

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIR-Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Biologiques de l'Environnement
Filière: Sciences Biologiques
Option: Environnement et Sécurité Alimentaire



Réf.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Utilisation des parasitoïdes dans la lutte
contre les ravageurs des denrées stockées**

Présenté par:

MOUNSI Lydia & SLAMANI Assia

Soutenu le : **17 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

	Grade	
M ^r BENKHANOUCHE N.	MAA	Président
M ^{me} BENKHELLAT O.	MCB	Encadreur
M ^{me} MEZIANI S.	MCB	Examineur

Année universitaire: 2016/2017

REMERCIEMENT

*En préambule on adresse tous nos remerciements aux
membres de jury :*

*Monsieur BENKHANOUCHE .N, merci pour vous
d'avoir accepté de présider le jury.*

*Mademoiselle : MEZIANI .S, merci d'être présente parmi
le jury.*

*Et un merci particulier pour notre promotrice Madame
BENKHELLAT .O*

*On salut au passage tous les membres du laboratoire :
directeur, ingénieurs, doctorants et tous ceux qui ont
attribué au succès de nos expériences, pour leur aide et
encouragement.*

DEDICACE

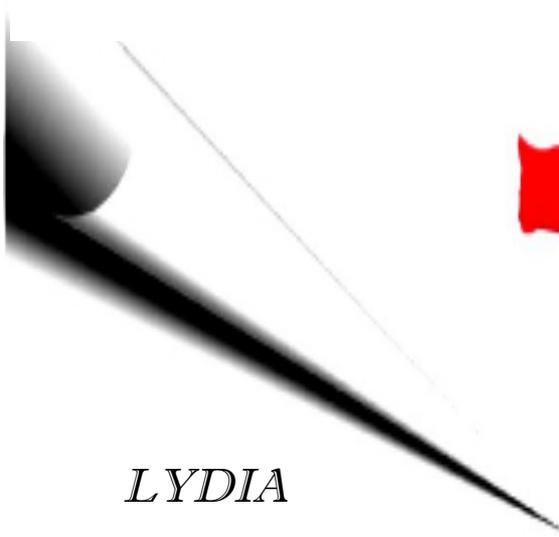
Je dédie ce travail a :

Mes très chers parents qui ont toujours cru en moi, pour leur sacrifices et leur amour infini (merci, sans vous je n'aurais jamais été la) mon adorable frère Massi qui ma soutenu et aider depuis toujours.

Mama lili, un grand merci pour toi ainsi que tous mes oncles qui m'ont si bien accueillie durant tout mon cycle universitaire

A mon future marie Malek pour son soutient et son encouragement.

Enfin je remercie mes amies et tout ceux qui mon aider de prés ou de loin pour la réalisation de ce travail.



LYDIA

DEDICACE

Je dédie ce travail

A mes très chers parents

Mes jolies sœurs

Mon seul et unique frère

Mes chères amies

Mon adorable fiancé

*Un grand merci pour vous d'être toujours a mes
cotés*



ASSIA

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
PREMIERE PARTIE: légumineuses et méthodes lutte	
1-Importance des légumineuses.....	3
2-Stockage des graines de légumineuses	3
3- les différents dégâts causés par les ravageurs durant le stockage.....	4
4-Les ravageurs des stocks de légumineuses.....	4
4-1-Micro-organismes.....	4
4-2-Arthropodes.....	4
4-3-Oiseaux et Rongeurs.....	4
5-Les moyens de lutte contre les ravageurs des denrées stockés.....	5
5-1- Lutte physique.....	5
5-2- Lutte chimique.....	5
5-3- Utilisation d'extraits végétaux et les huiles essentielles.....	5
5-4-La lutte biologique.....	6
5-4-1-Définition.....	6
5-4-2-Les différentes stratégies de lutte biologique dans les stocks.....	6
6-Les organismes utilisés en lutte biologique dans les stocks.....	7
6-1-Les parasitoïdes.....	7
6-1-1-Définition, taxonomie et mode de vie.....	7
DEUXIEME PARTIE: description du système tri trophique étudié	
1- La plante, <i>Vigna unguiculata</i> (Walp).....	10
1-1-Systématique.....	10
1-2 Description et caractéristiques.....	10
2-Le phytophage (hôte) <i>Callosobruchus maculatus</i>	12
2-1-Systématique.....	12
2-2- Description.....	12
2-3-cycle de développement.....	13
3-Le parasitoïde <i>Anisopteromalus calandrae</i>	14
3-1- Systématique.....	14
3-2-Description et caractéristique.....	15

SOMMAIRE

3-3-cycle biologique.....	15
---------------------------	----

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

1- Matériel Biologique : le système tri-trophique.....	16
2- Matériel expérimental.....	16
3- Méthodes	18
3-1- Elevage des insectes au laboratoire.....	18
3-1-1- Conditions d'élevage.....	18
3-1-2- Elevage des bruches.....	18
3-1-3- Elevage des parasitoïdes.....	19
4- Les gélules ou système de graines.....	20

5- PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

PREMIERE PARTIE :test de fertilité des femelles

ANISOPTEROMALUS CALANDRAE

1-Activité de ponte.....	21
2-Descendance et sex-ratio.....	22

DEUXIEME PARTIE : TEST DE LUTTE

1-Préparation des larves de bruches (Graines à un hôte)	22
2-Réalisation du test.....	22
3-Analyse statistique.....	23

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I-RESULTATS

PREMIERE PARTIE : fertilité et activité de ponte chez les femelles a .calandrae

1-Activité de ponte.....	24
2- descendance et sex-ratio.....	25

DEUXIEME PARTIE : test de lutte

1- Effet de l'introduction des parasitoïdes sur les populations de bruches.....	25
1-2-L'effectif des bruches émergeants.....	26
1-3-Taux de réduction des bruches.....	26
1-4-taux de parasitisme.....	27
1-4-Effectif des parasitoïdes émergeants.....	28
1-6-Sex-ratio.....	28

SOMMAIRE

II- DISCUSSION

1- Activité de ponte et fertilité des femelles d' <i>A .calandrae</i>	29
2- Effet de l'introduction des parasitoïdes sur les populations de bruches.....	30
Conclusion générale et perspective.....	33

Références Bibliographiques

SOMMAIRE

La liste des figures

Figures	Titre	Page
Figure 1	Les différentes stratégies de lutte biologique dans les stocks.....	7
Figure 2	Cycle de développement d'un parasitoïde solitaire.....	9
Figure 3	Plante de niébé.....	11
Figure 4	Graines de niébé.....	11
Figure 5	Cycle biologique de <i>callosobruchus maculatus</i>	14
Figure 6	Cycle de développement du parasitoïde <i>Anisopteromalus calandrae</i>	15
Figure 7	Aspirateur de parasitoïdes.....	17
Figure 8	Gélules.....	17
Figure 9	Gélules fixées sur une boites de Pétri.....	17
Figure 10	Tamis.....	17
Figure 11	Loupe binoculaire.....	17
Figure 12	Elevage en masse de bruche <i>Callosobruchus maculatus</i>	18
Figure 13	Femelle <i>A calandrae</i> pondant sur une graine artificielle (gélule).....	20
Figure 14	Des œufs de <i>A calandrae</i> sur une gélule.....	20
Figure 15	Fabrication du système artificiel.....	21
Figure 16	Fécondité moyenne (\pm s .e.m) d' <i>A.calandrae</i> en fonction de l'âge des femelles.....	24
Figure 17	Nombre de mâles et femelle pondus par les 10 femelles d' <i>A. calandrae</i> au cours de leur vie.....	25
Figure 18	Variation des effectifs moyens de bruches émergées en fonction de la densité des parasitoïdes introduits. Les lettres correspondent aux groupes homogènes de l'analyse Anovas de différent traitement	26
Figure 19	Variation du taux de réduction des bruches en fonction de la densité des femelles parasitoïdes introduites, trois semaines après introduction. Les lettres correspondent aux groupes homogènes de l'analyse Anovas de différent traitement.....	27
Figure 20	Variation du taux de parasitisme en fonction de la densité des femelles parasitoïdes introduites, trois semaines après introduction. Les lettres correspondent aux groupes homogènes de l'analyse Anovas de différent traitement.....	27

Figure 21 Variation des effectifs moyens des parasitoïdes émergées en fonction de la densité des parasitoïdes introduits. Les lettres correspondent aux groupes homogènes de l'analyse Anovas de différent traitement..... 28

La liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau I	Les résultats de l'introduction des parasitoïdes sur les larves de bruche et les écartypes associés.	25
Tableau II	Variation du sex-ratio en fonction des densités de parasitoïdes introduits.....	28

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les légumineuses alimentaires sont cultivées depuis fort longtemps dans le monde et occupent une place importante dans l'alimentation humaine, pour de nombreux pays en voie de développement. Celles-ci riches en protéines, permettent dans une certaine mesure de corriger les carences en protéines animales d'une population dont l'alimentation est exclusivement à base de céréales. Selon Obaton (1980), un hectare de légumineuses alimentaires produit 1 tonne de protéines, soit dix fois plus qu'une production d'un élevage à viande sur la même surface. Les protéines des céréales et des légumineuses sont considérées comme l'une des solutions à la malnutrition et plus spécifiquement aux carences protéiques qui touchent près de 70% de la population mondiale dont la majorité se trouve dans les pays en voie de développement FAO (2009). Malheureusement, les graines de légumineuses sont généralement attaquées par des insectes, des champignons et des rongeurs. Mais les pertes dues aux insectes sont les plus importantes dans les pays où les techniques modernes de stockage ne sont pas encore introduites. Les coléoptères Bruchidae, dont les larves ne consomment et ne se développent que dans les graines (Caswell, 1960), ont été l'une des très rares familles à avoir colonisées les graines mûres des légumineuses. Parmi ceux-ci, la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* qui est un insecte nuisible et dangereux qui s'attaque à sa plante hôte *Vigna unguiculata* à la fois au champ et au stock, les bruches sont considérées actuellement parmi les ravageurs les plus redoutables au niébé. Les insecticides représentent l'une des méthodes de lutte la plus utilisée contre les ravageurs, mais cette méthode présente de graves risques comme l'appariation de souches d'insectes résistantes aux insecticides et des conséquences néfastes sur la santé des producteurs, des consommateurs, et sur l'environnement. C'est devant cette situation alarmante que se pose la question suivante : Peut-on protéger nos stocks de l'attaque de ces ravageurs nuisibles sans toucher à la santé du consommateur et à l'équilibre naturelle ? Pour pouvoir répondre à cette question il est important de chercher des méthodes alternatives de lutte.

La lutte biologique est l'une des moyens de protection des cultures contre les phytophages qui, bien qu'ancienne, devient une alternative aux autres méthodes de protection. L'utilisation des parasitoïdes en lutte biologique offre plusieurs avantages : ils ont une bonne capacité de dispersion et de découverte de l'hôte, une bonne capacité à s'établir dans un habitat donné, leurs emplois ne nuit pas à la santé du consommateur et de l'utilisateur, il respecte l'environnement et ils ont une grande spécificité vis-à-vis de l'hôte (Bovin, 2001).

