée du cycle de développement (de l'œuf à l'adulte) est en moyenne de 28 ± 3 jours chez les graines de pois chiche. L'incubation des œufs dure environ une semaine, le développement des larves 15 jours et des pupes 6 jours (onglet 3).

Tableau 1 : Durée (en jours) des différents états et stades larvaires (KELLOUCHE, 2005).

Etats et stades larvaires	Durée (jours)
Embryogenèse	7 ± 1
Larve du 1er stade	2 ± 1
Larve du 2ème stade	2 ± 1
Larve du 3ème stade	6 ± 1
Larve du 4ème stade	5 ± 1
Nymphose	6 ± 1
Durée totale (jours)	28 ± 3

C. maculatus contamine généralement les graines dans les cultures et une fois introduit dans le stockage, il peut continuer à se multiplier indéfiniment, sans retourner dans la nature, si les conditions sont réunies. UTIDA (1954) considère que sa grande versatilité et son adaptabilité à diverses zones climatiques en font une menace constante pour les cultures de légumineuses dans de nombreux pays.

Les œufs sont pondus très rapidement après la copulation, et sont stimulés par la présence de certaines légumineuses, notamment *Vigna catjang* et certains *Phaseolus*. L'œuf est asymétrique, arrondi à la base, semi-conique à l'extrémité (Fig. 8) et fixé au substrat par un liquide collant qui se solidifie à l'air après la ponte. Il y a 75 à 100 œufs par ponte, cette dernière durant de 15 jours à 1 mois. L'éclosion a lieu 3 à 4 jours après la ponte dans les meilleures conditions, mais à des températures plus basses, l'incubation peut durer plusieurs semaines (BALACHOWSKY, 1962).

KAWECHI (1995) affirme que les femelles de *C. maculatus* peuvent anticiper la compétition larvaire future, en raison des conditions de développement, en produisant de gros œufs pour améliorer les chances de survie de leur progéniture. Lors de la parturition, la

1- Les Modèles biologiques

phéromone de marquage se dépose en même temps que l'ovocyte (DELOBEL et TRAN, 1993) ; Il permet aux femelles d'éviter les graines mal infectées et ainsi de réduire la compétition entre les larves

La pénétration de la larve naissante de type chrysomélien se produit de manière très particulière, puisqu'elle se produit toujours au même endroit d'attache de l'œuf et sous la coquille de l'œuf, et de son côté elle se fixe à la graine, comme ainsi que la larve passe au second stade sans pattes ; Le développement larvaire dépend de la température ambiante, et peut être très rapide autour de l'optimum (15 à 20 jours). Le nombre de plumes semble être variable, il serait de 2 à 4 selon les auteurs. La nymphose se produit dans ou près de la graine elle-même. Il résulte de ces considérations que la durée du cycle peut varier dans de très larges limites et que cet insecte peut varier, selon les cas, d'une à six générations par an (polyvolte) (BALACHOWSKY, 1962).

Deux types d'adultes sont observés chez *C. maculatus*: les adultes non glissants et incapables de voler qui sont sexuellement actifs une fois qu'ils émergent de la graine et les adultes en forme de voile et incapables de voler qui émergent tôt dans la vie reproductif. Ces deux formes diffèrent par des caractéristiques morphologiques, physiologiques et comportementales. Ce polymorphisme imaginal se produit au cours du développement larvaire par l'action combinée de deux facteurs, la teneur en eau des graines et la température. Lorsque le développement larvaire se produit dans des graines à forte teneur en eau, dans des conditions chaudes, une forte proportion d'adultes émergent sous forme d'insectes en forme de voile. Lorsque cela se produit dans des graines à faible teneur en eau, quelle que soit la température, seuls les adultes non dévoilés émergent. Dans des conditions de basse température, quelle que soit la teneur en eau des graines, seuls des insectes adultes qui ne ressemblent pas à des voiles émergent. Ces facteurs environnementaux jouent un rôle spécifique dans la régulation du cycle biologique des ravageurs (OUEDRAOGO, 1991).

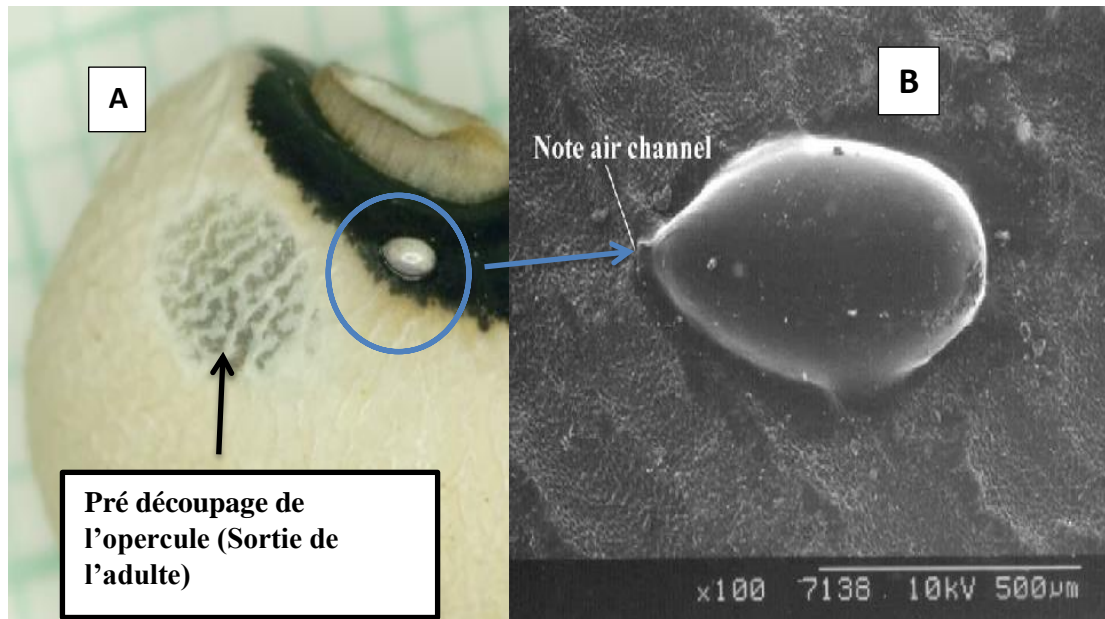


Figure 11 : Œuf de *C. maculatus*. (A) Œuf de pondu sur une graine de *V. unguiculata* (BLUMER et BECK, 2007). (B) : Œuf de *C. maculatus*. Observé au microscope électronique à balayage (Agrandissement $\times 100$)

2-Etude de la plante hôte

2.1 - Généralités sur les légumineuses

Les légumineuses sont un type de plante qui joue un rôle important dans la nutrition. Les plantes se ramifient en plantes ornementales, fourragères et alimentaires. Ces derniers se répartissent en légumineuses (lentilles, pois chiches...), oléagineux (soja, cacahuètes...), légumineuses (pois, haricots...) (REMOND et WALRAND, 2017).

Les graines de légumineuses présentent un intérêt nutritionnel : elles sont riches en protéines et apportent en même temps des sucres à digestion lente et des fibres. Elles sont utilisées en alimentation animale et humaine (COMBE et *al.* 1991).

2.2 - Description de *Vigna unguiculata*

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) (Walp.) est le plus consommé au niveau de la plupart des pays du monde, surtout lorsque les autres cultures sont faibles et rares. (GBAGUIDIET et *al.*, 2015).

2.3 - Caractères morphologiques du niébé

- La profondeur de la racine principale atteint 30 cm, elle se caractérise également par de nombreuses racines latérales, la souche atteint une longueur de 4 cm de forme presque cylindrique. (CHOUX et FOURY, 1994)

1- Les Modèles biologiques

- Les feuilles sont constituées de trois feuilles vertes de forme triangulaire, parfois avec une couleur violette marbrée (ZUANG, 1991)
- Les fleurs sont blanches mélangées avec du rose avec une base jaune (KEITA, 2000).
- Les graines sont de forme ovale et leur taille est inférieure à celle d'un haricot vert. Chaque gousse contient de 8 à 20 graines (BELHOUCINE et MAKOUR, 2007) Elle change également de couleur, majoritairement blanche et porte un point noir. (COUPLAN et MARMY, 2004).



Figure 12 : Gousses, graines de *V. unguiculata* (AIBOUD, 2012).

2.4 - Propriétés

Les légumineuses contribuent à rééquilibrer l'alimentation car elles contiennent 20 à 30% de protéines, ainsi que des acides aminés et des sels minéraux. Elles contiennent également un pourcentage légèrement supérieur de thiamine par rapport aux céréales. Elles sont également riches en calcium. Elles sont considérées comme une alternative à la viande dans certains pays, mais ils sont une source de fer, de phosphore et de potassium (APPERT, 1992).

La petite corne de niébé contient 100 g de comestible, 86 g d'eau, 184 Kj (44 kcal) d'énergie, 3 g de protéines, 3 g de protéines, 3 g de matières grasses, 9,5 g de glucides, 65 mg de calcium (USDA, 2004).

1- Les Modèles biologiques

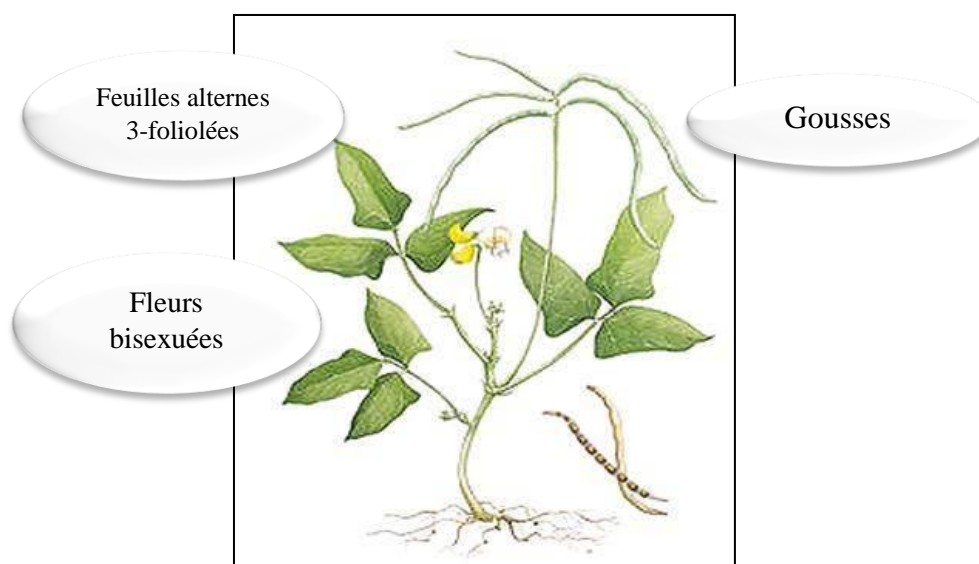


Figure 13 : Morphologie de *V. unguiculata* plante entière (AIBOUD, 2012)

2.5 - Classification

D'après BAUDOIN (2001), la taxonomie du niébé est la suivante :

Embranchement : Angiosperme.

Classe : Dicotylédone.

Ordre : Léguminosales ou Fabales

Famille : *Papilionaceae* ou (*Fabaceae*).

Tribu : *Phaseoleae*.

Sous tribu : *Phaseolinae*.

Genre : *Vigna Savi*.

Sous genre : *Vigna*.

Section : *Catiang*

Espèce : *Vigna unguiculata* (L.) Welp.

2.6 - Composition minéral minérale de *V. unguiculata*

Le tableau ci-dessous donne un aperçu sur la composition minérale des graines du niébé.

Tableau 2 : Composition minérale (mg/100 g de matière sèche) des graines de *V. unguiculata* (SINHA et SINHA, 1980).

Eléments minéraux	Composition (mg/ 100 g)
Calcium	37
Fer	4,7

1- Les Modèles biologiques

Zinc	4
Phosphore	430
Sodium	14
Potassium	125

2.7- Les ennemis et maladies du niébé

Le haricot dolique entreposé subit une forte infestation de plusieurs espèces d'insectes qui réduisent considérablement ces rendements et sa productivité. Les bruches et les pucerons sont les espèces les plus nuisibles pour le niébé (CISSE et HALL, 2004). En plus des dégâts causés par les insectes, s'ajoutent ceux dus aux maladies bactériennes, virales et cryptogamiques (CHAUX et FOURY, 1994). Les principaux ravageurs et maladies du niébé sont cités dans le tableau 3.

Tableau 3 : Principaux insectes et maladies du haricot dolique (CHAUX et FOURY, 1994)

Insectes et maladies	Agents	Organes ciblés	Moyens de lutte
- Pucerons (noirs & verts)	- <i>Aphis fabae</i> (noirs). - <i>Acythosiphon pisum</i> (vert)	- Feuilles crispées et enroulées - Pullulation sur tous les organes y compris les gousses.	- Désinfection par des aphicides à base de périthinoïdes de synthèse et de carbamates.
-Bruches du haricot dolique	- <i>Callosobruchus maculatus</i>	- Trous operculés sur grains conservés d'où perte de la faculté germinative.	- Désinfection par fumigation.
Maladies bactériennes (graisse du haricot)	- <i>Xanthomonas</i> ou <i>pseudomonas</i>	- Taches nécrosées sur les feuilles et les gousses	- Utiliser des semences certifiées saines. - Contre les <i>Pseudomonas</i> des Maladies bactériennes (graisse du haricot) traitements cupriques préventifs.
Maladies virales	- Mosaïque sévère du niébé	- Taches sur les feuilles.	- Utilisation des variétés résistantes. - Lutte contre Aphicide précoce
Maladies cryptogamiques	- <i>Fusarium</i> <i>Colletotrichum</i>	- Flétrissement de la tige et du système	- Traitement systémique des

1- Les Modèles biologiques

Fonte des semis Anthracnose		racinaire. - Sur les feuilles et les tiges, taches nécrotiques sur gousses	semences Dichlorofenthion + Thiram en enrobage à sec (4 Kg/t de semence). - Application de produits à base de Manerbe et Zirame
--	--	---	---

CHAPITRE 2

Méthodes de

Lutte

2- Méthodes de lutte

3- Méthodes de lutte contre *C. maculatus*

Les méthodes de lutttes se constituent d'un ensemble de mesures préventives et curatives, qui sont toutes des techniques visant à minimiser l'infection au champ, en début de stockage comme pendant le stockage (KEBBAB et DRICH, 2008).