INTRODUCTION

Pour la gestion des stocks de niébé, les études ont montré que les espèces de *Dinarmus basalis* et *Anisopteromalus calandrae* qui sont respectivement parasitoïdes oophages et larvophages de *C. maculatus*, constituent de potentiels candidats pour une lutte biologique en Afrique de l'ouest (Monge et al., 1995, Ngamo et al., 2007). En Algérie peu d'études ont été réalisées sur l'utilisation des parasitoïdes dans la lutte contre les ravageurs de céréales ou de légumineuses, (Kellouche, 1987, Benkhellat, 2016)

Ce travail qui consiste à utiliser des ennemis naturels, contribue dans le cadre de la conservation des gaines de Niébé stockées et a pour objectif d'évaluer l'efficacité du parasitoïde *Anisopteromalus calandrae* contre les populations du *C. maculatus*. Notre étude était consacrée premièrement à l'analyse de l'activité reproductrice des femelles *A. calandrae* pendant tout leur cycle de vie, ensuite nous avons effectué un essai de contrôle des populations de bruches dans des conditions contrôlées.

Ce mémoire comporte trois chapitres : Nous allons tout d'abord présenter

Le premier chapitre qui est une synthèse bibliographique et présenté en deux partie, la première partie traite des généralités sur les légumineuses et les différentes méthodes de lutte contre les déprédateurs des stockes notamment les parasitoïdes. Dans la deuxième partie, nous présenterons de manière détaillée le système tritrophique utilisé dans notre étude, à savoir la plante hôte, *Vigna unguiculata* (Niébé), le phytophage (l'hôte), le coléoptère bruchidae *Callosobruchus maculatus* (Fab), et l'hyménoptère parasitoïde *Anisopteromlaus calandrae*.

Le matériel et méthodes adopté au laboratoire sont présentés dans le deuxième chapitre.

Le dernier chapitre est consacré aux résultats et discussions.

Et nous clôturons ce travail par une conclusion générale et perspective .

PREMIERE PARTIE : les légumineuses et méthodes de lutte**1-IMPORTANCE DES LEGUMINEUSES**

Les propriétés alimentaires et agronomiques des légumineuses sont connues depuis plus de 2000 ans (Cavaillès, 2009). Etant riche en protéines, les légumineuses jouent un grand rôle dans la couverture des besoins alimentaires en protéines pour les populations des pays en voie de développement. Les engrais verts sont obtenus par des cultures de légumineuses, ces dernières fixent l'azote dans leurs nodules, qui se développent avec l'aide d'une bactérie spécifique (*Rhizobium sp*), elles jouent par conséquent un rôle primordiale dans la rotation des cultures (Boudoin 2001)

De nombreuses études s'accordent sur l'effet sanitaire protecteur des légumineuses (Jeannequin et *al.*, 2005) qui est :

- Ralentissement de la perte de calcium sur le statut osseux.
- Equilibre pondéral, richesse en fibres, vitamines et minéraux.
- Augmenter l'apport en fibres, en protéines, en acide folique, vitamine C et éléments Minéraux (Calcium, Sodium, Fer, Zinc, Potassium) (Cordonnier, 2009).

2-Stockage des graines de légumineuses

Les deux conditions essentielles d'un bon stockage sont : un bon bâtiment de stockage et de bonnes mesures de sécurité.

Parmi les méthodes de stockage en Algérie on cite les suivantes :

- Stockage en sac
- Stockage en vrac (courte durée)
- L'entreposage en silo (longue durée) : Silos en béton armé, Silo métallique
- le stockage dans des silos souterrains (Matmoura) : stockage d'orge et blé, c'est une technique archaïque peut être encore utilisé dans certaines régions isolées en Algérie (Doumaïndji et *al.*, 2003).

De bonnes méthodes de stockage combinées à une bonne hygiène, à un séchage adéquat et à toutes les autres mesures de sécurité ne suffisent pas toujours à prévenir efficacement les pertes au stockage. Les ravageurs parviennent malgré tout à pénétrer dans le produit et à faire des dégâts. Dans ce cas, il faut rechercher de nouvelles méthodes de protection du produit stocké (Groot, 2004).

3- les différents dégâts causés par les ravageurs durant le stockage

Chaque année, les légumineuses à graines subissent des pertes considérables de l'ordre de 800g/kg de graines en quelques mois (Ouedrago et *al.*, 1996). L'ampleur des dégâts varie selon le niveau de l'infestation initial, la durée et les techniques de stockage. Les dégâts les plus importants causés par les bruches par exemple sur le niébé et le pois-chiche ont été constatés en Afrique et en Amérique (Fleurat-lessard, 1980).

Selon Lienard et Seck (1993) les bruches causent chaque année des pertes qui peuvent aller jusqu'à 100% des stocks dans certaines régions d'Afrique. L'infestation par ces insectes occasionne l'apparition des facteurs antinutritionnels comme l'acide phytique, l'inhibition de l'activité trypsique; et de l'acide urique. (Ali et Muzquiz, 1998). Aussi une modification de la composition en vitamine, et une augmentation en cellulose (Huis et Rooy, 1998., Martin-Cabreja et *al.*, 1995) et une perte de poids des graines (Gueguen et Cerletti, 1994). Les modifications engendrées sur la qualité des protéines rendent les graines impropres à la consommation humaine (Keita et *al.*, 2001).

4-Les ravageurs des stocks de légumineuses

Les insectes ravageurs et divers maladies virales et fongiques constituent l'un des facteurs de réduction les plus importants de la production mondiale des légumineuses tels que le soja et l'arachide, et encore plus le niébé (Pollet, 1995). Dans le monde entier, les produits stockés sont attaqués par divers ennemis. Qui se classent en trois groupes principaux (FAO, 2009 a) :

4-1-Micro-organismes: bactéries et champignons (*Penicillium*, *Aspergillus*) production de toxines, mycotoxines.

4-2-Arthropodes: Insectes et Acariens : nombreux dommages dans les denrées stockées (taux de reproduction élevé et développement rapide), destruction des cultures et des denrées stockées.

4-3-Oiseaux et Rongeurs : destruction des stocks, souillures, introduction de pathogènes.

Selon Delobel et Tran (1993) les coleoptères constituent l'ordre d'insectes le plus riche en espèces environ 350 000, ils sont responsables de l'essentiel des pertes dans les silos des pays industrialisés. Les bruches (*Coleoptera: Bruchidae*) sont les plus importants insectes ravageurs des légumineuses à grains entreposées dans les régions tropicales (FAO, 2009). on distingue :

- *Callosobruchus maculatus* ou bruche du niébé et du pois chiche
- *Acanthoscelides obtectus* ou bruche du haricot
- *Caryedon serratus* ou bruche des arachides

Ces insectes infestent les graines au champ et continuent de se multiplier pendant l'entreposage (White, 2001).

5-Les moyens de lutte contre les ravageurs des denrées stockés

5-1-Lutte physique

Elle vise la sensibilité des ravageurs vis-à-vis de la température, des radiations et des gaz inertes. Il est prouvé que La désinsectisation par les rayons gamma, à hautes doses provoque la mort de tous stades de développement de l'insecte (Diop *et al*, 1997), par contre son exposition à des doses faibles entraîne sa stérilité (Dongret *et al*, 1997). Selon Gwinner *et al*, (1996), l'optimum de développement des insectes ravageurs des denrées stockées s'échelonne généralement entre 25 et 35°C, en dehors de cet intervalle leur reproduction s'arrête, tandis qu'à moins de 5°C et à plus de 45°C la plus part des individus meurent (Lee *et al*, 1993). Les graines peuvent être conservées pendant trois mois à une température de 5°C (Singh et Jakail , 1985 ; Docum, 1987 ; Lee *et al*, 1993, Favreau, 1998).

5-2-Lutte chimique

La lutte chimique se révèle efficace pour protéger les stocks des attaques des ravageurs (Fleurat-leussard, 1978), malheureusement son utilisation est limité par de nombreuses contraintes telles que :

- Pollution des différents biotopes
- Développement de résistance chez les insectes (Georchiou, 1987)

Les effets des insecticides sur les ressources naturelles, telles que le sol et l'eau, doivent être étudiés et les espèces non visées doivent être protégés contre les effets nuisibles des résidus d'insecticides. (OMS 2009 : Organisation Mondiale de la Santé)

5-3-Utilisation d'extraits végétaux et les huiles essentielles

L'utilisation d'extraits végétaux telles que les huiles ou poudres empêchent les bruches de coller leurs œufs sur les graines et /ou tuent les œufs fraîchement pondus ou les adultes (Okonkwo et Okoye ,1992. Uvah et Ishaya ,1992.,Nuto, 1995). Les huiles essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Leur application dans la protection des stocks a fait l'objet de nombreux travaux. Leur toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, antinutritionnelle et inhalatoire (Kéïta et *al*, 2000 ., Regnault-Roger, 2002).

5-4-La lutte biologique**5-4-1-Définition**

Plusieurs définitions de la lutte biologique ont été proposées par différentes organisations comme la FAO, OMS et OCDE (*l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques*) ces définitions montrent des différences importantes selon la discipline scientifique, le domaine d'application et /ou le pays concerné La définition adoptée par l'organisation internationale de lutte biologique (OILB) est :

*utilisation par l'homme d'ennemis naturels tels que les prédateurs, des parasitoïdes ou des agents pathogènes pour contrôler des populations d'espèces nuisible et les maintenir en dessous d'un seuil de nuisibilité. (Bach ,1964)

5-4-2-Les différentes stratégies de lutte biologique dans les stocks

Selon les modalités d'utilisation, on distingue trois méthodes principales de lutte biologique : par introduction, augmentation ou conservation (Van driesch et Bellows,1996 ;Amevoin, 1998 ; Bovin 2001).

Les statistiques de la lutte biologique sont indiquées dans la figure ci-dessus (Figure 1)

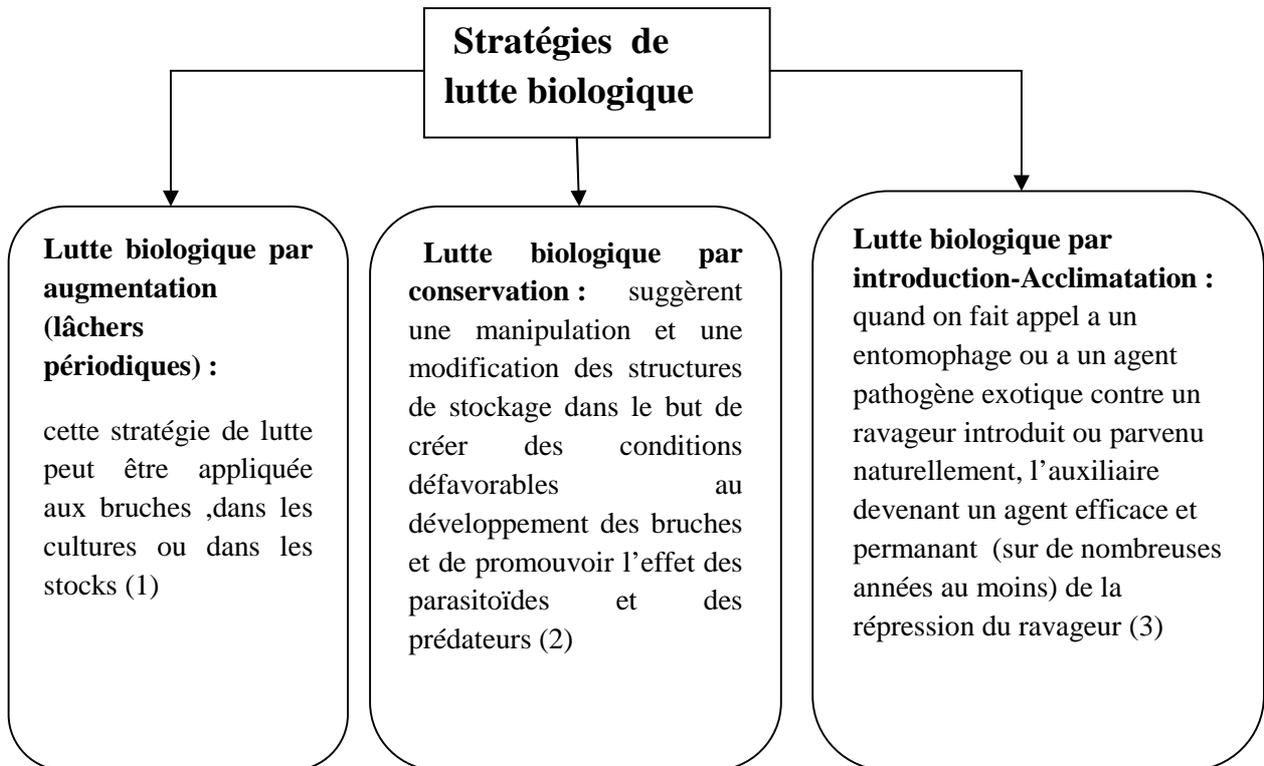


Figure 1: Les différentes stratégies de lutte biologique dans les stocks proposées par plusieurs auteurs (1) : (Glitho et al., 1995; Huignard, 1996; Ouedrago et al., 1997), (2) : (Amevoin, 1998., Van Huis, 1991., Van Albeek, 1996), (3) : (Debach et Rosen, 1991)

6 -Les organismes utilisés en lutte biologique dans les stocks

La lutte biologique dans les stocks utilise des prédateurs d'insectes, des microorganismes et des parasitoïdes. L'utilisation de ces derniers offre plusieurs avantages : ils ont une bonne capacité de dispersion et de découverte de l'hôte, une bonne capacité à s'établir dans un habitat donné, ils sont très sécuritaires pour la santé des utilisateurs et des consommateurs, ils respectent l'environnement et ils ont, pour la plupart, une grande spécificité. (Cloutier et Cloutier, 1992)

6-1-Les parasitoïdes

6-1-1-Définition, taxonomie et mode de vie

Les parasitoïdes sont des organismes qui se développent sur ou dans un autre organisme (hôte), ils en tirent leur subsistance et le tuent comme résultat direct ou indirect de leur développement (Eggleton et Gaston, 1990).

D'après différentes estimations, les parasitoïdes représenteraient entre 8 et 20 % des espèces d'insectes décrites, la majorité appartenant à l'ordre des hyménoptères et à l'ordre des diptères mais, d'après les spécialistes l'apparition de ce type de parasitisme ne s'est pas produit de la même façon dans les deux ordres ce qui explique en partie les différences biologiques entre les parasitoïdes, l'autre partie étant due à d'autres facteurs écologiques.

À ce titre, ils représentent un mode de vie intermédiaire entre les prédateurs et les parasites, (Toft et *al.*, 1991). De nombreuses espèces d'insectes représentant 10% de toutes les espèces animales ont adopté ce mode de vie (Askew, 1971).

Les insectes parasitoïdes se reproduisent en pondant leurs œufs sur d'autres insectes appelés hôtes. Ces hôtes représentent alors la seule ressource nutritive disponible pour le développement de la larve (Godfray, 1994).

Et selon ce dernier on distingue en fonction de différents modes de vie :

- **Parasitoïdes spécialistes**, qui s'attaquent à un nombre restreint d'espèces d'hôtes.
- **Parasitoïdes généralistes**, qui s'attaquent à un plus grand nombre d'espèces de taxa variés.
- **Ectoparasitoïdes**, qui peuvent se développer à l'extérieur de l'hôte.
- **Endoparasitoïdes**, qui peuvent se développer à l'intérieur de l'hôte.
- **Parasitoïdes solitaires** (un seul individu peut émerger par hôte).
- **Parasitoïdes grégaires** (plusieurs individus peuvent émerger d'un même hôte).
- **Parasitoïdes idiobiontes** qui paralysent leur hôte, entraînant l'arrêt de son développement.
- **Parasitoïdes koïnobiontes** qui maintiennent leur hôte en vie pendant une grande partie de son développement et ne le tuent qu'ensuite.
- **Parasitoïdes proovogéniques**, chez lesquels les femelles disposent dès leur émergence d'un stock fixe d'œufs matures.
- **Parasitoïdes synovogéniques**, chez lesquels les femelles ne possèdent à l'émergence qu'un nombre réduit d'œufs matures mais en produisent tout au long de leur existence.

- La figure ci-dessus (figure 2) nous explique le cycle biologique de développement d'un parasitoïde solitaire (type de parasitoïde étudié au cours de notre travail)

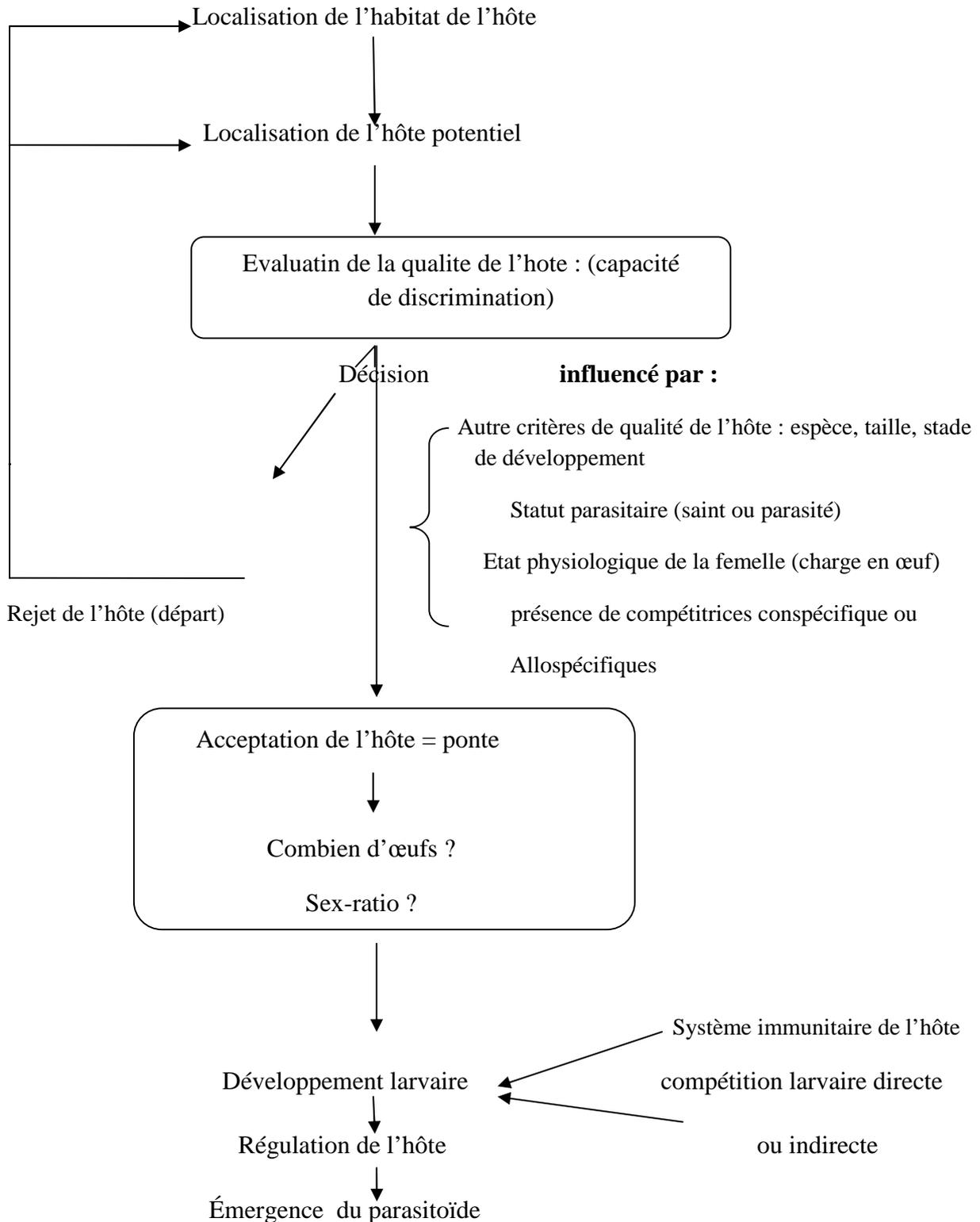


Figure 2 : Cycle de développement d'un parasitoïde solitaire

(Gauthier et al, 1996 .,Goubault ,2003)

DEUXIEME PARTIE : description du système tri trophique étudié

Dans cette partie, nous allons présenter les différentes espèces constituant le système tri-trophique utilisé pour réaliser notre étude, à savoir :

La plante, *Vigna unguiculata* (Walp) communément nommée Niébé,

Le phytophage (l'hôte), le coléoptère bruchidé *Callosobruchus maculatus* (Fab),

L'hyménoptère parasitoïde *Anisopteromlaus calandrae* .

1- La plante, *Vigna unguiculata* (Walp)**1-1-Systématique**

Le niébé *V. unguiculata* est classés comme suit : (Chung et al, 2007)

Règne : Végétal

Embranchement : Phanérogames (Spermaphytes)

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Dialypétales

Ordre : Légumineux (Fabales)

Famille : Légumineuses (Fabacées)

Sous famille : Papilionacées

Tribu : Phasage

Genre : *Vigna*

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

1-2 Description et caractéristiques

Vigna unguiculata, communément appelé niébé, est une plante herbacée annuelle autogame présentant de nombreuses variétés à port rampant, semi-rampant ou érigé. L'inflorescence, de type grappe simple ou racème, est composée de fleurs de type corolle papilionacée, jaunes ou violacées. Le fruit est une gousse indéhiscente, longue de 7 à 15 cm, renfermant 8 à 15 graines. A la jonction avec le pédoncule, des nectaires sécrètent un liquide sucré qui coule le long de la gousse. La graine est reliée par le hile avec la suture dorsale de la gousse (Murdock, 1959)



Figure 3 : Plante de niébé



Figure 4: graines de niébé

Cette légumineuse est cultivée dans la plupart des régions tropicales et subtropicales, jusqu'au bassin méditerranéen depuis 5000 ans avant JC. En Algérie, *Vigna unguiculata* est une culture traditionnelle, la variété à hile noir ou haricot kabyle est produite au nord, le Tadelaght (Touat), Tidhikelt et le reste au Sud-Ouest algérien (Anoun et Echikh, 1990 ,in Amari ,2014).