3.1- Lutte préventive

Ceci doit être pris en compte dès le début de la culture jusqu'au stockage des semences. Il vise à réduire et à prévenir la propagation des cabosses au champ et des graines stockées, et comprend :

- Sélection de cultivars résistants (PIERROT, 1982).
- Respecter les rotations culturales qui réduisent l'infestation (SIMON 1994), désherber autour des exploitations, des friches, des fermes, ou des associations végétales diverses, etc.
- Séparer les graines saines des graines endommagées avant le stockage pour réduire le risque de perte pendant le stockage (APPERT, 1992).
- Assurer un taux d'humidité approprié des graines de 13% pour éviter la contamination par la bruche (LEPESME, 1994).
- Utiliser des emballages résistants tels que des sacs en polyéthylène doublés de coton que *C. maculatus* ne peut pénétrer (LIENARD et SECK, 1994).
- Désinfection des contenants et locaux de stockage qui doivent être fermés hermétiquement, ainsi que des denrées destinées au stockage.

3.2- Lutte curative

Ils deviennent nécessaires après que les mesures de prévention se sont révélées inefficaces (SIMAN, 1994 ; MAMOU, 2003 ; AMARI, 2014). Il consiste en une lutte direct des ravageurs, y compris une lutte physique, chimique et biologique

APPROCHES EN PROTECTION DES PLANTES

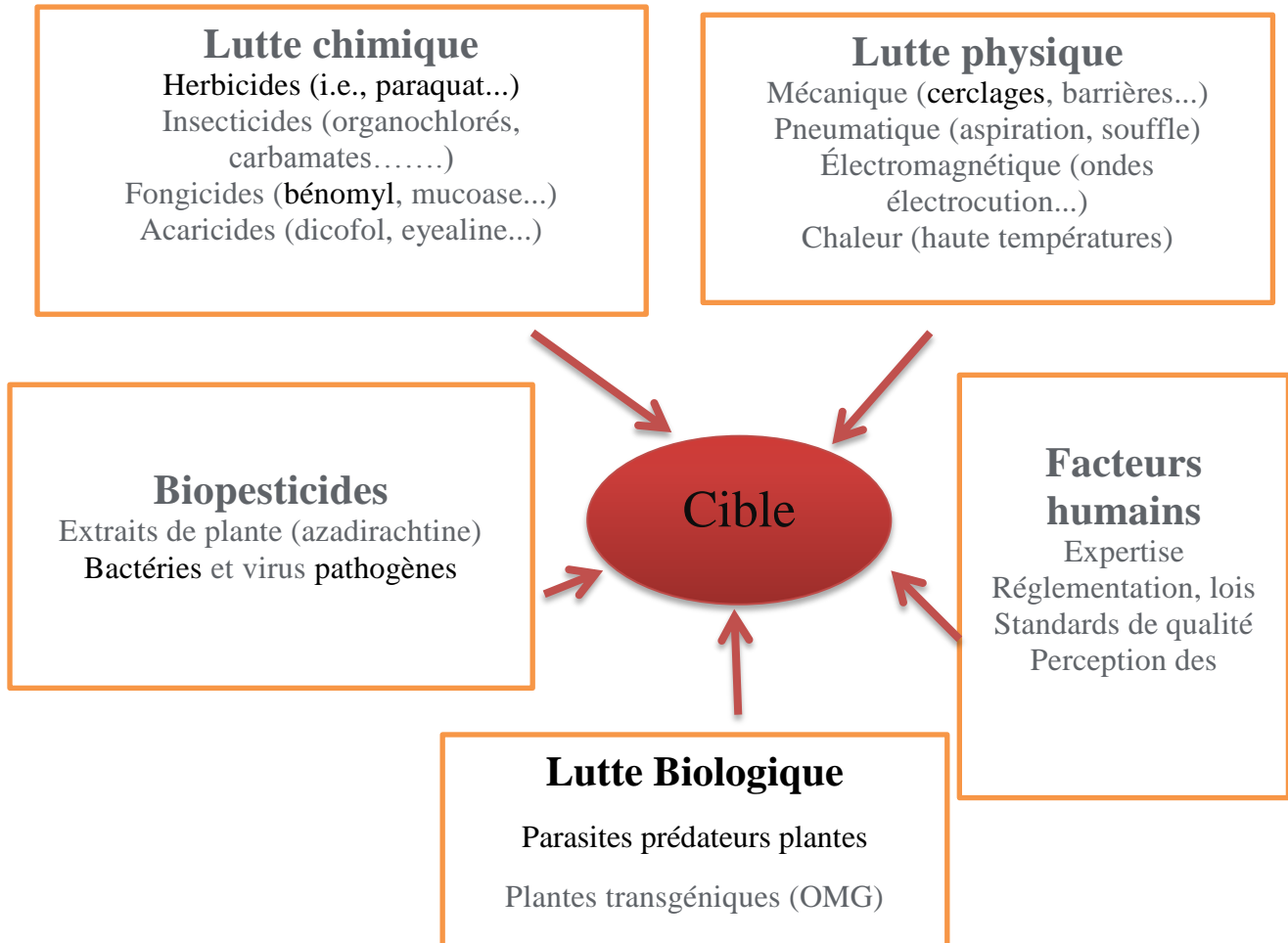


Figure 14 : Les cinq types d'approches en protection des végétaux d'après PANNETON et *al.* (2000)

3.2.1- Lutte physique

Cible la sensibilité des ravageurs à la température, aux radiations et aux gaz inertes.

3.2.1.1- Température

Selon (GWINNER, 1996), le développement optimal des insectes ravageurs des aliments stockés se situe généralement entre 25 et 35°C, en dehors de cet intervalle leur reproduction s'arrête, alors qu'à moins de 5°C et au-dessus de 45°C la plupart des individus meurent. Les graines peuvent être conservées pendant trois mois à une température de 5°C.

2- Méthodes de lutte

3.2.1.2- Radiations ionisantes

Les mâles sont plus sensibles aux rayons gamma que les femelles, et la dose létale dépend de l'insecte et de la durée du traitement (AHMED, 1992). La désinfection par rayons gamma à fortes doses conduit à la mort de tous les stades de développement de l'insecte (DIOP, 1997), et par contre l'exposition à faibles doses conduit à sa stérilité (DONGRET, 1997).

3.2.1.3- Radiations non ionisants

Les rayonnements infrarouges et les radiofréquences, chauffent les denrées infectées à une température mortelle pour tous les insectes, quelle que soit leur espèce ou leur stade de développement (SINGH, 1988; TERCHI, 2001).

3.2.1.4-Gaz inertes

L'utilisation de dioxyde de carbone ou d'azote à une concentration de plus de 60% de l'atmosphère régnant dans les stocks, est très efficace pour éliminer la plupart des ravageurs des céréales (WHILE et JAYA,1996).

3.2.2- Lutte chimique

Elle est efficace pour protéger les stocks des attaques de ravageurs (FLEURAT-LEUSSARD, 1978). Cela comprend la fumigation, les insecticides de contact et la lutte biotechnologique.

3.2.2.1- Fumigateurs

Ce sont des insecticides gazeux qui fonctionnent par inhalation. C'est le cas du bromure de méthyle et de la phosphine. Ces produits ont la capacité de pénétrer dans les grains et d'éliminer tous les stades de développement des insectes (CRUZ et *al.*, 1988). Le phosphore d'hydrogène et le bromure de méthyle sont toxiques et très efficaces contre les œufs et les larves (SINGH et AGARWALS, 1988).

3.2.2.2-Insecticides de contact

Utilisés sous forme de poudre ou de spray (chlore organique, organophosphorés, pyréthroïdes et carbamates de synthèse) (DUCOM, 1987)

Ci- dessous voici la liste de quelques insecticides chimiques : (LARVY et *al.*, 1944)

a) Arséniate de plomb

2- Méthodes de lutte

- b) Phénothiazime ou PNT
- c) Dichloro-diphényle-trichloro-éthane ou DDT
- d) Hexachlorocyclohexane ou HCH

Mais aussi : (KEBBAB et DRICHE, 2008)

- a) Actellic (organophosphore)
- b) Deltamethrine (pyrethriinoïde).

3.2.2.3- Lutte biotechnique où contrôle de la confusion sexuelle

Cette technique consiste à doubler le nombre de points d'émission du bouquet de phéromones sexuelles afin que les mâles attirés soient incapables de repérer et de localiser la femelle de la même espèce (FARGO, 1994) (fig. 15), ce qui se traduit par un taux de copulation plus faible et donc une baisse du taux d'accouplement et par conséquent le déclin de la prochaine génération.



Figure 15 : Lutte par la confusion sexuelle (<https://www.google.dz>).

3.3- Utilisation des insecticides

Sur le mil, le screening en laboratoire de différentes doses de matières actives, a montré une meilleure efficacité de la deltaméthrine 0,05% 10 ppm contre l'alucite des céréales (SECK, 1989c). Sur le niébé et sur le maïs, une application de deltaméthrine (K-OTHRINE PP2), à la dose de 50g de produit commercial par 100kg de denrée, s'est révélée très efficace contre *C. maculatus* d'une part, *S. zeamays* et *T. castaneum* d'autre part (SECK, 1988). Mais il convient de noter que malgré son intérêt, la protection chimique des denrées alimentaires en milieu paysan n'est pas sans poser des problèmes d'ordre économique, de santé publique et de nature stratégique.

3.4- Problématique de la lutte chimique contre les insectes des denrées stockées

L'utilisation de la lutte chimique est malheureusement limitée par de nombreux inconvénients telles que :

- Les risques pour la santé humaine et animale dus aux résidus laissés sur les denrées alimentaires ou au phénomène de concentration biologique.
- L'émergence d'insectes résistants ou tolérants.
- Son coût élevé.
- La pollution de l'environnement

En effet, pour la protection des stocks vivriers et des semences, organochlorés, carbamates, organophosphorés et pyréthrinoïdes de synthèse sont les pesticides les plus fréquemment utilisés (GUEYE, 2012). D'après ISMAN (2006), plusieurs pays en développement ont encore recours au dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et autres polluants organiques persistants (POP). En Afrique subsaharienne en particulier, environ 30% des produits commercialisés ne répondent pas aux normes de qualité internationale à cause du manque de moyen de contrôle efficace (FAO, 2001).

Les insecticides posent en outre, des problèmes de disponibilité, de stockage et de coût. Selon Pesticide Action Network (PAN) Africa (2003), les produits chimiques sont utilisés d'une façon abusive et impropre dans la plupart des pays africains. Les paysans détournent souvent des pesticides à des usages autres que ceux pour lesquels ils étaient destinés et les utilisent sans mesures de protection adéquates à cause des taux élevés d'analphabétisme. Une enquête menée au Sénégal par GUEYE et *al.* (2008) a établi une corrélation positive entre le niveau d'instruction des producteurs et les pratiques dangereuses quant à l'utilisation des pesticides. En effet, il est révélé l'usage de raticides, fongicides ou d'herbicides sur du maïs destiné à la consommation humaine.

3.5- Méthodes alternatives à la lutte chimique

Dans la protection des stocks, l'utilisation des poudres inertes naturelles joue un rôle important dans la conservation des denrées stockées. Leur principal avantage repose sur leur innocuité (GOLOB, 1997). Selon BANKS et FIELDS (1995), Il existe quatre types de poudres inertes desséchantes abrasives, en l'occurrence la terre (Argile poudrée, sable, terre...), la terre à diatomées, les gels siliceux, et les poudres inertes non siliceuses [(roches phosphatées, terre soufrée, chaux (hydroxyde de calcium), calcaire (carbonate de calcium), sel (chlorure de sodium)]. D'après EBELING (1971), l'insecte meurt lorsqu'il a perdu 60% de

2- Méthodes de lutte

son eau ou 30% de sa masse corporelle. La cendre et le sable fin sont utilisés pour traiter les stocks selon des proportions et des pratiques qui varient suivant les régions. Ces matériaux pulvérulents remplissent les vides entre les graines et constituent une barrière à la progression des femelles cherchant à pondre. Ces matériaux auraient un rôle abrasif sur les insectes et entraîneraient leur déshydratation en adsorbant ou abrasant le film lipodique protégeant leur cuticule (CRUZ et TROUDE, 1988). Les doses préconisées varient de 1-2% du poids des denrées à 0,25%-0,5% suivant la qualité des poudres et la teneur en eau du grain qui ne doit pas dépasser 15%. L'utilisation de la cendre et du sable est limitée au stockage traditionnel en greniers.

3.6- Lutte biologique

Cette méthode s'inscrit dans le cadre du développement durable et de la protection des écosystèmes. Elle vise à réduire la reproduction des insectes ravageurs, en utilisant leurs ennemis naturels soit prédateurs, parasites ou pathogènes, ainsi que des produits naturels d'origine végétale tels que poudres minérales, huiles végétales, huiles essentielles, etc. issus du phénomène de phytothérapie (DERRADJI et al., 2016).

Plusieurs parasites et prédateurs ont été identifiés comme les guêpes parasites qui se développent dans les greniers aux dépens des œufs, des larves et des nymphes de bruches ont les plus efficaces sont : *Dinarmus basalis* et *Eupelmus vuilleti* (SANON et al., 1999).

Pendant longtemps, les plantes aromatiques ont été utilisées à des fins médicinales ; Ils sont traditionnellement utilisés pour protéger les semences stockées (SANON et al., 2002). Actuellement, la lutte biologique est la méthode préférée des programmes de recherche en raison de ses avantages économiques.