L'intérêt grandissant accordé à cette légumineuse résulte de ses nombreuses potentialités :

- D'un point de vue alimentaire, les graines sont riches en protéines (22 à 25 % de leur poids sec) et leurs cotylédons contiennent la plupart des acides aminés nécessaires à l'alimentation humaine. C'est, en zone tropicale sèche, l'une des sources de protéines les moins onéreuses (Huignard 1996).
- Sur le plan agronomique, c'est une plante améliorante qui peut fixer l'azote atmosphérique grâce à ses bactéries symbiotiques les *Rhizobium*. Une culture pure de niébé peut produire 240kg/ha d'azote, ce qui lui permet de satisfaire ses propres besoins et de laisser dans le sol un résidu de 60 à 70 kg/ha d'azote qui peut être utilisé par d'autres plantes. Le niébé peut avoir de bons rendements en graines, sans aucun apport d'engrais.

Le niébé peut être attaqué à tous les stades de développement, mais c'est le stockage des graines qui pose le plus de difficultés à cause des insectes ravageurs qui peuvent être classés en trois groupes : ravageurs des stades de préfloraison, ravageurs des stades de floraison - fructification et ravageurs des graines mûres ou en cours de maturation aux dépens desquelles ils se développent. Parmi ces derniers, *Callosobruchus maculatus*, souvent appelé bruche du niébé.

2 – Le phytophage (hôte) *Callosobruchus maculatus***2-1-Systématique**

La position systématique du bruche de niébé Selon Balachowsky (1962), est comme suit :

Règne : Animal

Embranchement : Arthropodes

Classe : Insectes

Ordre : Coléoptères

Sous ordre : Hétérogastra

Famille : Bruchidae

Genre : *Callosobruchus*

Espèce : *Callosobruchus maculatus* (Fabricius).

2-2- Description

Callosobruchus maculatus est un coléoptère Bruchidé qui se développe aux dépens de plusieurs espèces de légumineuses sauvages ou cultivées du genre *Vigna* principalement.

L'adulte mesure 2.8 à 3.5 mm de long et est de forme courte ramassée et globuleuse. La tête est noire, les antennes et le pronotum sont de couleur rouge clair ou brun. Les mâles ont des antennes noires avec les quatre premiers articles roux, chez les femelles ils sont entièrement rouges (Balachowsky, 1962). La femelle de taille plus importante que le mâle se distingue par la coloration et les motifs des élytres et du pygidium (Jaloux 2004) .

C. maculatus possède deux morphes imaginaux, une forme non voilière à fécondité élevée, adaptée aux conditions des stocks et une forme voilière à faible fécondité, responsable de l'infestation dans les cultures (Utida 1954)

Cette espèce présente en Afrique une aire de répartition très vaste. Elle est devenu un ravageur cosmopolite avec l'accroissement du trafic international des graines de légumineuses dans de nombreuses régions subsahariennes de l'Afrique de l'ouest (Ridet, 1992., Fleurat Lessard, 1980 ; Caswell, 1981). *C. maculatus* est l'espèce de bruche qui cause le plus de dégât dans les stocks de Niébé (Jackai et Daoust, 1986 ; Monge et Germain, 1988). Les stocks de graines ravagés sont facilement reconnaissables à la présence de l'enveloppe de l'œuf qui persiste après l'éclosion à la surface de la graine ainsi qu'aux loges nymphales creusées dans la graine, visibles par transparence lorsque les bruches ont atteint un stade larvaire avancés. De par le nombre important d'œufs pouvant être pondus (jusqu'à 40- 60 œufs par graine) ainsi que le court temps de génération de la bruche (3 à 4 semaines en fonction des conditions

environnementales), une faible infestation de départ peut conduire à la perte totale d'un stock de graines en quelques mois (Kitch et Ntoukman ,1993).

2-2-cycle de développement

Après l'accouplement, la femelle de *C. maculatus* pond sur des gousses mûres ou directement sur les graines de niébé. L'œuf translucide (environ 0,6 x 0,3 mm) a une forme ovoïde, et la face fixée au substrat est aplatie, 96% des œufs sont pondus durant les quatre premiers jours de l'infestation, (Multon, 1982 ; Khalfi, 1983 in Karbache 2009; Moumouni et al, 2013). Après l'éclosion, le premier stade larvaire perfore le chorion du coté proche du végétal puis le tégument de la graine, à l'aide de ses mandibules et pénètre à l'intérieur en rejetant des fragments de tégument et de cotylédon à l'intérieur du chorion vide qui prend une couleur blanchâtre (figure 5). Le développement larvaire se déroule dans et aux dépens de la graine (Ouedraogo et al. 1996). Il comporte au total quatre stades larvaires. La nymphose et la métamorphose ont lieu à l'intérieur d'une loge tapissée d'acide urique creusée par la larve à la périphérie de la graine (Doury et al, 1995; Ouedraogo et al. 1996). L'imago découpe ensuite un opercule circulaire dans le chorion et émerge. La durée du développement, de la ponte à l'émergence est de 22 à 25 jours selon la température.

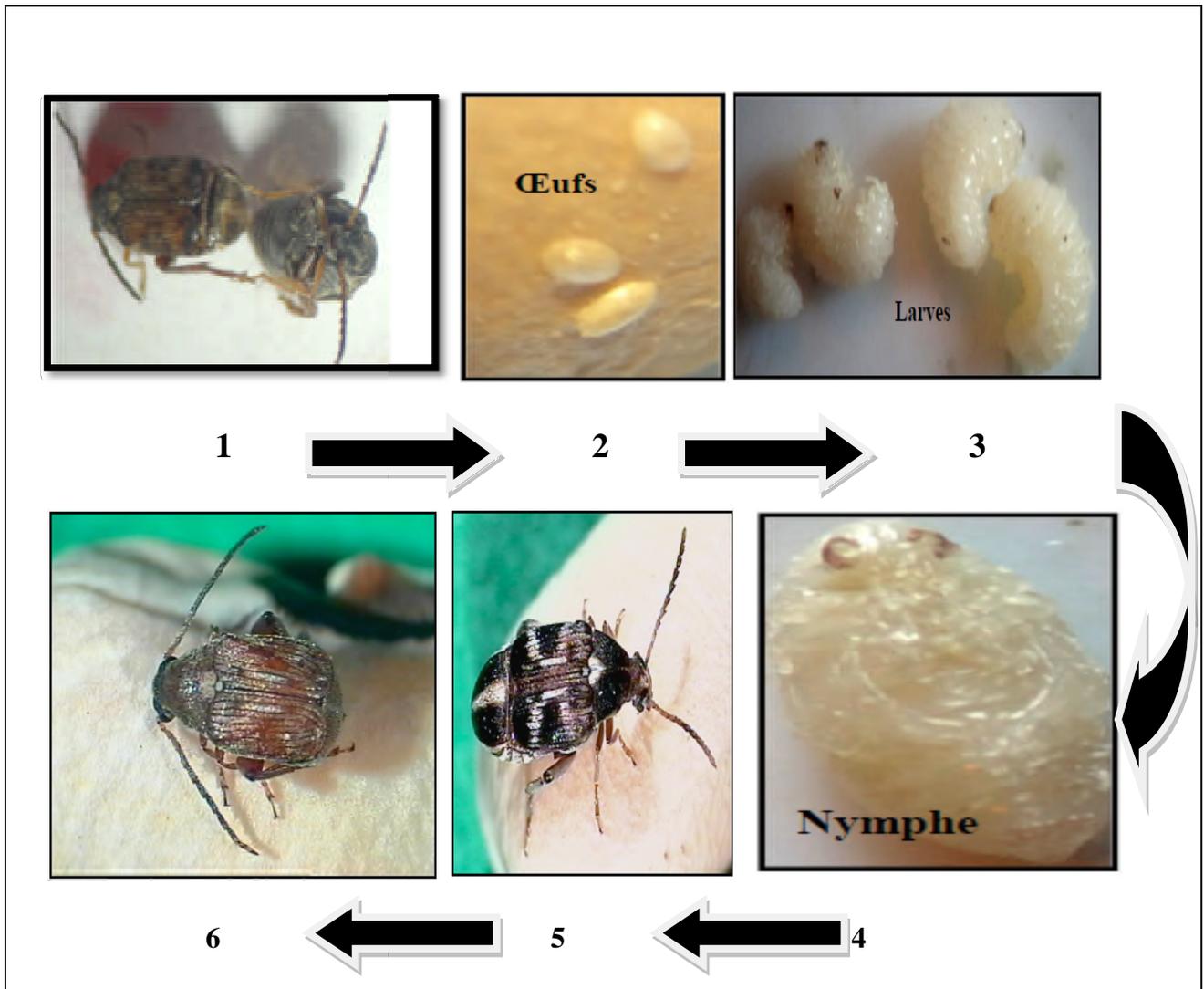


Figure 5 : cycle biologique de *callosobruchus maculatus* (Jaloux ,2004)

3-Le parasitoïde *Anisopteromalus calandrae*

3-1- Systématique

Anisopteromalus calandrae est un hyménoptère pteromalidae sa position systématique est la suivante (Howard, 1881) :

- **Ordre** : Hymnoptera
- **Sous-ordre** : Apocrita
- **Super-famille** :chalcidoïdae
- **Famille** : pteromalidae
- **Genre** : Anisopteromalus

3-1-Description et caractéristique

Anisopteromalus calandrae est un ectoparasitoïde solitaire idiobionte de plusieurs coléoptères granivores (Islam et Nargis ,1994). Les adultes sont de couleur noire brillante. Ils présentent un dimorphisme sexuel pour la couleur de l'abdomen .Les mâles mesurent de 1,5 à 2 mm et présentent une absence de pigmentation à la base ventrale de l'abdomen. Les femelles mesurent entre 2 et 2,5 mm et leur abdomen est noir uniforme.

3-2-cycle biologique

La femelle dépose un œuf translucide allongé sur l'hôte ou près de celui-ci (Arbogast et Mullen, 1990) (figure5). L'éclosion a lieu 24 à 30h après la ponte.Le développement comporte trois stades larvaires. La durée de développement chez *Anisopteromalus calandrae* peut varier suivant les conditions. Dans les conditions déterminées au laboratoire 70%, les parasitoïdes adultes mâles apparaissent au bout de $14,3 \pm 0,04$ jours et les femelles au bout de $16,9 \pm 0,1$ jours. Cependant, à 30°C et 70% d'humidité, la durée de développement est entre 10 et 11 jours (Islam, 1993).