3.6.1- Phytothérapie (insecticides d'origine végétale)

Les alternatives aux insecticides de synthèse incluent les pesticides microbiens, les phéromones et les insecticides d'origine végétale (ISMAN, 1995; BENBROUK, 1996; KELLOUCHE, 2005). Les agriculteurs ont été les premiers à utiliser des insecticides botaniques. Ils sont à la base de nombreuses observations anciennes qui ont façonné les disciplines émergentes de la biologie. L'intérêt suscité par les interactions entre insectes et phytochimiques a conduit à la caractérisation de plusieurs centaines d'extraits et de leurs composés secondaires (constituants actifs). Ce dernier a une bio-activité stable contre les insectes nuisibles *in vitro*. Le nombre d'insecticides botaniques couramment utilisés est encore très faible (ISMAN, 1997). L'utilisation de ces substances comme biocides dans la protection

2- Méthodes de lutte

des graines de légumineuses est conçue sous plusieurs formes - extraits aqueux. Extraits organiques. Poudres végétales. - Huiles végétales et huiles essentielles (ISMAN, 1995).

3.6.1.1- Extraits aqueux

Les extraits aqueux sont utilisés par les agriculteurs africains depuis longtemps. Ainsi, des feuilles de tabac sont trempées dans de l'eau pour obtenir une solution à action insecticide (GAKURU et FOUABI, 1996). Selon REGNO-ROGER et HAMRAOUI (1997), la plante la plus efficace est la Labiate (Lamiaceae), qui est utilisée en solution dans l'eau. Quelques exemples d'extraits aqueux utilisés contre les insectes en phytothérapie sont présentés dans le tableau 4

Tableau 4 : Les extraits aqueux d'origine végétale utilisés contre les ravageurs des denrées stockées (GWINNER et *al.*, 1996).

Méthodes	Actions	Remarques
Aspersion de la marchandise à l'extrait de pyrèthre.	Effet insecticide et répulsif efficace sur la totalité des ravageurs des stocks.	La matière active se dégrade rapidement.
Aspersion du grain d'extrait de Neem (25 à 50g/l) du grain dans une proportion de 0,5 à 5%.	Insecticide et répulsif, inhibition du développement	_____
Aspersion de la marchandise aux extraits de poivrons	Effet insecticide et répulsif sur de nombreux ravageurs durant plusieurs mois.	C'est un produit qui modifie le goût des graines
Aspersion de la marchandise au moyen d'un extrait à 2,5% de racines d'Annona.	Puissants effets répulsifs et insecticides, pendant 3 à 4 mois, sur les bruches.	_____

3.6.1.2- Poudres des plantes

Un grand nombre de plantes aromatiques et médicinales sont testées sous forme de poudres pour protéger les semences stockées. Ces poudres proviennent de divers organes (Feuilles, écorces, graines, fruits ou racines) de plantes séchées (GWINNER et *al.*, 1996). Certaines des poudres utilisées pour lutter contre les ravageurs des aliments stockés sont répertoriées dans le tableau suivant :

2- Méthodes de lutte

Tableau 5 : Quelques poudres utilisées dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées (GWINNER et al., 1996).

Poudres	Action
Poudre de feuille de <i>Boscia senegalensis</i>	Inhibition du développement des bruches dans les stocks
Poudre des feuilles de Myrthe (<i>Myrtus communis</i>) Boutons floraux séchés (clous de girofle) (<i>Syzygium aromaticum</i>)	Action insecticide sur la survie, la fécondité et la descendance de <i>C. maculatus</i>
Poudre d'écorce d' <i>Afrostryraxlepidophyllus</i> et de <i>Trichia gilgiana</i>	Effet insecticide sur la mortalité et le nombre d'insectes émergés de <i>Sitophilus zeamais</i> et <i>Tribolium castaneum</i>
Poudres des feuilles de <i>Tephrosia vogelii</i>	Effet insecticide, inhibition du développement des coléoptères des graines stockées pendant 5 mois
Poudre des fruits de piment	Protection des doliques écosés

3.6.1.3- Extraits organiques

Les extraits organiques sont une infusion d'eau ou d'alcool qui devient de plus en plus concentrée par évaporation. Selon les études de TEUGWA et al. (2002) sur le brocoli haricot utilisant des extraits organiques de certaines plantes aromatiques, ces extraits ont un effet insecticide lié à la dose, au temps d'exposition et au type d'extrait. Ainsi un taux de mortalité élevé des brochchididae est enregistré 24 heures après exposition aux extraits organiques de *Agretum houstonianum* (*Asteraceae*). Selon REGNAULT-ROGER (2003), les extraits suivants : le menthol extrait du thym (*Thymus vulgaris*) et l'eugénol extrait du Carex caryophyllée (*Eugenia caryophylla*) ainsi que le Pulégone extrait de la Menthe pouliot (*Mentha Pulegium*), sont les extraits organiques les plus puissants utilisés contre le charançon du Haricot. La formule chimique de quelques composés est donnée dans les figures 16, 17 et 18.

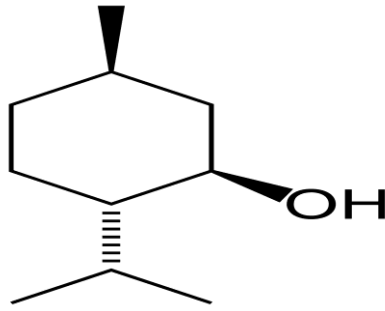


Figure 16 : la formule chimique de Menthol (<https://www.google.dz>)

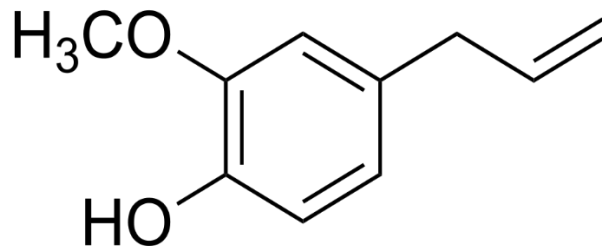


Figure 17 : : la formule chimique de l'eugénol (<https://www.google.dz>)

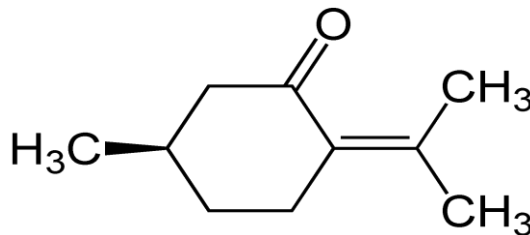


Figure 18 : la formule chimique de Pulégone (<https://www.google.dz>)

3.6.1.4- Huiles végétales

Les huiles végétales sont des esters d'acides gras de haut poids moléculaire, visqueux, peu volatils et insolubles dans l'eau (REGNAULT-ROGER et VICENT, 2002). Ils ont été utilisés très tôt en désinsectisation sous forme émulsionnée. Ils sont des insecticides de contact qui agissent par leurs propriétés physiques et chimiques, des adjuvants de molécules liposolubles et, dans certains cas, des synergistes. Ces huiles sont principalement des triglycérides de graisses, et elles ont des dérivés d'estérification qui sont aussi appelés "huiles d'estérification" où 'huile d'herbe méthylée'. Ils sont visqueux, peu volatil et se divise en huiles sèches ou semi-séchantes. Ils sont extraits par pressage et présentent une toxicité de contact résultant de la formation d'un film imperméable, isolant l'insecte de l'air et provoquant son étouffement (REGNAULROGER et CAUPIN, 1994; WEINZEIRL, 1997).

2- Méthodes de lutte

3.6.1.5- Huiles essentielles

Les huiles essentielles, communément appelées « essences », sont des mélanges de composés végétaux aromatiques qui sont extraits par distillation, vapeur ou solvants (SMALLFIELD, 2001).

Selon KOUROSH et *al.* (2007), les huiles essentielles, ou huiles volatiles, sont des métabolites secondaires couramment produits par les plantes aromatiques pour lutter contre les infections et les parasites. Les huiles essentielles se trouvent dans environ 2 000 espèces végétales réparties en 60 familles (Richter, 1993). Dans une plante, les huiles essentielles peuvent être stockées dans différents organes : fleurs (origan), feuilles (citronnelle, eucalyptus), écorce (cannelier), bois (bois de rose, santal), racine (vétiver), rhizomes (acorus), fruits (badiane) ou graines (carvi) (BRUNETON, 1987).

Le tableau suivant présente les noms, membres et modes d'action des huiles essentielles contre *C. maculatus*.

Tableau 6 : Noms, organes et modes d'action des huiles essentielles contre *C. maculatus* (YADAVA et *al.*, 1982; IVBIJARO, 1983; MESSIN et REIWICK, 1983; DON-PEDRO, 1985; BOUGHADAD et *al.*, 1986; DON-PEDRO, 1989; PAJNI et GILL, 1990; ECHENDU, 1991).

Noms	Organes	Mode
<i>Acorus calamus</i> (L.)	Rhizome	Toxicité par contact chez les adultes.
<i>Azadirachta indica</i>	Graines	Effet déterrent, effet ovicide et larvicide.
<i>Arachishy pogeia</i> (L.)	Graines	Diminution de l'oviposition Effet ovicide et larvicide.
<i>Ricinus communis</i> (L.)	Graines	Diminution des émergences
<i>Butyrospermumparkii</i>	Fruit	Effet ovicide
<i>Cocos mucifera</i>	Graines	Effet ovicide et larvicide
<i>Eucalyptuscitriodora</i> ou <i>E. globulus</i>	Plante entière	Effet fumigeant
<i>Piperquinense</i> (L.)	Graines	Effet insecticide et diminution des émergences

2- Méthodes de lutte

3.6.1.5.1- Composition chimique des Huiles essentielles

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 (CHIASSON et BELOIN, 2007) et dans une moindre proportion des composés phényle propane, quelque fois, des produits de dégradation de composés non volatils également sont identifiés. Quelques composés et caractéristiques de certaines huiles essentielles sont illustrés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Les principaux composés et caractéristiques de quelques huiles essentielles (BACHELOT et *al.*, 2006).

Elément biochimique	Caractéristique	Quelques produits possédants ces éléments
Les acides	Anti-inflammatoires Agissant en calmants le système nerveux	Le clou de girofle et le genévrier
Les cétones	Anti-infectieux, cicatrisantes, Calmantes, Stimulation du système immunitaire	La camomille noble, le fenouil le romarin officinal, l'eucalyptus mentholé
Les esters	Antispasmodique, rééquilibrant nerveux	La lavande officinale, le géranium rose
Les éthers	Antispasmodique, effets antalgiques	L'estragon, le basilic la rose de damas
Les phénols	Immunostimulants, action contre les microbes, les champignons, les virus et les bactéries.	Le thym, l'origan d'Espagne, le poivre noir
Les sesquiterpènes	Anti-inflammatoires, antalgiques, emploi important en cosmétologie	La mélisse, le cèdre de l'Atlas
Les monoterpènes	Action contre les microbes, les virus et les bactéries, stimulent le système nerveux	Le bois de rose, la camomille noble, l'eucalyptus
Les coumarines	Anticoagulantes, neuro-sédatives	Le céleri, l'angélique
Les aldéhydes	Intermédiaire entre alcools et cétones, anti-infectieux	Le citron, la cannelle de Chine, la mélisse

3.6.1.5.2- Action des huiles essentielles

Les biocides à base d'huiles essentielles constituent une classe intéressante de pesticides constituée de plusieurs composés qui dépendent d'actions multiples (CHIASSON et BELOIN, 2007). De nombreux composants terpénoïdes des huiles essentielles sont toxiques au contact d'une grande variété d'insectes (REGNAULT-ROGER et *al.*, 2005). REGNAULT-ROGER et

2- Méthodes de lutte

HAMRAOUI (1995) ont noté l'effet toxique des monoterpènes par fumigation sur le charançon du haricot. Il y avait également une inhibition complète de la pénétration des larves dans les céréales traitées avec du linalol et du thymol, de plus ce dernier produit s'est avéré empêcher l'émergence des adultes (CHIASSEON et BELOIN, 2007). Ces mêmes auteurs ont également montré que la majorité des constituants des huiles essentielles : composés monoterpéniques et dérivés isoprénoides présentent également une toxicité par inhalation pour les insectes adultes et inhibent plus ou moins la reproduction, et c'est notamment le cas du carvacrol qui provoque une inhibition maximale. Les effets de certaines huiles essentielles sont résumés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Action biocide de quelques huiles essentielles contre certains ravageurs des graines stockées (MESSIN et RENWICH, 1983; DON PEDRO, 1989; IVBIJARO, 1990; GWINNER, 1996; BOUGHADAD et al., 1997).

Nom des huiles	Effets
Huile de <i>Piper guinenses</i>	Effets insecticides et diminution des émergences
Huiles d' <i>Acorus calamus</i> Huile de noix de coco 5 à 10 ml/kg (<i>cacaos nucefera</i>)	- Toxicité par contact chez les adultes. - Toxicité sur les embryons à l'intérieur des œufs des bruches. - L'action persiste jusqu'à 2 mois.
Huile de cactus (<i>Ficus indica</i>). Huile de thym (<i>Thymus vulgaris</i>). Huile romarin (<i>Romarinus officinalis</i>)	- Réduction de la longévité des adultes. - Inhibition de la ponte des femelles. - Activité ovocide et larvicide. - Protection des graines stockées.

4- Méthodes d'obtention des huiles essentielles

Les huiles essentielles des plantes se forment en général dans les chloroplastes des feuilles, qui sont les organites dans lesquels se produit la photosynthèse. Il est préparé pour fusionner avec le glucose et être transporté dans toutes les parties de la plante. Par conséquent, les huiles essentielles sont une sécrétion naturelle qui se produit dans la feuille, l'écorce ou la fleur (MILES, 2016). Ainsi, les huiles essentielles peuvent être trouvées dans différentes parties d'une même plante. Par ailleurs, la synthèse des huiles essentielles peut également varier d'un organe à l'autre (PARIS et HURABIELLE, 1981).

2- Méthodes de lutte

Il existe de nombreuses façons d'extraire l'huile essentielle d'une plante, selon la partie de la plante choisie. Quelle que soit la méthode utilisée, la structure moléculaire de l'huile essentielle doit rester la même pendant le processus d'extraction (MUTHER, 2015). En effet, Les huiles essentielles sont de nature volatile et de couleurs différentes. Ce sont des gouttelettes membranaires à structure d'hydroxy-esters gras hautement polymérisés qui encapsulent un ensemble des groupements peroxydes. Grâce à leur caractère lipophile et à leur non perméabilité aux gaz la structure d'hydroxy-esters gras limite l'évaporation des huiles essentielles et leur oxydation à l'air (BRUNETON, 1993; ANTON et LOBDTEIN, 2005).