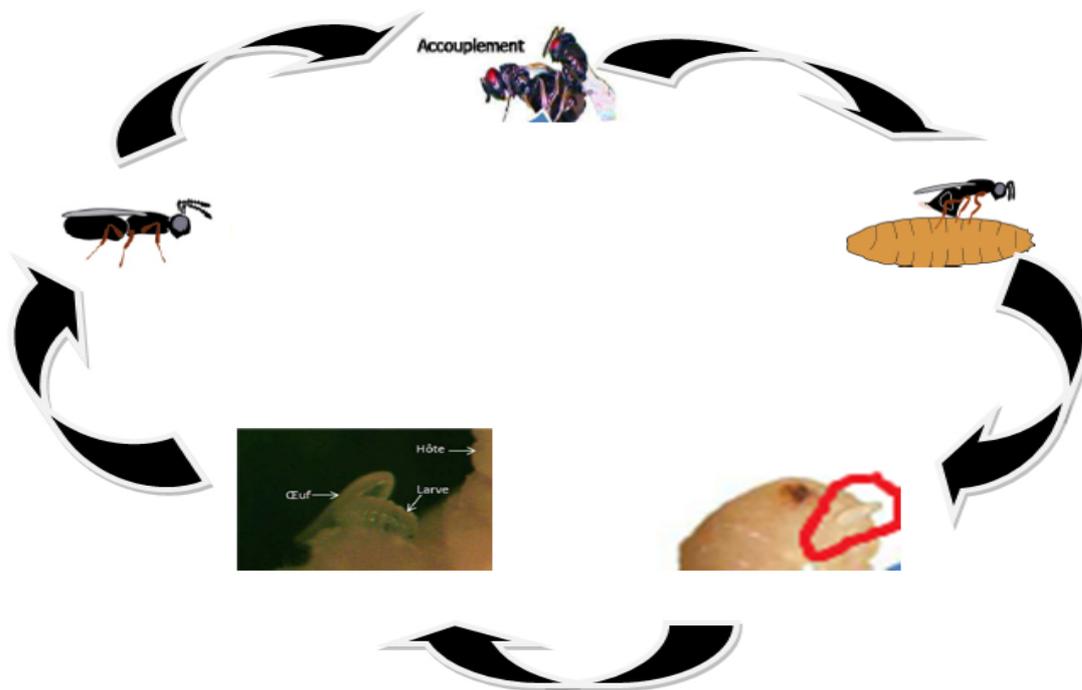


Figure 6 : cycle de développement de parasitoïde *Anisopteromalus calandrae*
(Lebreton. 2009)

1- Matériel Biologique : le système tri-trophique

Pour réaliser notre étude nous avons utilisé un système tritrophique constitué de :

- La plante hôte (graine de niébé) : *Vigna unguiculata* :
- Le phytophage hôte (coléoptère bruchidae) : *Callosobruchus maculatus* (fab)
- L'hyménoptère parasitoïde : *Anisopteromalus calandrae*

2- Matériel expérimental :

- Pour effectuer notre travail expérimental nous avons utilisé le matériel suivant :
 - Des boîtes Pétri
 - Gélules de type pharmaceutique
 - Une patafixe
 - Loupe binoculaire
 - Pincettes
 - Aspirateur de parasitoïdes
 - Etuve réglée à 30 C°
 - Tamis de 9 mm d'ouverture de maille

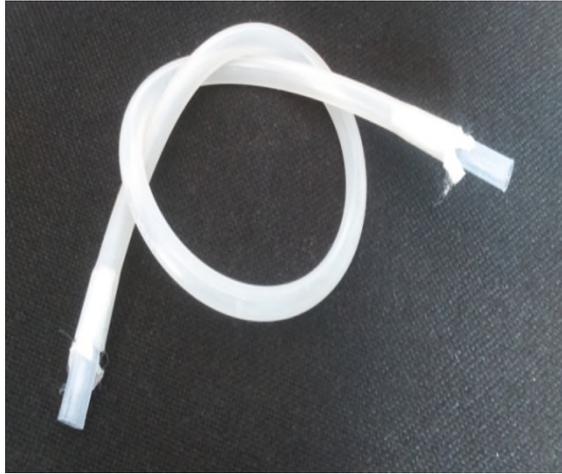


Figure 7 : Aspirateur de parasitoïdes



Figure 8 : Gélules

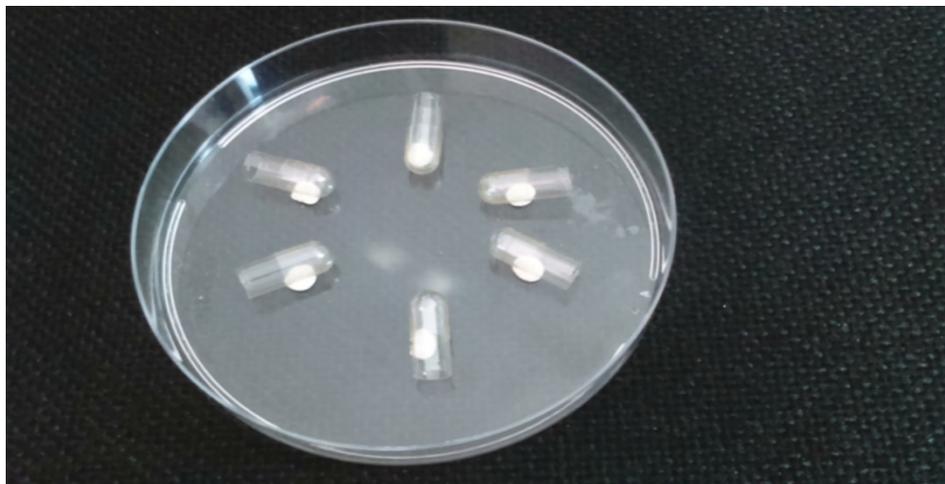


Figure 9 : Gélules fixées sur une boîte de Pétri



Figure 10 : Tamis



Figure 11 : Loupe binoculaire

3- Méthodes**3-1-Elevage des insectes au laboratoire****3-1-1 Conditions d'élevage**

Les souches de *Callosobruchus maculatus* et *Anisopteromalus calandrae* utilisées au cours de notre étude ont été maintenues au laboratoire sur des graines de Niébé de la variété Haricot Kabyle (Haricot dolique) dans une étuve sous les conditions suivantes ($30 \pm 1 \text{ C}^\circ$, et une humidité relative de $70 \pm 10 \%$).

Les graines de niébé étaient congelées pendant 4 jours avant l'utilisation, pour éviter l'introduction d'une autre espèce de phytophage, et aussi des acariens entomophages.

3-1-2-élevage des bruches

La souche de *C. maculatus* utilisée pour les expérimentations est originaire de Béjaïa et a été maintenue au laboratoire sur des graines de niébé de la variété Balcke Eyes California dans une étuve sous les conditions thermo- et photopériodiques suivantes : 30°C , et à 70 % Hr. Les graines de Niébé étaient congelées avant l'utilisation, pour éviter l'introduction d'une autre espèce phytophage, et pour éviter d'introduire dans les élevages des acariens entomophages extrêmement nuisibles.

Une trentaine de couples de bruches sont introduits dans des petites boîtes en plastique ($20,5 \times 19 \times 4 \text{ cm}$) à demi remplies de graines de Niébé sur lesquelles ils se reproduisent. Dans ces conditions d'élevage l'espèce est polyvoltine, et une génération se développe en 22 jours environ. 17 à 19 jours après la ponte, les graines étaient tamisées pour éliminer les insectes morts et séparées en deux lots. Une partie des graines contenant des larves de bruches au stade L4 ou nymphes était prélevée pour les expériences et sont placées au réfrigérateur à 4°C pour stopper la croissance des larves et pour pouvoir être conservées pendant environ 7 jours. Le reste des graines était replacé dans l'étuve jusqu'à l'émergence. Les bruches adultes issues de ce lot étaient utilisés pour fournir une nouvelle génération d'hôtes.



Figure 12 : Elevage en masse de bruche *Callosobruchus maculatus*

3-1-3-Elevage des parasitoïdes

La souche d'*A. calandrae* étudiée est originaire de Béjaïa .L'espèces de parasitoïdes est retrouvée exploitant les mêmes hôtes, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granarius* (Coleopeta : curcullionida), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Ces souches ont été développées à partir d'individus émergents de graines de blé provenant d'un entrepôt de stockage local dans la région de Bejaia (AKBOU). Elle est maintenue au laboratoire sur des populations de bruches d'haricot dans des conditions comparables à celles du milieu naturel.

Les stades préférentiels de *C. maculatus* pour les pontes des femelles d'*A. calandrae* sont des larves aux stades L4, prénymphe et nymphe (Bellows, 1985). Tous les stades présentés aux femelles étaient des prénymphe et des nymphe, qui sont de tailles importantes est facilement distinguables à l'aide d'une loupe binoculaire. Ces stades sont atteints 18 jours après la ponte dans les conditions d'élevage. Les hôtes ne sont exploitables par les femelles parasitoïdes que s'ils sont présentés à l'intérieur d'une loge. Durant nos expériences, nous avons utilisé des hôtes enfermés à l'intérieur d'une loge naturelle, creusée par la larve de *C. maculatus* dans une graine ou d'une loge artificielle fabriquée à partir d'une gélule de type pharmaceutique.

Les parasitoïdes sont élevés dans les mêmes conditions d'élevage citées, sur des graines de niébé infesté par *Callosobruchus maculatus*. Une dizaine de couples d'*Anisopteromalus calandrae* sont introduits dans des boites en plastique (20,5×19× 4cm) contenant des graines infestées par des larves de bruches au stade L4, les boites sont placées dans l'étuve réglée a 30 °C, trois jours après on tamise et on retire les parasitoïdes pour les introduire dans d'autre boites contenant des hôtes. Les boites sont placées dans l'étuve aux mêmes conditions d'élevage (30 ± 1°C et une humidité relative de 70 ± 10 %). jusqu'à l'émergence des adultes. Dans ces conditions une génération d'*A.clanadrae* se développe en 12 et 13jours environ.(figure 13,14)



Figure 13 : Femelle *A. calandrae* pondant
Sur graine artificielle (gelule)

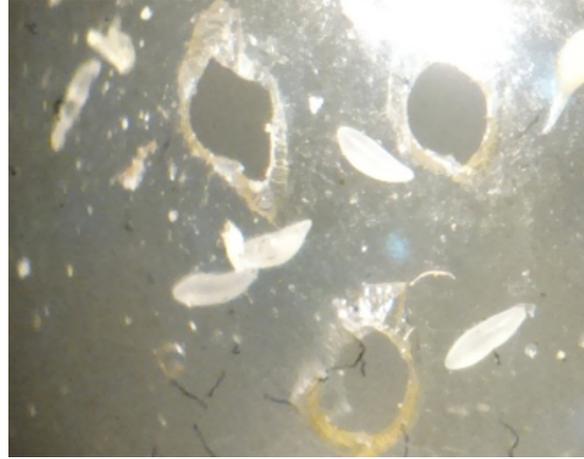


Figure 14 : des œufs d'*A. calandrae* sur une gélule

4-Les gélules ou système de graines artificielles

Dans notre système tritrophique étudié, tout se passe à l'intérieur de la graine (ponte et développement larvaire du parasitoïde), Ce qui rend l'opération d'observation et comptage des œufs, et le suivi des stades larvaires des parasites, une chose difficile voir impossible, pour surpassé cette contrainte nous avons adopté un système de graine artificielle qui a été développé au laboratoire par A.M Coretesero et G Doury (1994)

Ce système est d'autant plus intéressant qu'il n'affecte pas le comportement de ponte des parasitoïdes (Gauthier et *al*, 1996) il est constitué d'une gélule de gélose identique a celle utilisée dans le domaine pharmaceutique mais modifié au laboratoire, ça consiste a encapsuler une larve ou nymphe de *callosobruchus maculatus* en recréant une loge nymphale(Figure 15). L'extrémité arrondie de segment le plus long (partie inferieure) de la gélule est enfoncé légèrement, pour former une petite cavité, dans laquelle nous déposons une nymphe ou une pré nymphe de *C. maculatus*, pour enfermer le dispositif on place le capot (partie supérieure) après l'avoir percé trois a quatre pré-trous utilisant une épingle, les trous permettent un contacte de la femelle parasitoïde avec la larve (déposer son ovipositeur et pondre sur sa hôte), ainsi qu'une bonne aération.