Par ailleurs, les huiles essentielles contiennent un pourcentage élevé de monoterpène qui présentent une faible densité. Ainsi, ils ont la capacité de se dissoudre dans tous les composés à haute teneur en alcool mais aussi dans de l'eau. Ils présentent un pouvoir de rotation énorme car il contient des composés basiques asymétriques. Les huiles essentielles transmises à travers la vapeur d'eau, se conservent au frais (à température ambiante) et dans l'obscurité.

4.1- Hydrodistillation

L'une des méthodes approuvées et recommandées est l'hydrodistillation, notamment lors de l'extraction d'huile essentielle d'épices sèches, dont le principe consiste à plonger la matière végétale dans un réacteur rempli d'eau à haute température (CHENNI, 2016; BOUSBIA, 2011)(fig. 19).

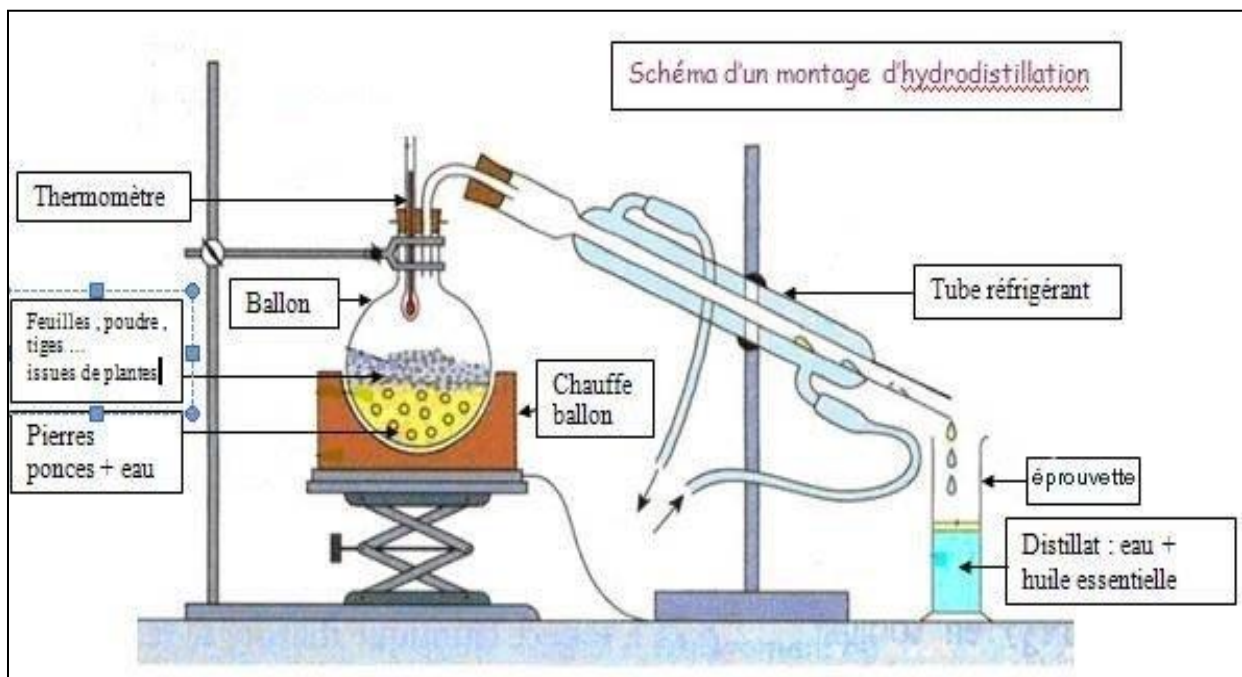


Figure 19 : Schéma d'un montage d'hydrodistillation. (BANOUH & AZZOUZ, 2019).

2- Méthodes de lutte

4.2- Entraînement à la vapeur d'eau

La méthode de distillation à la vapeur est utilisée pour extraire les huiles essentielles comme alternative à l'utilisation de la distillation de l'eau. Son principe est de séparer les matières végétales de l'eau par une grille au-dessus du pot de la chaudière à travers laquelle passe la vapeur en faisant éclater les cellules végétales. Ainsi, le mélange vapeur d'eau + huile extraite passe au condenseur jusqu'à ce qu'il soit distillé. La qualité de l'huile extraite par la méthode de distillation est meilleure que la méthode de distillation de l'eau (Marie, 2005)(fig. 20).

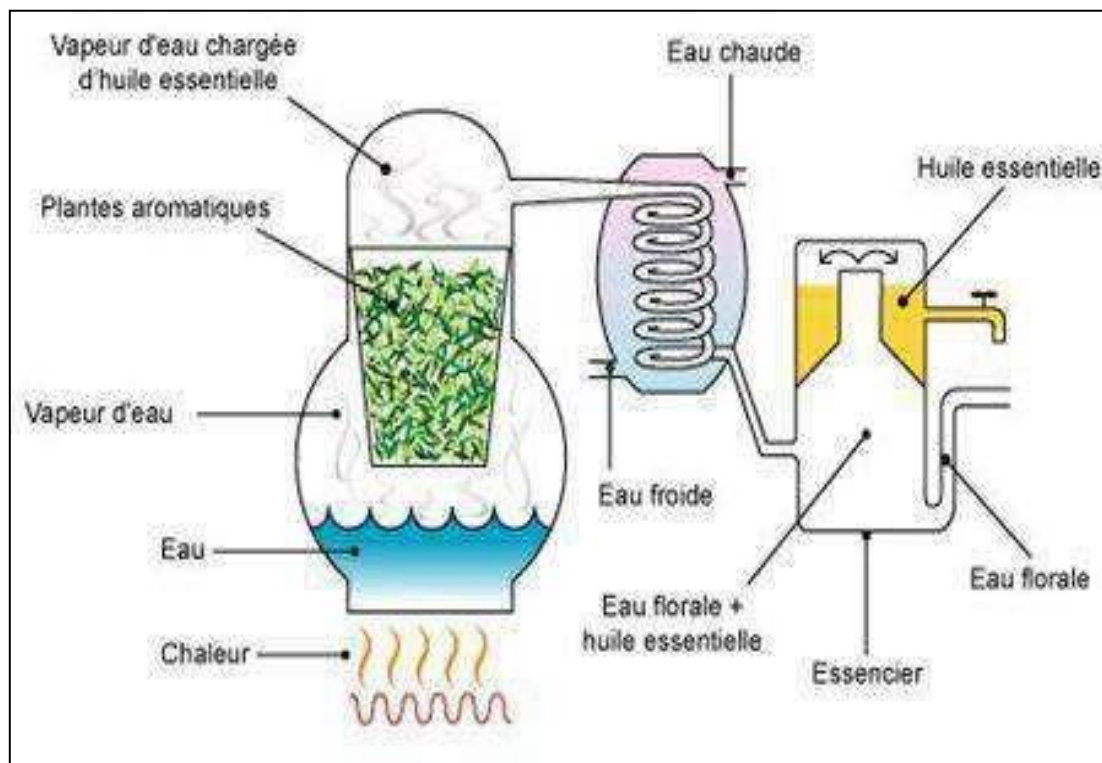


Figure 20 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau (LONGEVIALLE, 1981).

4.3- L'hydro-diffusion

Dans cette méthode, cela dépend du principe de l'osmose, et aussi, au lieu de déplacer la vapeur d'eau du bas vers le haut, c'est l'inverse qui se produit (la transmission de la vapeur d'eau du haut vers le bas). Naturellement, les cellules végétales explosent et la vapeur d'eau se mélange à l'huile essentielle, puis elle se déplace vers le condenseur, comme indiqué sur (fig. 21). (MARIE, 2005)

2- Méthodes de lutte

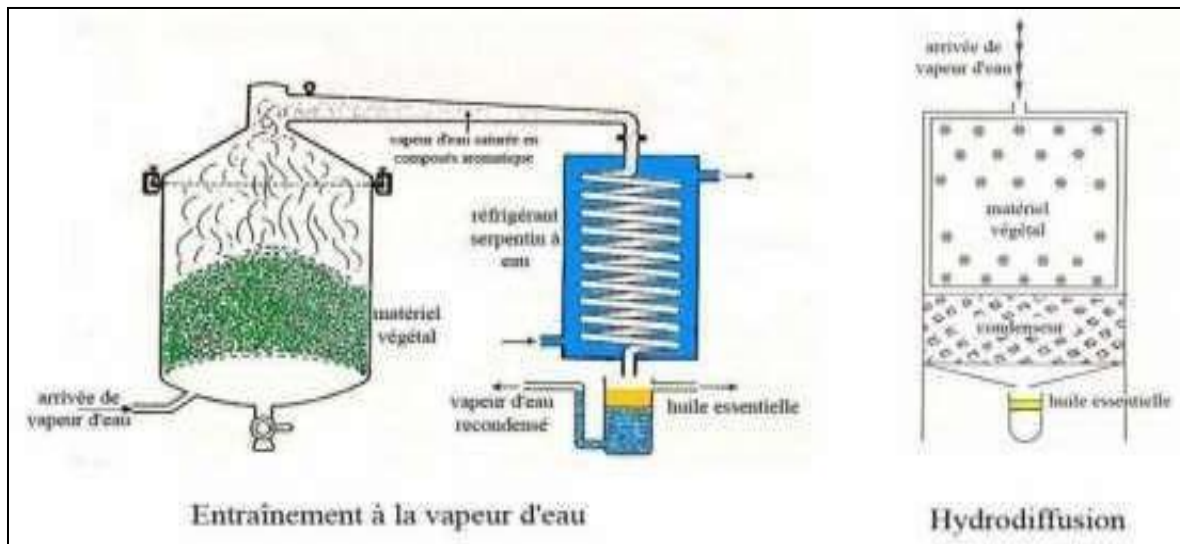


Figure 21 : Entraînement à la vapeur d'eau ascendante et descendante (MARIE, 2005).

Exemple de plantes dont l'huile essentielle est utilisée dans la lutte contre *C. maculatus*

5.- Thym (*Thymus vulgaris*)

La plante de thym est classée comme une épice qui appartient à une famille des Lamiacées. Elle est largement classée comme une herbe thérapeutique en médecine alternative. Le thym se compose de 215 espèces et est classé comme une plante vivace qui pousse sur les pentes des collines de la Méditerranée (TOUHAMI, 2017) (fig. 22).



Figure 22 : Partie de thym *T. vulgaris* (ISERIN, 2001).

5.1- Classification

2- Méthodes de lutte

La position taxonomique du thym est donnée ci-dessous (AMAM *et al.*, 2022).

Règne : Plantes

Sous Règne : Plantes vasculaires

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous Classe : Dialypétales

Ordre : Labiales

Famille : Lamiacées

Genre : *Thymus*

En arabe : الزعتر (BENOURAD, 2015)

5.2- Exemple de quelques composant chimique de l'huile essentielle de thym

5.2.1- Phénols

Un phénol est une molécule aromatique, possédant un groupe hydroxyle (OH) fixé sur le carbone d'un cycle benzénique. C'est l'un des principaux composants des huiles essentielles (LAURENT, 2017).

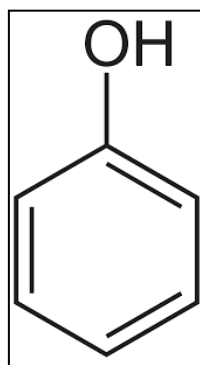


Figure23 : Structure du phénol (SAMI *et al.*, 2022).

5.2.2- Flavonoïdes

Ce sont des métabolites secondaires avec une structure à deux cycles aromatiques attachés à trois atomes de carbone. Il est rétroactif à ses fruits, légumineuses, ficelle...etc. Les flavonoïdes sont mieux décrits par leur capacité à agir comme antioxydants et à protéger le corps contre les espèces réactives de l'oxygène (NIJVELDT *et al.*, 2001).

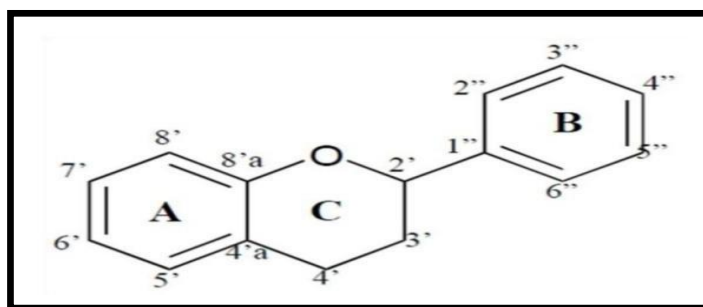


Figure 24 : Squelette général des flavonoïdes (BELABES & DJEDIRA, 2019)

5.2.3- Les alcools

Les alcools terpéniques ou mono-terpinols sont utilisés dans de nombreuses maladies infectieuses. Ainsi, le linalol contenu dans l'huile essentielle *Thymus vulgaris* (CT linalol) a des propriétés immunostimulantes.

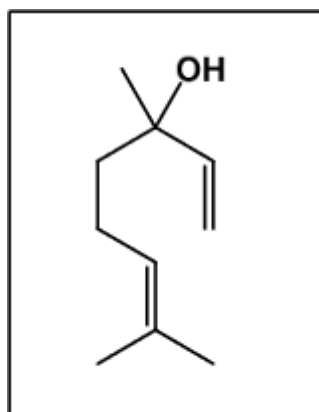


FIGURE 25 : Structure de linalol (TOUHAMI, 2017)

6- La Lavande (*Lavandula officinalis*)

La lavande est considérée comme une plante ornementale, plus qu'une plante médicinale ou aromatique, car elle se caractérise par son parfum puissant et ses fleurs violettes. Elle appartient à la famille des labiées (ou labiacées), comme le thym, le romarin, etc. (JAEGLY, 2003) et se caractérise par être une plante très sèche (BELMONT, 2013) qui pousse dans les îles de l'Atlantique et du bassin méditerranéen jusqu'au nord de l'Afrique équatoriale (DEUTSCH, 2001) (fig. 26).



Figure 26 : L'appareil végétatif de lavande (AOUINA & LAKHDARI, 2019).

6.1- Classification

Selon CROQUIST (1981) la lavande est classée comme suit :

Règne : *Plantae*

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Genre : *Lavandula*

Espèce : *Lavandula officinalis* (L.)

En français : La lavande

En arabe : الخزامة (QUEZEL et SANTA (1963).

6.2- Composition chimique de l'huile essentiel de lavande

L'huile essentielle de lavande est classée comme curative, anti-inflammatoire, bactéricide, antiseptique et insecticide (BECHAALANY, 2014). Le tableau ci-dessous donne la composition biochimique de l'huile de lavande.

2- Méthodes de lutte

Tableau 9 : Composition biochimique de l'huile de lavande (BARKAT et *al.*, 2011)

Composition biochimique	Pourcentage (%)
Lavandulylacetate	15,26
Acetate	10,68
p-cymen-8-ol	1.25 %
1,8-cineole	10.25 %
γ -terpinene	11.20 %
δ - 3-carene	0.32 %
α -phellandrene	11.25 %
3-octanol	1.7 %
Camphène	0.37 %
α pinène	0.3 %

7- Le basilic (*Ocimum basilicum* L.)

Le nom commun d'*Ocimum basilicum* est le "basilic", qui est un mot grec signifiant plante royale (KHAMOULI & GRAZZA, 2007). La plante de basilic se caractérise par sa croissance rapide (CHENNI, 2016). C'est aussi une plante médicinale importante pour sa propriétés chimiques et thérapeutiques, en particulier dans les pays africains et asiatiques (ABDELAZIZ, 2015) (fig. 27).



Figure 27 : Plante de *Ocimum basilicum* (TEJASWI et *al.*, 2013)

2- Méthodes de lutte

7.1- Classification

Selon SALLE (1991) la classification du basilique est donnée comme suit :

Règne : Végétal.

Embranchement : Phanérogames.

Sous embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Sous classe : Gamopétales.

Ordre : Lamiales.

Famille : Labiées.

Tribu : Ocymées.

Genre : *Ocimum*.

Espèce : *O. basilicum*.

En arabe : الحبق

7.2- Composition biochimique de l'huile essentiel du basilic

La composition biochimique de l'huile essentiel du basilique est donnée dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Composition biochimique de l'huile essentiel de *O. basilicum* (AIBOUD, 2012)

Composés	Famille	%	Composés	Famille	%
Alpha-pinène		0.22	Fenchol exo		0.17
Sabinène		0.18	Terpinèn-4-ol	Alcools terpéniques	0.33
Béta-pinène		0.35	Estragol		86.49
Myrcène		0.29	Béta-élémente		0.20
Limonène		0.25	Methyl -eugénol		0.50
Eucalyptol (1,8- cinéole)	Monoterpènes	3.15	Béta-caryophyllène		0.18
(Z)-béta-ocimène		0.10	Alpha-transbergamotène		2.68
(E)-béta-ocimène		1.33	Gamma-cadinène		0.50
Linalol	Monoterpénols	0.96	Cadinol-épi-alpha		0.69
Camphre		0.46	Total		99.03

8- Le romarin (*Rosmarinus officinalis*)

La plante de romarin appartient à la famille des Lamiacées (CECCHINI et *al.*, 2008), est très parfumée et pousse à l'état sauvage ou cultivée. C'est une plante sèche, toujours verte, très ramifiée (TEUSCHER et *al.*, 2005) et très feuillue, sa taille peut varier de 60 cm à 2 m (AIT YOUSSEF, 2006) (fig. 28).



Figure 28 : Aspects morphologiques de *Rosmarinus officinalis* (BOUADJEMI, 2018).

8.1- Classification

Selon CROQUIST (1981) la classification du basilique est donnée comme suit :

Règne : *Plantae*

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Genre : *Rosmarinus*

Espèce : *Rosmarinus officinalis* (L.).

En français : Romarin

En arabe : إكليل QUEZEL et SANTA (1963).

8.2- Composition biochimique de l'huile essentiel du romarin

La composition biochimique de l'huile essentiel du romarin est donnée dans la tableau suivant.

2- Méthodes de lutte

Tableau 11 : Composition biochimique de l'huile essentiel de romarin (HASNI & ZEGHBA, 2017).

Le composant chimique	Pourcentage (%)
a-thuyène	0,1
a-pinène	7,5
Camphène	5,0
B-pinène	3,2
1,8-cineole	29,5
y-terpinène	0,1
Camphre	11,5
Bornéol	9,5

9- Le girofler (Clous de girofle) (*Syzygium aromaticum*)

Le girofler fait partie des plantes aromatiques à l'odeur âcre. Il est communément appelé (*Syzygium aromaticum*). La principale source de clous de girofle vient d'Indonésie, mais celui utilisé dans l'alimentation vient de Madagascar (DESCHAES, 2013) et il est aussi classée comme plante médicinale (fig. 29).



Figure 29 : Illustration botanique du Girofler (ATMANI& BAIRA, 2015).

2- Méthodes de lutte

9.1- Classification

Selon (BARBELET, 2015) la classification du giroflier est donnée comme suit :

Règne : *Plantae*

Classe : Angiosperme

Sous-classe : Tiporées

Ordre : Myrtales

Famille : *Myrtaceae*

Genre : *Syzygium*

Espèce : *Syzygium aromaticum*.

9.2.- Composition biochimique de l'huile essentiel du giroflier

La composition biochimique de l'huile essentiel du giroflier est donnée dans la tableau suivant.

Tableau 12 : Composition biochimique de l'huile essentiel de *Syzygium aromaticum* (AIBOUD, 2012)

Composés	Famille	Pourcentage (%)
Eugénol	Phénols	82.27
Béta-caryophyllène		3.99
Alpha-humulène		0.48
Alpha-humulène	Phénols	12.07
Oxyde de caryophyllène		0.33

10- L'eucalyptus

L'eucalyptus est une plante géante d'origine australienne de 150 pieds de haut et de 2 à 5 pieds de large qui aime la chaleur et le soleil (FOURNIER, 1999) (fig. 30).



Figure 30 : Plant de d'eucalyptus *Eucalyptus globulus* (HASNI & ZEGHBA, 2017).

10.1- Classification

Selon CROQUIST (1981) la classification du giroflier est donnée comme suit :

Règne : *Plantae*

Embranchement : Angiospermes

Ordre : Myrtales

Famille : *Myrtaceae*

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus globulus*

En arabe : الكاليتوس

10.2- Composition chimique de l'huile essentiel de L'eucalyptus

La composition biochimique de l'huile essentiel d'eucalyptus est donnée dans le tableau suivant.

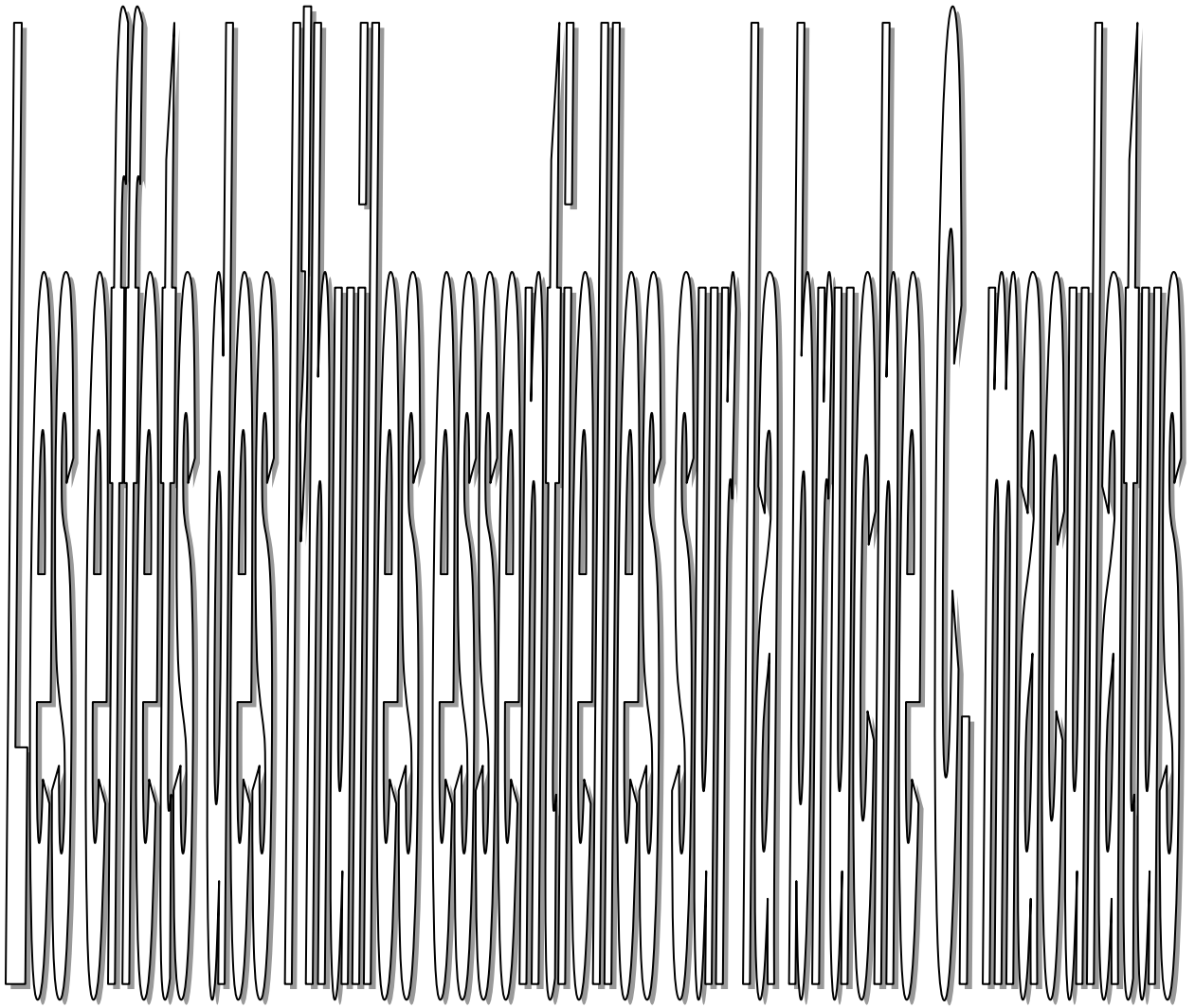
Tableau 13 : Composition biochimique de l'huile essentiel de *Eucalyptus globulus*

Composés	(BIGNELL et <i>al.</i> , 1995)
1,8-cineole	48.6%
α -Pinene	9.7 %
α -Terpinol	6.6%
Isoamyisovalerate	1.1%
<i>rans-Pinocarveol</i>	10.7%
Pinocarvone	1.0%

2- Méthodes de lutte

4-Terpineol	0.3%
<i>trans-Carveol</i>	0.8%
α -Terpinylacetate	0.3%
Aromadendrène	4.6%
Globulol	10.9%

CHAPITRE 3



11- Test par contact

En examinant le mémoire de AIBOUD (2012) et la thèse de TALB-TOUDERT (2015) nous pouvons conclure que les huiles essentielles peuvent jouer un rôle essentiel dans la lutte biologique contre le ravageur du niébé *C. maculatus* dans le cadre de tests par contact (fig. 31).

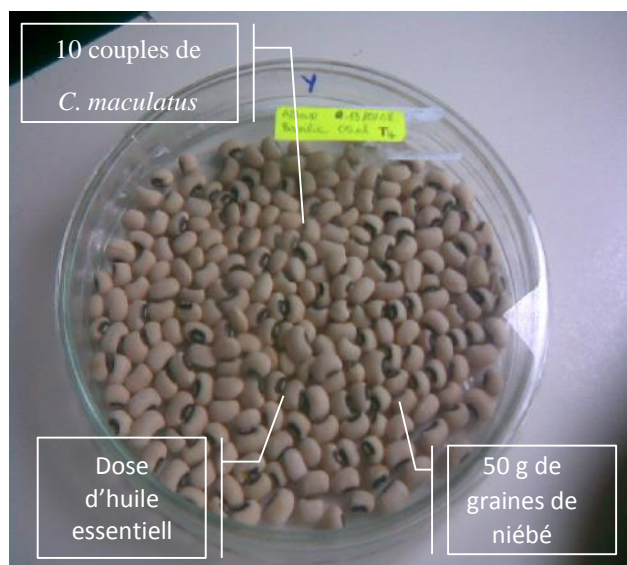


Figure 31 : Dispositif expérimental des tests par contact (AIBOUD, 2012)

11.1- Effet des huiles essentielles sur la longévité des adultes de *C. maculatus*

A travers l'étude des travaux de AIBOUD (2012) sur l'impact des huiles essentielles sur la longévité des adultes *C. maculatus*. Dans l'expérience l'auteur a utilisé 10 cupules de l'insecte et a testé les doses (10 et 5) μ l de trois huiles essentielles (Clous de girofle, Basilic et Thym). Les résultats sont d'écrits dans le tableau 14.

Tableau 14 : Effet des huiles essentielles (Clous de girofle, Basilic et Thym) sur la longévité des adultes de *C. maculatus* (AIBOUD, 2012).

Doses (μ l)	5 μ l	10 μ l
HE		
Clous de girofle	48(h)	45(h)
Basilic	65(h)	39(h)
Thym	138(h)	50(h)

3- L'effets des huiles essentielles sur la bruche *C. maculatus*

Les résultats obtenus par AIBOUD (2012) montrent que l'huile de clou de girofle à la dose la plus faible (5 µl) était plus efficace que les autres huiles, car elle tuait les insectes (100 %) en 48 heures. Mais lorsque vous utilisez une dose de 10 µl, l'huile de basilic est la plus efficace par rapport aux autres huiles ce qui réduit les chances d'accouplement et de ponte de l'insecte.