Ce système nous permet de suivre toutes les étapes de ponte et stades larvaires grâce a la transparence de la gélule, tout en conservant l'organisation la plus proche possible du système naturel c'est a dire l'hôte dans sa loge nymphale enfermée.

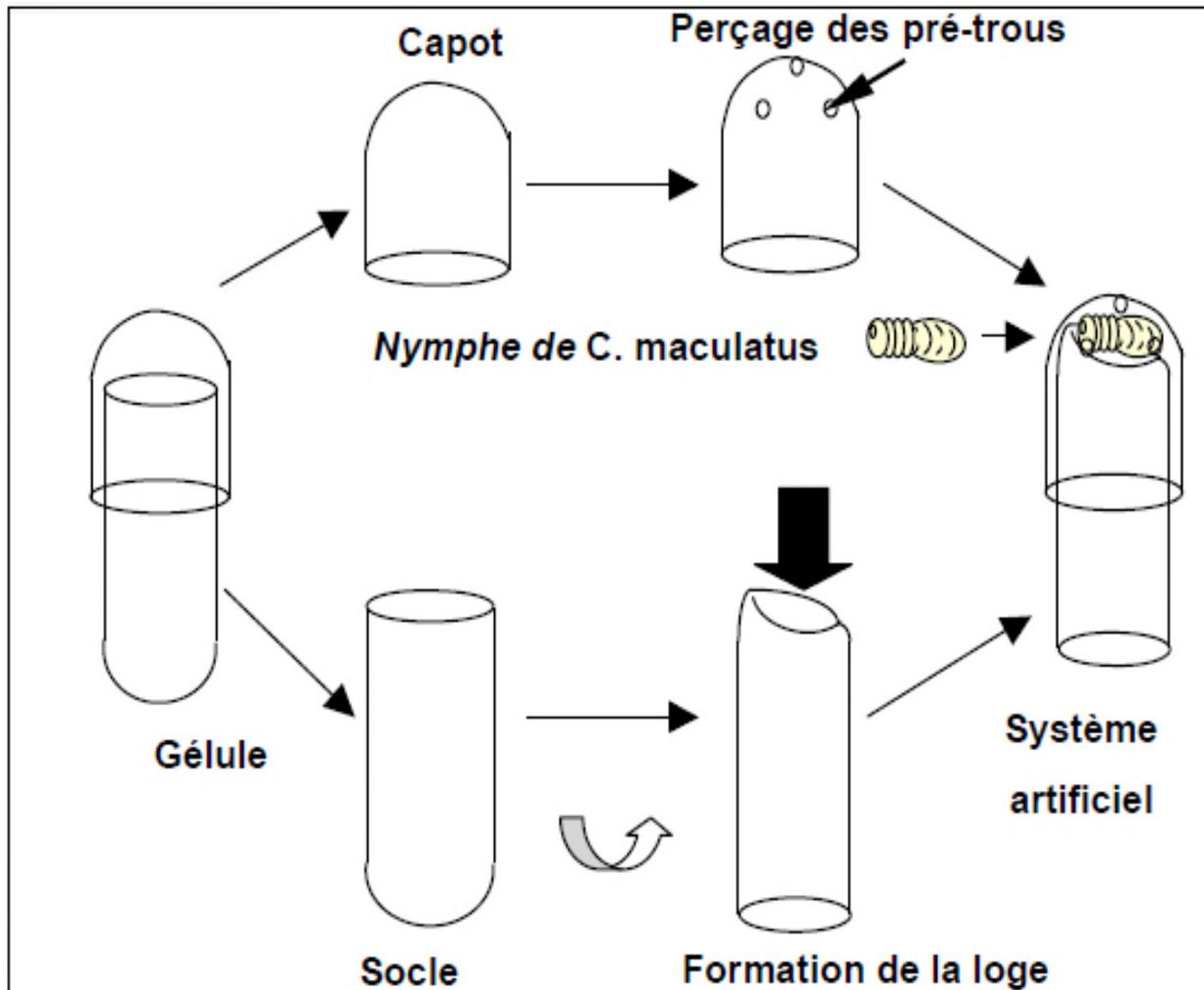


Figure 15 : Fabrication du système artificiel

II-Protocoles expérimentaux :

Les protocoles utilisés au cours de notre travail sont les mêmes protocoles suivis par : Amevoin (1998), Goubault, (2003) ,Benkhellat(2016) Gauthier, (1996) ,Amévoin,(1998)

PREMIERE PARTIE : Test de fertilité des femelles d'*Anisoptromalus calandrae*

1-Activité de ponte :

Dés leurs premières heures d'émergence, 10 couples d'*Anisoptromalus calandrae* sont isolés et sont placés dans des boîtes de Pétri (Ø 60 mm - Hauteur : 20 mm) contenant six hôtes (des larves de *Collobruchus maculatus* en stade L4 (pré-nymphes) renfermées dans des gélules fixées sur les boîtes pétris avec de la *patafixe*) . Les boîtes de Pétri sont placées

dans les conditions d'élevage définies ($30 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $70 \pm 10\%$). Étant donné que l'accouplement a besoin d'un seul jour pour qu'il aura lieu, les mâles sont retirés dès le deuxième jour. Les gélules contenant des hôtes sont renouvelées chaque jour pendant toute la vie des femelles. Les gélules retirées sont observées sous loupe binoculaire. Nous observons et notons quotidiennement pour chaque femelle le nombre d'œufs pondus sur les hôtes parasités.

Nous avons utilisé le système de gélules artificiel car ce dispositif nous permet de faire un suivi journalier pour l'activité de ponte des femelles et déterminer le nombre d'œufs pondus durant toute leur vie sans perturber leur comportement de ponte.

2- Descendance et sex-ratio

Après avoir comptés le nombre des œufs déposées sur les gélules ayant servie pour le test de fécondité, ces gélules sont remisent dans l'étuve jusqu'à l'émergence des adultes. Nous avons compté le nombre d'adultes émergents pour chaque femelle et chaque jour et ceci durant tout leur cycle de développement. Ceci permet de déterminer le sex-ratio des descendants de chaque femelle. Le sex-ratio = nombre de femelles émergentes / nombre totale des descendants

DEUXIEME PARTIE : Test de lutte

1-Préparation des larves de bruches (Graines à un hôte)

Nous avons utilisé des hôtes de *Callusobruchus maculatus* hébergés dans une loge naturelle, vu qu'une graine de niébé peut héberger plus de 10 hôtes et pour éviter un biais éventuel dans le choix de la femelle *A. calandreae* lié au nombre d'hôtes présent a l'intérieur des graines, et afin de faciliter le comptage des hôtes nous avons utilisé des graines a un et deux hôtes ça consiste a mettre dans des boites de Pétri des cinquantaine de graines de niébé saines avec 10 bruches femelles adultes pendant 4 heures ,puis ont les retire, et on les place a l'étuve dans les conditions cités en haut, quatre jours plus tard les œufs deviennent moins fragiles et plus visible ce qui nous permet de trier les graines qui contiennent 1 hôte et 2 hôtes dans des boites et les conservées a l'étuve en attendant qu'elle atteignent un stade préférentielle pour les parasitoïdes (dans nos conditions : après 18 jours, stade L4 ou nymphe).

2-Réalisation du test

Pour réaliser notre expérience nous avons mis dans des boites en plastique (20,5×19×4cm) 150 graines de niébé infestées par des larves au stade L4 de *C* .

maculatus : 100 graines contenant une larve et 50 graines contenant deux larves ce qui fait au totale 200 hôtes.

- Nous avons introduit respectivement dans chaque boite : 10 ,20 puis 30 couples parasitoïdes adultes présent dès leur émergence
- un lot témoins sans parasitoïdes a été préparé en parallèle
- Trois répétitions sont faites pour chaque lot

Trois semaine après l'introduction des parasitoïdes (le temps d'émergence de la première génération de bruches et parasitoïdes) nous avons dénombré uniquement les adultes de bruches et de parasitoïdes, pour cela nous avons procédé par tamisage avec un tamis de 9mm, et ce, jusqu'à la fin des émergences. Les adultes sont triés par espèce et compté directement.

Nous avons calculé les paramètres suivant:

1. Effectif moyen de bruches émergé Br.
2. Effectifs moyen de parasitoïdes émergés PE.
3. Taux de parasitisme (Monge *et al.*, 1995 ;Chaisaeng *et al.* ,2010)

$$TP = (NP / NP + NBr) \times 100$$

Ou NP : Nombre de parasitoïde dans le traitement

NBr : Nombre de bruche dans le traitement

- 4 .Taux de réduction des bruches : (Amèvoïn, 1998)

$$T_{red} = (1 - N/N_0) \times 100$$

Ou N_0 : Nombre de bruches émergés dans le témoin

N : Nombre de bruches émergés dans le traitement

- 5 . Sex-ratio de la descendance : Nombre de femelles /nombre de (femelles + males)

3-Analyse statistique

- Pour analyser la fécondité journalière des femelles, nous avons choisi un test non paramétrique de Friedman.
- Pour comparer l'utilisation de déférente densité de parasitoïdes sur les populations de bruches, nous avons utilisé une analyse de variance (ANOVA)
- Ces tests sont effectués sous Xlstat 2009 au seuil 5%.de significativité.

I-Résultats

PREMIERE PARTIE : Fertilité et activité de ponte chez les femelles *A .calandrae***1- Activité de ponte**

L'analyse des résultats de l'activité reproductrice des femelles *A .calandrae*, révèle que durant tout leur cycle de vie (17 jours) (figure 16), on peut distinguer trois phases significativement différentes (Teste de Fridman : $\alpha = 0,05$; DDL = 16 et $P < 0,0001$).