Par ailleurs dans le même contexte TALB-TOUDERT (2015) a étudié l'effet des huiles essentielles de (eucalyptus, romarin et basilic) à la dose de 4 et 8 µl (tab. 15)

Tableau 15 : Effet des huiles essentielles (*E. globules*, *R. officinales* et *O. basilicum*) sur la longévité des adultes de *C. maculatus* (TALB-TOUDERT, 2015)

Doses (µl)	4 µl	8 µl
Huiles essentielles		
<i>E. globules</i>	23,5 ± 17,97	4,5 ± 0,57
<i>R. officinales</i>	132 ± 30,98	96 ± 19,59
<i>O. basilicum</i>	54 ± 22,97	5 ± 0,81

Les résultats obtenus par TALB-TOUDERT (2015) sont tels que l'huile d'eucalyptus était plus efficace et plus rapide que les deux autres huiles lors de l'utilisation des deux doses sur la longévité des adultes de *C. maculatus*.

11.2- Effet des huiles essentielles sur la fécondité des femelles (ponte des œufs)

A travers l'étude des travaux de AIBOUD (2012) sur l'impact des huiles essentielles sur la fécondité des femelles, les résultats des tests montrent clairement que les huiles de Clous de girofle, Basilic et du Thym affectent significativement le nombre d'œufs pondus par la femelle *C. maculatus* sur les graines de *V. unguiculata* (tab. 16).

Tableau 16 : Effet des huiles essentielles (Clous de girofle, Basilic et Thym) sur la fécondité des femelles (ponte des œufs) (AIBOUD, 2012)

Doses (µl)	5 µl	10 µl
Huiles essentielles		
Clous de girofle	110	20
Basilic	80	60
Thym	200	00

3- L'effets des huiles essentielles sur la bruche *C. maculatus*

Ainsi, il a été constaté du tableau 16 que le taux de ponte par 10 femelles *C. maculatus* lors de l'utilisation d'huile de basilic à une dose de 5µl est faible par rapport aux huiles étudiées, et lorsque la dose est augmentée à 10µl le thym est plus efficace.

Par ailleurs dans le même contexte TALB-TOUDERT (2015) a étudié l'effet des huiles essentielles de (eucalyptus, romarin et basilic) à la dose de 4 et 8 µl (tab. 17)

Tableau 17 : Effet des huiles essentielles (*E. globules*, *R. officinales* et *O. basilicum*) sur la fécondité des femelles (ponte des œufs) (TALB-TOUDERT, 2015)

Doses (µl)	4 µl	8 µl
Huiles essentielles		
<i>E. globules</i>	1,5 ± 0,57	0 ± 0
<i>R officinales</i>	544 ± 29,90	351 ± 11,60
<i>O. basilicum</i>	771 ± 53,88	521 ± 105,32

Les résultats des tests obtenus par TALB-TOUDERT (2015) montrent clairement que les huiles affectent significativement le nombre d'œufs pondus par la femelle de *C. maculatus* sur les graines de *V. unguiculata*. En outre, il a été constaté que l'huile d'eucalyptus empêche fortement les femelles de pondre sur le niébé, et plus la dose est élevée, plus les œufs ne sont pas pondus.

11.3- Effet des huiles essentielles sur l'éclosion des œufs

A travers l'étude des travaux de AIBOUD (2012) sur l'impact des huiles essentielles sur l'éclosion des œufs, les résultats montrent que l'huile de clou de girofle et l'huile de basilic ont un effet moindre sur le nombre d'œufs qui éclosent, contrairement à l'huile de thym, qui a un effet significatif sur l'éclosion des œufs de *C. maculatus* (tab. 18).

Tableau 18 : Effet des huiles essentielles (Clous de girofle, Basilic et Thym) sur l'éclosion des œufs (AIBOUD, 2012)

Doses (µl)	5 µl	10 µl
Huiles essentielles		
Clous de girofle	62 %	60 %
Basilic	87 %	81 %
Thym	90 %	—

3- L'effets des huiles essentielles sur la bruche *C. maculatus*

Ainsi, il est clair des résultats du tableau 18 que l'huile essentielle du thym empêche complètement l'éclosion des œufs avec un taux de 90 % lors de l'utilisation d'une dose de 5 µl et de 100 % lors de l'utilisation une dose de 10 µl.

Par ailleurs dans le même contexte TALB-TOUDERT (2015) a étudié l'effet des huiles essentielles de (eucalyptus, romarin et basilic) à la dose de 4 et 8 µl (tab. 19)

Tableau 19 : Effet des huiles essentielles (*E. globules*, *R. officinales* et *O. basilicum*) sur l'éclosion des œufs (TALB-TOUDERT, 2015)

Doses (µl)	4 µl	8 µl
Huiles essentielles		
<i>E. globules</i>	0 ± 0	0 ± 0
<i>R officinales</i>	510 ± 27,08	218,5 ± 24,20
<i>O. basilicum</i>	342 ± 113,90	6,75 ± 2,06

Les résultats des tests obtenus par TALB-TOUDERT (2015) ont montré que l'effet de l'huile d'eucalyptus est très fort par rapport aux huiles de basilic et de romarin, de sorte qu'en utilisant la dose la plus faible, un résultat négatif (0) apparaît pour l'éclosion des œufs.

11.4- Effet des huiles essentielles sur le taux de germination des graines

A partir des travaux de AIBOUD (2012) il a été mis en évidence que la germination des graines (50 graines) de *V. unguiculata* n'est pas impactée négativement par l'utilisation des huiles essentielles contre la bruche du niébé (tab. 20).

Tableau 20 : Effet des huiles essentielles (Clous de girofle, Basilic et Thym) sur le taux de germination des graines de niébé (AIBOUD, 2012).

Doses (µl)	5 µl	10 µl
Huiles essentielles		
Clous de girofle	72 %	80 %
Basilic	70 %	71 %
Thym	60 %	75 %

Ainsi, après traitement des graines de *V. unguiculata* avec les trois huiles essentielles (girofle, basilic et thym) à une dose de µ 5 mais aussi de 10 µl AIBOUD (2012) a descellé

3- L'effets des l'huiles essentielles sur la bruche *C. maculatus*

une bonne capacité de germination. De même leur capacité germinative a augmenté avec l'augmentation de la dose.

Dans le même contexte, les résultats de germination des graines de niébé obtenus dans les expériences de TALB-TOUDERT (2015) après traitement par les huiles essentielles de *E. globules*, *R. officinales* et *O. basilicum* dans le cadre de tests par contact sont donnés par le tableau 21.

Tableau 21 : Effet des huiles essentielles (*E. globules*, *R. officinales* et *O. basilicum*) sur le taux de germination des graines (TALB-TOUDERT, 2015)

Doses (μ l)	4 μ l	8 μ l
Huiles essentielles		
<i>E. globules</i>	95 \pm 4,08	100 \pm 0
<i>R officinales</i>	45,75 \pm 1,70	44 \pm 1,63
<i>O. basilicum</i>	45 \pm 0,81	44,5 \pm 3,31

Ainsi, les résultats obtenus sur le taux de germination de 50 graines de *V. unguiculata* montre que lorsqu'ils sont traités avec de l'huile d'eucalyptus, une augmentation significative du taux de germination est enregistrée. Cependant, lors de l'utilisation des huiles de basilic et de romarin, il y a eu une diminution de moitié dans le taux de germination.

12. Tests d'inhalation



Figure 32 : Dispositif expérimental des tests d'inhalation.(AIBOUD,2012)

3- L'effets des l'huiles essentielles sur la bruche *C. maculatus*

12.1- Effet des huiles essentielles sur la mortalité des adultes de *C. maculatus*

Les résultats obtenus par AIBOUD (2012) donnés dans le tableau 22 montrent que toutes les huiles essentielles qui ont été testées ont un effet sur le taux de mortalité des adultes de *C. maculatus*.

Tableau 22 : Effet des huiles essentielles par fumigation sur la mortalité moyenne des adultes de *C. maculatus* (Basilic, Thym et Clous de girofle) (AIBOUD, 2012)

Huiles essentielles	Doses (µl)	Temps d'exposition			
		24 h	48 h	72 h	96 h
Basilic	5	0,2	0,3	0,3	0
	10	0	0	0	0,5
Thym	5	0	0,3	0,3	0
	10	0,2	0,5	1,5	1,9
Clous de girofle	5	0,5	1	2	4
	10	1	2	4	5,8

Ainsi, les résultats obtenus par AIBOUD (2012) sur l'effet des huiles essentielles sur la mortalité des adultes de *C. maculatus* par inhalation montrent des pourcentages différents. L'effet le moins marqué est observé chez le basilic, avec une très faible mortalité obtenue avec la plus forte dose même après une durée de traitement plus longue.

Par ailleurs, d'après les résultats obtenus par TALB-TOUDERT (2015), nous constatons que les huiles essentielles *E. globulus* *R. officinalis* *O. basilicum* ont un fort effet sur le taux de mortalité des adultes *C. maculatus* dans le cadre d'un traitement par inhalation (tab. 23).

Tableau 23 : Taux de mortalité (%) des adultes de *C. maculatus* (test de fumigation) avec les trois huiles essentielles (TALB-TOUDERT, 2015)

Huiles essentielles	Doses (µl)	Temps d'exposition			
		24 h	48 h	72 h	96 h
<i>E. globulus</i>	4	25	50	25	0
	8	35	55	90	100
<i>R. officinalis</i>	4	25	50	25	0
	8	35	55	90	100
<i>O. basilicum</i>	4	30	45	25	100
	8	40	30	100	0

Ainsi, les résultats obtenus par TALB-TOUDERT (2015) montrent clairement qu'une dose de 8 µl tue plus de 50% en une période de 48 heures. Alors que le taux de mortalité atteint 100% après une période de 96 heures.

3- L'effets des huiles essentielles sur la bruche *C. maculatus*

12.2- Effet des huiles essentielles sur l'éclosion des œufs de *C. maculatus*

A partir des travaux de AIBOUD (2012) il a été mis en évidence l'effet positive de l'utilisation des huiles essentielles sur l'éclosion des œufs de *C. maculatus* (tab. 24)

Tableau 24 : Effet des huiles essentielles par fumigation sur l'éclosion des œufs de *C. maculatus* (Thym, Basilic, Clous de girofle) (AIBOUD, 2012).

Huiles essentielles	Doses (μ l)	Temps d'exposition			
		24 h	48 h	72 h	96 h
Basilic	5	34	25	29	32
	10	28	39	20	25
Thym	5	20	5	6	39
	10	2	3	1	4
Clous de girofle	5	25	1	0	0
	10	7	2	0	0

Les résultats obtenus par AIBOUD (2012) montrent que toutes les huiles essentielles testées ont un effet très significatif sur le taux d'éclosion des œufs *C. maculatus*. Ainsi, on note que l'huile essentielle de clou de girofle a un effet significatif sur le taux d'œufs éclos à la dose de 10 en 48 heures d'exposition. Vient ensuite l'huile essentielle de thym, qui a un effet sur le taux d'œufs éclos à la même dose 10 μ l et sur la même période (48 heures).

12.3- Effet des huiles essentielles sur les larves

A partir des travaux de AIBOUD (2012) il a été mis en évidence l'effet positive de l'utilisation des huiles essentielles sur le développement larvaire de *C. maculatus* au niveau des graines de *V. unguiculata* (tab. 25).

Tableau 25 : Taux de viabilité des larves de *C. maculatus* âgées de 12 ou 18 jours dans les graines de *V. unguiculata* traitées avec les huiles essentielles de Basilic et Thym et des clous de girofle (AIBOUD, 2012)

Huiles essentielles	Doses (μ l)	Temps d'exposition (jours)	
		12	18
Basilic	20	25	48
	40	39	36
Thym	20	42	43
	40	9	41
Clous de girofle	20	40	42
	40	15	16

3- L'effets des l'huiles essentielles sur la bruche *C. maculatus*

Les résultats obtenus par AIBOUD (2012) montrent que le clou de girofle a un effet plus important par rapport aux autres huiles utilisés s'agissant de la viabilités des larves de *C. maculatus* car il réduit l'apparition des larves après une période de 12 et 18 jours de développement. Par contre le basilic, il a peu d'effet sur viabilité des larves de *C. maculatus*.

CONCLUSION

Conclusion

Conclusion :

Cette modeste étude se concentre principalement sur les résultats de deux travaux de recherches pour l'utilisation des huiles essentielles représentées par le clou de girofle, l'eucalyptus, le romarin, le basilic et le thym, ainsi que la lavande dans l'éradication de populations de *C. maculatus* un insecte ravageur des denrées stockées. À travers ces recherches nous avons extrait des résultats très impressionnants du rôle que peuvent jouer ces huiles essentielles dans le l'élimination du ravageur du niébé, ce qui a pour finalité de réduire l'utilisation de pesticides et à revenir aux huiles naturelles en rapport à leur efficacité biologique.

Les résultats ont démontré l'impact positif des huiles essentielles sur la durée de vie de l'insecte, et affectent également son activité biologique en termes de fertilité et de ponte.

Ainsi, les résultats des tests de contact ont montré que toutes les huiles essentielles contribuent à tuer les insectes adultes, à prévenir la ponte et à éliminer les larves.

Dans chacune des deux recherches, les résultats de l'action des huiles d'eucalyptus, de thym et de clou de girofle ont montré qu'elles sont les plus efficaces (action en moins de 24 h) pour éliminer les adultes de *C. maculatus* avec la dose la plus faible (4 μ l) par rapport aux huiles de basilic et de romarin, qui nécessitait une dose plus élevée pour montrer leur effet.

Les huiles essentielles qui impact le plus voir qui empêche complètement la ponte est l'huile d'eucalyptus et de thym à la dose de 10 μ l, tandis que le reste des huiles ne fait que décourager la ponte et réduire l'ovulation.

Par ailleurs, le romarin est l'huile qui affecte le moins cet insecte dans le cadre des tests par contact.

En conséquent, ces huiles essentielles peuvent fournir une bonne protection pour les graines de *V. unguiculata*. Alors même qu'elles n'affectent pas ça capacité germinative.

Dans les résultats présentés par les expériences d'inhalation, nous constatons que toutes les huiles essentielles qui ont été testées ont un effet sur le coléoptère *C. maculatus* mais dans des proportions différentes :

Ainsi, sur la mortalité des adultes on constate que l'huile essentielle de basilic a un effet très faible, l'effet commence à la dose de 10 μ l après 96 heures d'exposition ; l'huile essentielle de thym a un effet moyen. Alors que les huiles essentielles de clou de girofle, d'eucalyptus et de romarin ont un effet significatif sur les adultes à la dose 8 μ l après 24 heures d'exposition.

Conclusion

De plus, sur l'éclosion des œufs de *C. maculatus*, l'huile essentielle de clou de girofle a un effet marqué sur le processus d'éclosion des œufs, il empêche complètement le processus d'éclosion des œufs à une dose de 5 µl après 72 jours de traitement.

En outre, sur le développement des larves, l'huile essentielle de clou de girofle et de thym ont un effet larvicide à une dose de 40 µl après 12 jours d'exposition.

D'après les résultats des deux études, nous constatons que l'utilisation des huiles essentielles est efficace pour protéger les graines de niébé (*V. unguiculata*) contre ce coléoptère *C. maculatus*, et peuvent être considérée comme un meilleur traitement phytosanitaire comparées aux insecticides en termes de qualité du niébé, de santé du consommateur et d'environnement.

Au final, nous suggérons d'utiliser les huiles essentielles en fonction de la qualité de l'attaque voir mélanger deux huiles essentielles qui ont une efficacité différente afin de gagner du temps, ainsi que pour consommer de petite quantité d'huiles essentielles.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE



IHSAN ABDEL-AZIZ A-2015, Effet de l'oxygène et des extraits d'algues marines sur les propriétés de l'huile et des substances actives de la plante de basilic (*Ocimum basiicum* L.), Tikrit Journal of Pure Sciences, Université de Tikrit, Irak

ADEOTLR.O., 2002 : Facteurs affectant l'adoption des nouvelles technologies du niébé *V. unguiculata* en Afrique de l'ouest. Bulletin de la recherche agronomique du Benin. (N°36) ,18 P.

ARCHANA et JAWALI N., 2007. Genetic variation and relatedness in *V. unguiculata* revealed by microsatellites, founder's day special issue, (N°285) : 190-197

ARABICI O. et BAYRAM E., 2004. The effect of nitrogen and different plant density on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). Asian Network for Scientific Information, 3(4), 255-262.

AMAM, K., BOUSSAHOUA, A., & SEHARI, N. (2022). Activité biologique des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes de stockage des cé réales.

ANNONYME 1, 2008. <http://www.websters-online-dictionary.org/definitions/Vigna>.

ANNONYME 2, 2007. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Eucalyptus_smithii.jpg.

APPERT J., 1992. Le stockage des produits vivriers et semenciers. Premier volume : Dégât, pertes et moyens de stockage. Ed. Maisonneuve et Larose Paris, 1-97 pp

APPERT J., 1992. Le stockage des produits vivriers et semenciers. Ed Maisonneuve et Larose, Paris, pp 129

ANTON, R., LOBSTEIN, A. 2005. Plantes aromatiques. Épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris (France).

AÏT YOUSSEF, M., 2006. Plantes médicinales de Kabylie. Ed. Ibis press. 349 P.

ARVY L., et LHOSTE J. 1944. Le milieu chez *forficula auricularia* L . bull soe , zool fr , 1944 .69.230-5.

ABDELLI W., 2017. Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, Algérie.

ATMANI. H, BAIRA. K., 2015. Mise en évidence de l'activité antibactérienne et antifongique et l'étude des caractères Physico-chimique de l'huile essentielle du clou de girofle *Syzygium aromaticum* L. [en ligne]. Biologie et physiologie végétale. Algerie: Université Frères Mentouri 1 Constantine, 86 p.

AMARI N., 2014. Etude du choix de ponte de la bruche du niébé en présence de différentes variétés d'haricot et de pois chiche et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste et Eucalyptus) sur la activité biologie de l'insecte, thèse de magister, en écologie animale, U.M.M.T.O, pp:31,32,33

AHMED M. S., 1992: Composition, nutrition and favor of peanuts. H. G. batte anal C. T. young eds peanuts science and technology T. X. pp: 655 – 688.

AIBOUD K. 2012. 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 (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

B

BATISH D. R., PAL SINGH H., KHOLI R. K., KAUR S., 2008 Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest ecology and management*, vol 256 : 2166-2174.

BAUDOIN J. P., 2001. Contribution des ressources phyto-génétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales. *Biotech Agron. Soc Env*,5 (4), 221- 230

BOUSBIA N., 2011. Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse de doctorat, L'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique, France ,176p

BENOURAD F. 2015. Etude des pouvoirs antimicrobiens et pharmacologiques des extraits de *Thymus vulgaris* L et l'induction de la défense chez la tomate vis-à-vis de *Fusarium*

oxysporum, *Botrytis cinerea*, et *Phytophthora parasitica*, thèse de doctorat, Université Abd El Hamid Ibn Badis Mostaganem, Algérie, 151 P.

BELHOCINE R. et MAKOUR O., 2007. Etude de la cinétique de rendement en huiles essentielles de *Salvia officinalis*. Estimation de son effet sur certains facteurs biologiques de *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de D.E.S. en Biologie. U.M.M.T.O. 86p.

BELABES, R., & DJEDIRA, T. 2019. *Extraction des Flavonoïdes et évaluation de l'efficacité Antioxydant d'une plante algérienne* (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah-Ouargla.

BOUADJEMI K., 2018. Etude comparative des différentes parties de la plante romarin "*Rosmarinus officinalis*" par rapport aux pouvoirs antibiotique sur le yaourt. Mémoire de Master en Agronomie, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 37 p.

BIGNELL C. M., DUNLOP P. J., BROPHY J. J., JACKSON J. F., 1995. Volatile leaf oils of some South-western and Southern Australian species of the genus *Eucalyptus*. Part V. subgenus *symphyomyrtus*, section bisectaria, series oleosae, Flav. andFragr. J., 10 (5): 313 –7.

BRUNETON J., 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème éd. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BRUNTON J., 1993. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 623p

BRUNETON J., 1987 : Eléments de biochimie et de pharmacognosie. Paris, Techniques et documents. Ed. Lavoisier. 585p.

BURONZO A. M., SCHNEBELEN J. C., 2012. Petit livre des huiles essentielles. 1ère Ed. Paris.p160.

BANOUEH, R., & AZZOUEH, A. 2019. Evaluation de l'activité antibactérienne, antifongique et activité antioxydante de l'huile essentielle de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*).

BELMONT, M. 2013. *Lavandula angustifolia* M., *Lavandula latifolia* M., *Lavandula x intermedia* E.: Études Botaniques, Chimiques et Thérapeutiques.

BECHAALANY A.D., 2014. Les huiles essentielles. Ed. Dangles. p79

BANKS JH, FIELDS P. 1995. Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems. in Stored- Grain Ecosystems, Jayas DS, White , Muir WE (Eds). Marcel Dekker Inc: New York, 353-409

BOUGHDAD A., GILLON Y. et GAGNEPAIN C., 1986. Influence du tégument des graines mûres de *Vicia faba* sur le développement larvaire de *C. maculatus*. *Entomologia Experimentalis Applicata* 42 : 125-132.

BACHELOT H., BLAISE M., CORBEL F. et GERNIC K., 2006. Huiles essentielles extraction et comparaison. Thèse licence 2 Biologie (UCU Bretagne Nord).60p.

C

COMBE E., ACHI T., PION R., VALLUY M., HOULIER M., SALLAS M. & SELLE A. 1991. Utilisations digestive et métabolique comparées de la fève, de la lentille et du pois chiche chez le rat. *Reproduction Nutrition Development*, 31(6), 631-646

CROQUIST A., 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Colombia. Univ. Press. Newyork.

CHAUX C. & FOURY C., 1994. Production légumineuse potagères, légumes, fruits. Tome I. Ed. Lavoisier .563 p.

COUPLAN F et MARMY F., 2004. Légumes oubliés : La moquette. (*Vigna unguiculata*), dossier plante, 3 p.

CHENNI M., 2016. Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles de basilic « *Ocimum basilicum* L » extraite par hydro-distillation et par micro-ondes, thèse de doctorat, université d'Oran 1 Ahmed Benbella, Algérie ,185p.

CENTER A., JOHNOON C., 1974. Coevolution of some seed beetles (Col. Bruchidae) and their host. *Ecology* 55: 1096 – 1103.

CAMARA A., 2009. Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium Castaneum* herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles

essentielles végétales, thèse doctorat en sciences de l'environnement. Université du Québec à Montréal, p154.

CECCHINI, T., TICLI, B., 2008. Les plantes médicinales. Reconnaître les plantes, faire des recettes, décoctions, onguents pour soigner et soulager les douleurs du quotidien. Ed. Devenchi. 351 p.

CISSE et HALL A.E., 2004. La culture traditionnelle du niébé au Sénégal. Etude de cas Botany & plant science departement, University of California, Riverside, CA 9252610124, A

CRUZ JF, TROUDE F. 1988. Conservation des Grains en Régions Chaudes. Collection du Ministère de la Coopération et du Développement. Techniques Rurales en Afrique. CEEMAT / CIRAD: Montpellier ; 548.

CHIASSEON 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.

D

DON-PEDRO K., 1995. Fumigant toxicity of *Citrus peel* Oils against adult and immature stages of storage insect pests. Pestic. Sci, (vol 47): 213-223

DON-PEDRO K. N., 1985. Toxicity of some citrus peels to *Dermestes maculatus* Deg. And *Callosobruchus maculatus* (F). Journal of stored products Research Stored products Research 21(1): 31-34.

DON-PEDRO K. N., 1989. Mode of action of fixed oils against eggs of *Callosobruchus maculatus* (F). Pesticide Science 26: 107-116.

DEGRYSE A., DELPHA C.-I ., VOINIER M.-A., 2008. Bénéfices possibles des huiles atelier santé environnement-IGS.EHESP.2p.

DEUTSCH, S. E. 2001. Herbes culinaires pour nos jardins de pays froid. CNRC.

DUCOM P.,1987 : Dernières tendances dans la protection des graines stockées. Défense des cultures PHYTOMA. 385: 38 – 39 p.

DIOP Y.M., MARCHOINI E.B.D et HASSELMAN C., 1997. Radiation désinfestation des semences de niébé contaminées par. Journal de la transformation des aliments et la préservation. 21 (1): 69-81.

DONGRET K., RANANAVAR H.D et DESSAS R.P., 1997. Influence du gamma rayonnement sur la ponte et l'œuf viabilité de (F) et la perte de grain dans le stockage de haricot mungo. J. nucléaire. Agro. Biol. 26 (3): 161-165.

DERRADJI E. et Meziani O., 2016. Caractérisation et effet bio insecticide de deux types d'huiles d'olive (Chamlel, Oléastre) à l'égard de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera–Bruchidae). Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 15 p.

E

EBELING W. 1971. Sorptive dusts for pest control. An. Review of Entomol., 16: 123-158.

ECHENDU TN. C., 1991. Ginger, cashew and Neem as surface protectants of cowpeas against infestation and damages by *C. maculatus*(Fab). Tropical Science 31: 209-211.

F

FAO. 2006. L'état de la sécurité alimentaire dans le monde, bilan de 10 ans après le sommet mondial de l'alimentation.

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). 2001. Les pesticides périmés menacent l'Afrique d'une catastrophe sanitaire. Afrique relance. ONU, vol.15. 42 p.

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.

FOURNIER P., 1999. Les plantes médicinales. Tome 2.

FARGO W.S., CUPERUS G.W., BONJOUR E.L., BUCHOLDER W. E., CLARY B.L et PAYTON M.E., 1994 : Influence du type sonde piège et attractif sur la capture de quatre Coléoptères des graines entreposées. J. Stored Prod. Res. pp 58

G

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.

GUEYE MT. 2012. Gestion intégrée des ravageurs de céréales et de légumineuses stockées au Sénégal par l'utilisation de substances issues de plantes. Thèse de doctorat, Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, 216 p.

GUÈYE MT, BADIANE M, NDIAYE AB, MBAYE I, DIOUF M, NDIAYE S. 2008b. La protection des stocks de maïs au Sénégal: enquêtes sur les pratiques d'utilisation des pesticides et plantes à effet insecticide en milieu paysan. *ITA Echos*, N°3, 12.

GWINNER J., HARMISCH R. et MÜER., 1996 : Manuel sur la manutention et la conservation des graines après récolte Ed. GT2. Esehborn, pp 368.

GBAGUIDI A. A., ASSOGBA P., DANSI M., YEDOMONHAN H. & DANSI, A. (2015). Caractérisation agromorphologique des variétés de niébé cultivées au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(2), 1050-1066

GOLOB P. 1997. Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. *J. Stored Prod. Res.*, 33: 69–79

GAKURU S. et FOUA-Bi K., 1996. Effet d'extraits de plantes sur la bruche du niébé (*C. maculatus* Fab.) et le charançon de riz (*Sitophilus oryzae*).

GWINNER J., HARMISCH R. et MUER., 1996. Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte. Ed. GT2. Esehbm. 368p

I

ISMAN M. B., 1995. Leads and prospects for the development of new botanical insecticides. *Review of Pesticides and Toxicology*. 3: 1-20..

ISMAN M. B., 1995. Leads and prospects for the development of new botanical insecticides. *Review of Pesticides and Toxicology*. 3: 1-20

IVBIGARO M. F., 1983. Presentation of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, with the Neem seed, *Azadirachta indica* A. Juss. Protection Ecology 5: 177-182

H

HIGNARD J., 1998. Lutte biologique contre les Bruchidae, ravageurs du niébé en Afrique de l'ouest, rapport soumis à la commission européenne STD-3 (1992-1995) publié par CTA. P 142

HIGNARD J., GLITHO I.A et MONGE J.P., 2011 : Insecte ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchidae et lutte raisonnée en Afrique. Edition : Quae. P1

HASNI H., & ZEGHBA, R., 2017. Evaluation de l'effet répulsif de trois huiles essentielles des plantes vis-à-vis de l'insecte (Doctoral dissertation, Université de m'sila)

https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/vigne/protection_insecticide_par_confusion_sexuelle/la_methode/

J

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.