- Dans le premier jour, 60 % des femelles présentent une activité de ponte qui est très faible avec une moyenne de 1,9 œufs /femelle, du deuxième au troisième jour 90% a 100% des femelles pondent, et leur activité de ponte augmente jusqu'à atteindre la moyenne de 6,45 œufs durant ces deux jours.
- La fécondité des femelles se stabilise à une moyenne de 8,67 œufs par jour, cela du troisième jusqu'au neuvième jour.
- Du dixième au dix-septième jour l'activité reproductrice diminue et la fécondité moyenne atteint 1,4 œufs /femelle à la fin du cycle de vie des femelles.

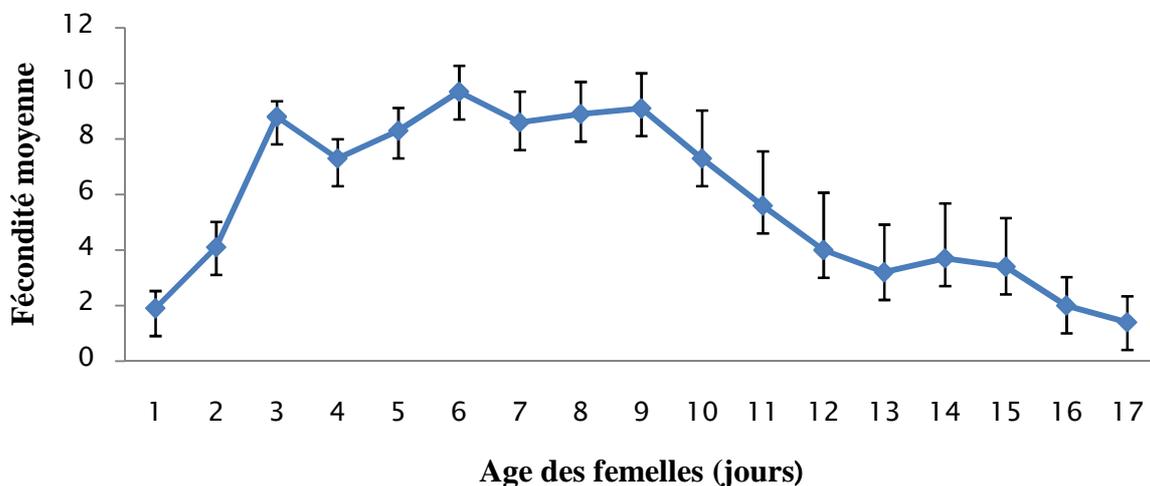


Figure 16: Fécondité moyenne (\pm s.e.m) d' *Anisopteromalus calandrae* en fonction de l'âge des femelles.

La fécondité des femelles durant leur cycle de développement varie de 56 jusqu'à 192 œufs et la durée de vie des femelles varie de 10 à 17 jours.

1-2- Descendance et sex-ratio

Sur un total de 973 œufs pondus par les dix femelles *A. calandrae* (pendant toute leur vie), seulement 367 individus ont émergé dont 244 femelles et 123 mâles.(figure 17). Apartire de cette figure on remarque que le nombre de femelles est deux fois plus important que celui des mâles. Le sex-ratio calculé est de 0,66 (supérieure à 0,5) et il est biaisé en faveur des femelles.

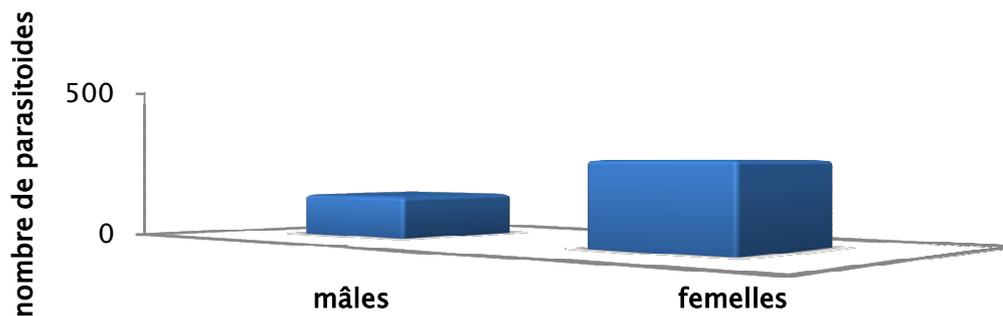


Figure 17: Nombre de mâles et femelles émergés

DEUXIEME PARTIE : Test de lutte

1- Effet de l'introduction des parasitoïdes sur les populations de bruches

Les résultats obtenus de l'effet de l'introduction des parasitoïdes *A. calandrae* sur les larves de bruches sont résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau I : Les résultats de l'introduction des parasitoïdes sur les larves de bruche et les écartypes associés.

Paramètres biologique	Densités d' <i>A. calandrae</i>		
	Densité 10	Densité 20	Densité 30
Taux de réduction moyen des bruches(%)	93,26 \mp 4,06	97,79 \mp 2,95	99,19 \mp 1.41
Taux de parasitisme moyen (%)	87,48 \mp 5,15	96,48 \mp 3,98	98,37 \mp 2,82
Moyenne d'émergence de parasitoïdes	34,67 \mp 6,7	41 \mp 5.6	44 \mp 5,00
Sex-ratio	0,64 \mp 0,03	0,63 \mp 0,03	0,67 \mp 0,02

1-1-L'effectif des bruches émergents

Nous avons obtenus à partir de 200 larves (L4) de *C. maculatus* 268 individus lorsque la bruche se développe sans contrainte parasitaire (en moyenne 82,86 adultes par boîtes). L'effectif moyen des bruches émergés diminue significativement en fonction de la densité des femelles dans les traitements. (ANOVA : ddl=3 ; Pr > F = 0,0001 ; f= 390,693), cet effectif est réduit à plus de 1/16 en introduisant 10 femelles parasitoïdes, et diminue de plus en plus en augmentant les densités des femelles *A. calandreae* jusqu'à atteindre l'effectif moyen le plus faible (0,66 individus) enregistré pour la densité D30.

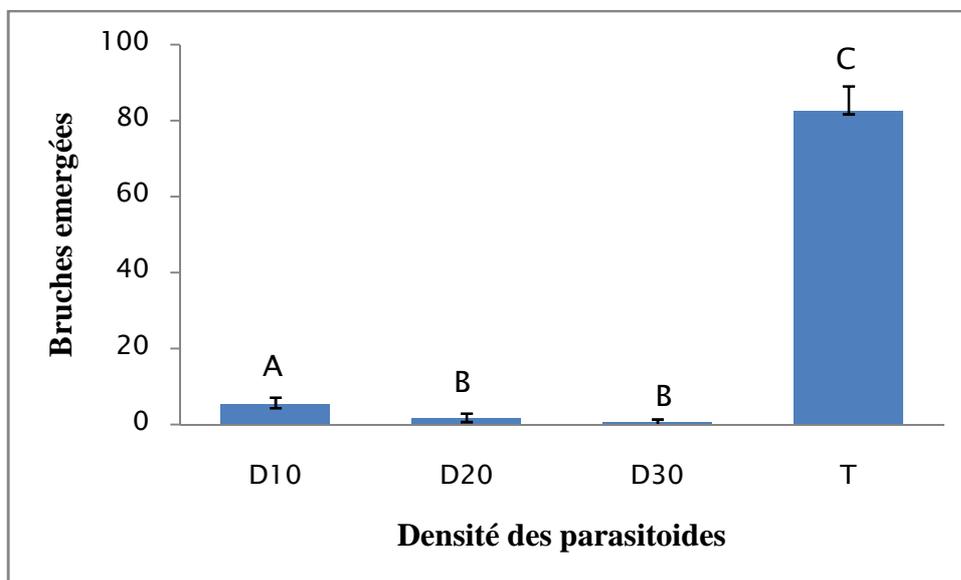


Figure 18: Variation des effectifs moyens des bruches émergées en fonction de la densité des parasitoïdes introduits. Les lettres correspondent aux groupes homogènes de l'analyse Anovas de différent traitement

1-2-Taux de réduction des bruches

L'introduction des parasitoïdes dans les traitements après trois semaines a montré une réduction du nombre de bruches par rapport au témoin. Le taux de réduction augmente proportionnellement avec la densité des femelles introduite (ANOVA: ddl= 2; pr > f = 0,114 ; f = 3,185). Nous constatons que pour les trois lots, la densité D30 a enregistré le taux de réduction le plus élevé (99,19%). (Fig, 19).

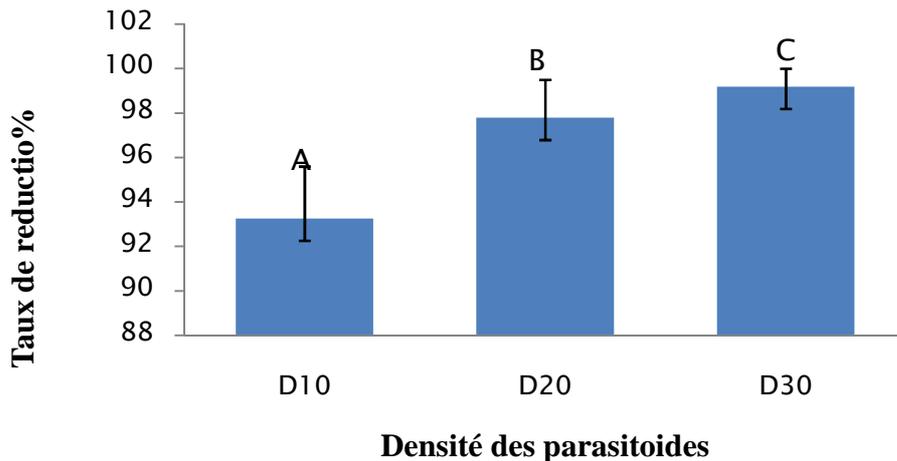


Figure 19: Variation du taux de réduction des bruches en fonction de la densité des femelles parasitoïdes introduites, trois semaines après introduction. Les lettres correspondent aux groupes homogènes de l'analyse Anovas de différent traitement

1-3-Taux de parasitisme

Les résultats présentés dans la figure 20, montrent que le taux de parasitisme augmente avec la densité des femelles introduite (ANOVA: ddl =2 ; $pr > f = 0,036$; $f = 6,053$). Le taux de parasitisme le plus élevé est de 98,37% enregistré dans le lot où sont introduites 30 femelles.