JAEGLY, G. (2003). La lavande « L'âme de la Provence ».

K

KABOUCHE Z., BOUTAGHANE N., LAGGOUNE S., KABOUCHE A., AITKAKI Z., BBNLABED K., 2005. Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria. The international J. of Aromatherapy, 15: 129-133.

KOROCH A. R., JULIANI H. R. et ZYGADLO J. A., 2007. Bioactivity of essential oils and their Components. In: berger RG. Ed. Flavours and fragrances Chemistry. Bioprocessing and Sustainability. Edition: Springer. Germany. Pp: 87-115.

KEBBAB L. et DRICHE N., 2008. Action des insecticides chimiques actellic (organophosphore) et deltamethrine (pyrethriinoïde) sur l'activité biologique de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire d'ingénieur, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 50 p.

KELLOUCHE A., et SOLTANIN., 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

KELLOUCHEA., (2005). Etude de la bruche du pois chiche *Collabruchus maculatus* (Coleoptera :Bruchidae) Biologie, physiologie, reproduction et lutte, thèse de doctorat d'état en science naturelle, spécialité Entomologie U.M.M.T.O. 155p.

KELLOUCHE A., AIT-AIDER F., LABDAOUI K., MOULA D., OUENDI K., HAMADI N., OURAMDANE A., FREROT B et MELLOUK M., 2010. Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae), Int. J. Integ. Biol., 2010, vol 10(N°2): 86-89

KÉÏTA S. M., VINCENT C., SCHMIT J.-P., RAMASWAMY S. and BÉLANGER A. 2000- Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) [Coleoptera: Bruchidae]. J. Stored Prod. Res, vol 36: 355-364

KHAMOULI O, GRAZZA B., 2007. Détection et comparaison de composition chimique de plusieurs variétés de basilic *Ocimum basilicum* L. cultivées en trois régions différentes de sud de l'Algérie. Mémoire de mestre .UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA. 2007. P4

KETOH, G. K., GLITHO, I. A., NUTO, Y., & KOUMAGLO, H. K., 1998. Effets de six huiles essentielles sur les œufs et les larves de *Callosobruchus maculatus* F.(Coleoptera: Bruchidae). *Revue CAMES, Série. Sciences et Médecine*, 16-20.

L

LONGEVIALLE P.1981. Spectrométrie de masse des substances organiques, Masson.

LAURENT J., 2017. Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine, thèse de doctorat, université de Paul sabatier toulouse III , France ,225p

LEPESME P., 1994 : Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. Paul le chevalier Paris, pp 335

LIENARD V et SECK D., 1994 : Revue des méthodes de lutte contre (F.) (Coleoptera : Bruchidae), ravageur des graines du niébé (L.) Walp). En Afrique tropical, pp 301 – 311.

M

MUTHER L., 2015. Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : étude de cas en maison de retraite, thèse de doctorat, université de lorraine, France ,107p.

MARIE ELISABETH LUCC. 2005. Thèse sur : Extraction sans solvants assistée par Microondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles, université de la Batna .2016. Mémoire de Master.

MILES E., 2016. Le grand livre des huiles essentielles pour les nuls. 1ère Ed. Département d'édition-Paris. 600p.

DESHAIES M., 2013. Le clou de girofle à la rescousse, 165 Boulevard Springer, 14p.

MESSINE F. B., et RENWICK J. A., 1983. Effectiveness of oils in protecting stored cowpeas from the cowpeas weevil (Coleoptera: Bruchidae). J. Economic Entomology. 76: 634-636.

N

NIJVELDT R. J., VAN NOOD E. L. S., VAN HOORN D. E., BOELENS P. G., VAN NORREN K. & VAN LEEUWEN P. A., 2001. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. The American journal of clinical nutrition, 74(4), 418-425

P

PEMONGE J., PASCUAL-VILLALOBOS M. J et RENAULT-ROGER C., 1997. effects of material and extracts of *Trigonella Frenum-graecum* L. against the stored product pests

Tribolium castaneum (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). J. stored prod. Res. Vol 33, (N° 3) : 209-217.

PAJNI H. et GILL R., 1990. Status of *Uscana muskerjit* (Mani) in the bio control of Bruchids (Tricochogrammatidae: Hymenoptera). In Proc. Sth. Int. Work.Conf. On stored Prot. (Bordeaux, Sep; 1990), 2 PARIS, Fleurat-Lessard F. et Ducomp :127061280

PIERRO T., 1982 : Lutte chimique contre les insectes des graines stockées et des locaux de stockages : Conservation et stockage des graines et produits dérivés. Céréales, oléagineux, pois – chiche. (F.) (Coleoptera : Bruchidae), pp 54.

PANNETON, B., C. VINCENT et F. FLEURAT-LESSARD 2000. Bilan et perspectives pour la lutte physique en phytoprotection, pp. 333-339 in **C. VINCENT, B. PANNETON et F. FLEURAT-LESSARD** (Eds.) La lutte physique en photoprotection, INRA Editions, Paris, 347 p

Q

QUÉZEL P. et SANTA S., 1962-1963 - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed.CNRS, Paris, 1087p.

R

REMOND D. & WALRAND S. 2017. Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. Innovations Agronomiques, INRA, 60, 133-144.

REGNAULT-ROGER, C. & HAMRAOUI, A. 1995. Fumigant toxic activity and reproduction inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Stored Products Research.1: 291-299.

REGNAULT-ROGER C., 2003. Insecticidal effect of essential from Mediterranean plants upon *Acanthoscelides obectus* Say (Coleoptera: Bruchinidae) a pest of Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) J. Chem. Ecol., 19. 1233-1244

REGNAULT-ROGER C. et VICENT F., 2002. Disturbance of *Acanthoscelides obectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) behavior by polyphenolic compounds identified in insecticidal Labiatae botanicals. J. Stored Prod. Res: 499-504.

RICHTER G., 1993. Métabolisme des végétaux Physiologie et biochimie, Presses polytechniques et universitaires. Romandes. 292 p

REGNAULT-ROGER C., 2005. Molécules allélochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes : nature, rôle et bilan de leur utilisation au XX siècle. Injeux phytosanitaires pour une agriculture et un environnement. Tec et Doc Lavoisier, Paris, 625-650

S

SALLE., 1991. Les huiles essentielles, synthèse d'arômes et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche, Paris.

SOLTNER D., 1990. Les bases de la reproduction végétale. Sol, climat, plante. Ed. Lavoisier, 464 p

SINHA U and SINHA S., 1980- Cytogenetic, plant breeding and Evolution, india : Vikas Publishing House PVT. Ltd 2nd rev. edn, 170-193.

BARBELET S., 2015.le giroflier : historique, description et utilisation de la plante et de ses huiles essentielles. Vol5. P 22-26.

SINGH D et AGARWALS S.K., 1988. Principaux insecticides de l'huile de bois de cèdre de l'Himalaya. Journal of Chiminal Ecologie.14 : 1145-115

SECK, D. 1988. Rapport analytique du programme de recherche sur la protection des stocks de céréales et légumineuses. Campagne 1987- 88. ISRA-SCS-Niotu du Rip. 29 p.

SECK, D. 1989. Evaluation de l'efficacité biologique et de l'action résiduelle de trois matières actives sur *Sitotmga cefealella* Oliv. (Lep. Gelechiidae), ravageur du mil stocké. ISRA-SCS-Nioro du Rip. 10 p. (sous presse)

SMALLFIELD B., 2001. Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary purposes. Crop and Food Research. Number 45. 4p.

SIMON H., 1994 : La protection des cultures avec la collaboration de François Richard, M, Bellanger, Dominique D, Christel Gaubert. Eric Jeuffrault, 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.

SANON A., GARBA M., AUGER J et HUIGNARD J., 2002 : Analyse de l'activité insecticide de methylisotiocyanate sur (F.) (Coleoptera: Bruchidae) et ses parasitoïde de (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) . J. Stor. Prod. Res. 38, pp 129-138.

SAMI, O., BOUKLAB, O., & LAHMAR, H. E. (2022). Utilisation de la méthode photo-catalytique en mode hétérogène pour la dégradation de phénol dans les eaux usées (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

T

TOUHAMI A.2017. Etude chimique et microbiologique des composants des huiles essentielles de différents genres *Thymus* récoltées dans les régions de l'Est Algérien pendant les deux périodes de développement, Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie, 173p.

TANZUBIL P. B., 1991- Control of some insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata*) with neem (*Azadiachta indica* A juss.) in northern Ghana. Tropical pest management, vol 37, (n° 3): 216-217.

TEUGWA M. C., PIAM G., TANE P. et AMVAM ZOLLO P. H., 2002. Activité insecticide des extraits d'*Ageratum houstonianum*, de *Clausenaanisata* et de *Croton macrostachys* sur la bruche du niébé (*Vigna unguiculata* Walp). Food Africa: 1-4.

TEJASWIA T., VENAKTESWARA RAOA K. SHILPA CHAKARAA C., 2013. Sliver Nanoparticles Synthesis and Stabilization by different species of *Ocimum* and Characterization for its Antimicrobial Activity. International Journal of Current Engineering and Technology, 3(2) :501-506.

TALEB-TOUDERT K., 2015. Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien): évaluation de leurs effets sur la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) (Doctoral dissertation, Université Mouloud MAMMERI).

U

USDA., 2004- USDA national nutrient database for standard reference, release 17. [Internet] U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory, **BELTSVILLE Md, United States.** <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>. Accessed December 2004.

Y

YADAVA C.P. S., ZAZ C. M. et BHARDWAI S. C., 1982. Relative susceptibility of some wheat variety to the lesser grain borer, *R. dominica* (F.) ind.Entomology. 44(1): 77-82.

Z

ZUANG H. 1991. Mémento nouvelle espèce légumière. Ed. Du centre technique international des fruits et légumes Cc. (f) service Bio agro. 360p

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.

ZEGGA S et TIRCHI N., 2001 : Activité biologique de quatre plantes sur la bruche du pois chiche. (F.) (Coleoptera: Bruchidae), pp 54.

Rôles des huiles essentielles dans la lutte contre la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus*

Résumé :

Le présent travail porte sur l'étude bibliographique de l'effet bénéfique des huiles essentielles dans la lutte contre un ravageur des denrées stockées, la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus*.

Le niébé *V. unguiculata* est une source essentielle de protéines, en particulier dans les régions pauvres du monde, mais risque d'être ravagée par la bruche du niébé *C. maculatus*. Pour cela et afin de la protéger de manière biologique, nous avons étudié des recherches sur l'effet des huiles essentielles représentées par l'huile d'eucalyptus, le romarin, l'huile d'olive, le basilic, la lavande, le thym et le clou de girofle sur ce ravageur, et nous avons conclu que certaines huiles ont un effet faible sur l'insecte, comme l'huile de basilic et de romarin. Alors que l'huile d'eucalyptus empêche complètement sa reproduction, et d'autres empêchent son développement, car il la tue, comme le thym, le clou de girofle et la lavande.

Enfin, il est clair que les huiles essentielles peuvent jouer un rôle important dans le contrôle de la bruche du niébé. Cependant, l'effet de l'huile essentielle reste dépendant de la nature de l'attaque.

Mots clés : *Vigna unguiculata*, *Callosobruchus maculatus*, huiles essentielles, lutte biologique, recherches bibliographiques.

Roles of essential oils in cowpea weevil control *Callosobruchus maculatus*

Summary:

This work focuses on the bibliographic study of the beneficial effect of essential oils in the control against a pest of stored crops, the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus*. Cowpea *V. unguiculata* is an essential source of protein, especially in poor regions of the world, but is at risk of being devastated by the cowpea weevil *C. maculatus*. For this and in order to protect it biologically, we have studied research on the effect of essential oils represented by eucalyptus oil, rosemary, olive oil, basil, lavender, thyme and clove on this pest, and we concluded that some oils have a weak effect on the insect, such as basil and rosemary oil. While eucalyptus oil completely prevents its reproduction, and others prevent its development because it kills it, such as thyme, cloves and lavender. Finally, it is clear that essential oils can play an important role in the control of cowpea weevil. However, the effect of the essential oil remains dependent on the nature of the attack.

Keywords: *Vigna unguiculata*, *Callosobruchus maculatus*, essential oils, biological control, bibliographical research.

أدوار الزيوت العطرية في مكافحة سوسة اللوبيا *Callosobruchus maculatus*.

ملخص :

يركز هذا العمل على الدراسة البيولوجية للتأثير المفيد للزيوت الأساسية في مكافحة آفة المواد الغذائية المخزنة ، سوسة اللوبيا غير انها ، خاصة في المناطق الفقيرة من العالم مصدر اساسي للبروتين *V. unguiculata* تعتبر لوبيا *C. maculatus*. لهذا وبغرض حمايتها بطريقة بيولوجية قمنا بدراسة *C. maculatus*. تتعرض لخطر ائتلافها من طرف سوسة اللوبيا

ابحاث تأثير الزيوت الاساسية المتمثلة في زيت الكاليتوس و اكليل الجبل و الريحان و الخزامى و الزعتر و اخبرا القرنفل على هذه الافة و توصلنا الى ان بعض الزيوت يكون تأثيرها ضعيف على الحشرة كزيت الريحان و روز ماري و يوجد من يمنع تكاثرها بشكل كامل مثل زيت الكاليتوس و البعض الاخر يمنع تطورها كما انه يقوم بقتلها كزيت الزعتر و القرنفل و الخزامى .

أخيراً، من الواضح أن الزيوت الأساسية يمكن أن تلعب دوراً مهماً في السيطرة على البروش. ومع ذلك، يظل تأثير الزيت العطري مرتبطاً بطبيعة الهجوم.

الكلمات الرئيسية: الزيوت الأساسية ، المكافحة البيولوجية ، البحث *Callosobruchus maculatus* ، *Vigna unguiculata*
البيولوجيا الجزيئية