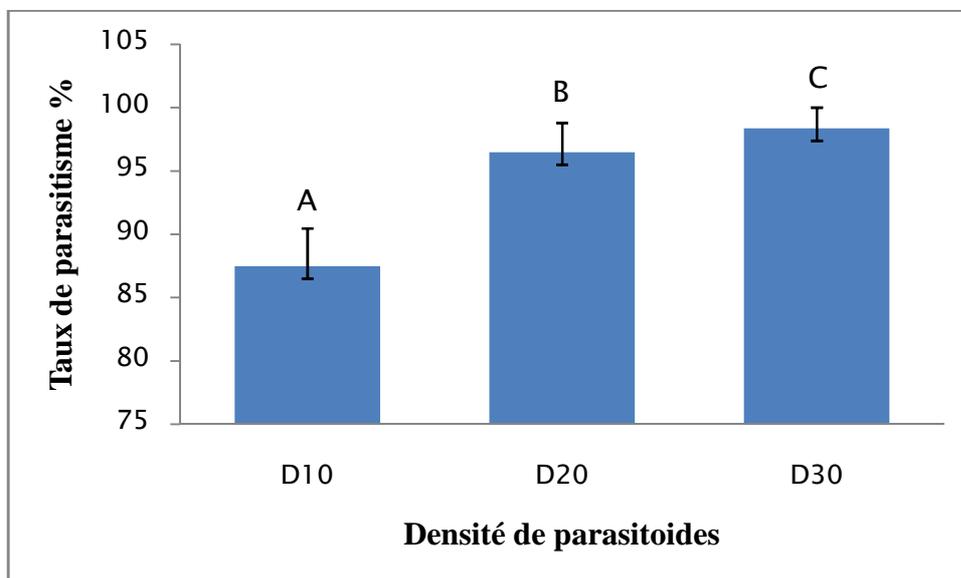


Figure 20: Variation du taux de parasitisme en fonction de la densité des femelles parasitoïdes introduites, trois semaines après introduction. Les lettres correspondent aux groupes homogènes de l'analyse Anovas de différent traitement

1-4-L'effectif des parasitoïdes émergents

Les résultats correspondants à l'effectif des parasitoïdes sont illustrés dans la figure N°21, ils indiquent que trois semaines après l'introduction des parasitoïdes, l'effectif moyen des parasitoïdes émergents est proportionnel à la densité des femelles introduites. L'analyse de la variance montre qu'il n'y a de différence significative entre les lots où sont introduites 20 et 30 femelles (même groupes homogène). (ANOVA: ddl= 2 ; $p > f = 0,211$; $f = 2,037$).

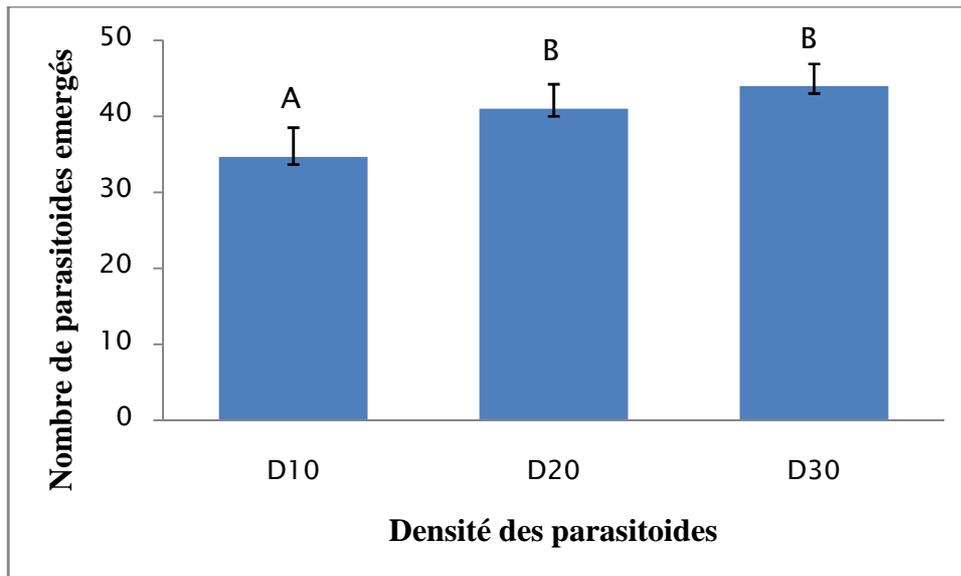


Figure 21: Variation des effectifs moyens des parasitoïdes émergées en fonction de la densité des parasitoïdes introduits. Les lettres correspondent aux groupes homogènes de l'analyse Anovas de différent traitement.

1-5-Sex-ratio

Le tableau ci-dessous indique que le sex-ratio est toujours biaisé en faveur des femelles, qu'elle que se soit la densité des parasitoïdes introduits (ANOVA : ddl= 2 ; $p > f = 0,249$; $f = 1,767$).

Tableau II : Variation du sex-ratio en fonction des densités des parasitoïdes introduits.

Densité d' <i>A.calandrae</i>	Sex-ratio
D10	0,64
D20	0,63
D30	0,67

DISCUSSION

1- Activité de ponte et fertilité des femelles d'*A. calandrae*

Les résultats de l'activité reproductrice des femelles d'*A. calandrae*, montrent qu'elle présentent une activité de ponte très importante. L'analyse quotidienne de la ponte des femelles révèle qu'elle se déroule en trois phases, Ceci est observé chez *Lariophagus distinguendus* (Bellows, 1985) et *Eupelmus vuilleti* (Amevoin, 1998). Durant la première phase la ponte des femelles est très faible, cela est également observé chez plusieurs espèces synovigénique tels qu'*Eupelmus vuilleti* (Amévoin, 1998), et *Dinarmus basalis* (Gauthier, 1996).

Les décisions de ponte prises par les femelles parasitoïdes durant l'exploitation d'un hôte doivent répondre aux facteurs physiologiques, comme le nombre d'œufs matures en rétention, le type de reproduction et aux facteurs environnementaux, comme la qualité de l'hôte et la présence d'une femelle conspécifique (Vinson, 1976 ; Mangel, 1987 ; Godfray, 1994). Les femelles utilisées dans nos expérimentations exploitent le patch seules, le nombre d'hôtes et les conditions d'élevage sont standardisés, ce qui explique qu'à l'émergence les femelles possèdent qu'un nombre réduit d'œufs matures mais en produisent tout au long de leur existence. Les parasitoïdes **synovigéniques** selon Jervis et Kidd (1996), sont des insectes qui réalisent des phases de vitellogenèse durant toute leur vie. Les femelles vont utiliser pour ces phases de vitellogénèse et en particulier pour la synthèse de vitellogénine des réserves provenant de l'alimentation larvaire et également de l'alimentation imaginaire. Ces aliments proviennent :

- ✓ Soit de l'environnement : les femelles se nourrissent essentiellement du nectar ou d'autres liquides sucrés rencontrés dans la nature ;
- ✓ Soit de l'hôte : les femelles utilisent l'hémolymphe de l'hôte qui leur apporte des aliments riches en protéines.

Dans notre travail nous avons observé que la ponte n'a pas eu lieu sur les gélules contenant des traces de tubes alimentaires, les hôtes enfermés dans ces gélules sont probablement destinés à la nutrition (host-feeding).

Durant toute leur vie (17jours), les femelles ont pondu un totale de 973œufs. Sur une seule larve, on a pu observer jusqu'à 11 œufs, mais seulement un seul individu qui atteint le stade adulte, ce qui conduit à un nombre de descendants faible par rapport au taux de fécondité, cela peut probablement être lié aux fait qu' *A. calandrae* est un parasitoïde

solitaire. Chez les espèces solitaires un seul individu émerge, les individus surnuméraires sont éliminés soit par combat larvaire ou par suppression physiologique. Labeyrie et Rojas-Rousse, (1985), suggèrent que, la compétition larvaire en permettant l'élimination d'individus moins compétitifs, permettrait le maintien d'une population de parasitoïdes à haute valeur adaptative.

Godfray, (1994) a noté que les hyménoptères parasitoïdes sont des espèces haplodiploïdes se reproduisant par parthénogenèse arrhénotoque. Ainsi, les mâles sont issus d'œufs non fécondés quant aux femelles, elles sont issues d'œufs fécondés. Ce système de reproduction permet aux femelles de ces espèces, de choisir le sexe des œufs qu'elles pondent et donc d'ajuster leurs sex-ratios de ponte. Nos résultats indiquent que le sex-ratio est toujours biaisé en faveur des femelles. Conformément à (Hamilton 1979, Waage 1986), une femelle seule pondant dans un patch d'hôtes sains, devrait pondre juste assez de fils pour inséminer toutes ses filles. Le sexe ratio devrait donc être très fortement biaisé en faveur des femelles

Pour maximiser leur fitness, les femelles parasitoïdes peuvent ajuster le sex-ratio de leur descendance en fonction des conditions du milieu, la théorie de la " locale mate compétition" (Hamilton, 1979), explique l'influence de la présence des hôtes parasités et des femelles congénères dans le milieu sur le sex-ratio de la descendance des parasitoïdes (Godfray, 1994); la plus part des femelles parasitoïdes pondent beaucoup plus d'œufs non fécondés (mâles) sur les hôtes de petite taille et aussi sur des hôtes parasités (Charnov et al.,1981). Nos résultats montrent que le sex-ratio chez *A.calandrae* est toujours biaisé en faveur des femelles quel que soit leur âge, cela peut dépendre de la qualité de l'hôte fournie. Ceci est aussi observé chez le parasitoïde *Opius concolor* (Hyménopterae : braconidae), d'après d'Avilla et Albajes (1984), le sex-ratio de cette espèce est biaisé en faveur des femelles, et il est indépendant de l'âge des femelles introduites mais dépend de la qualité de l'hôte fournie.

2- Effet de l'introduction des parasitoïdes sur les populations de bruches

Un essai de contrôle des populations de bruches en situations expérimentales a été réalisé avec les deux parasitoïdes afin d'étudier l'évolution des populations de bruches ainsi que celle des parasitoïdes dans des conditions climatiques similaires à celles qui règnent dans les stocks. Nous avons introduit le parasitoïde *A.calandrae* avec des densités de couples (10, 20, 30) dans des boîtes contenant 200 larves (L4) de bruches.

Les résultats obtenus après introduction des femelles parasitoïdes sur les populations de bruches *C.maculatus*, montrent que le parasitoïde *A.calandrae* a engendré une diminution de l'effectif de bruches émergents. Notre résultat s'accordent avec les travaux de (Ngamo et al 2007 ; Chaisaeng et al ,2009 ; Benkhellat et al ,2015b), tout ces auteurs confirment l'efficacité de cette espèce à contrôler les populations de *C.maculatus*. Les travaux de Perez-Mendoza et al, (1999) ainsi que Riudavets (2002), affirment aussi l'efficacité de cette espèce sur les populations du charançon du riz *Sitophilus oryzae* .

Lorsque *C. maculatus* se développe sans parasitoïdes, le nombre de descendants obtenus à partir de 200 larves est de 82.86 individus en moyen, l'introduction des parasitoïdes à réduit les effectifs de bruches jusqu'à 0,7 individu. Les travaux de Benkhellat et al.,2015b, où ils ont introduits des densités modérées de femelles d'*A.calandrae* (2,4,8), indique aussi que les effectifs des bruches émergeant diminue en fonction de la densité des femelles introduites traduisant ainsi le potentiel de cette espèce à contrôler *C.maculatus*

Dans nos expérimentations, les taux de parasitisme et de réduction les plus élevés sont enregistrés avec la densité 30 femelles et ils sont respectivement 98,37% et 99,19%, dans les travaux de Benkhellat et al.,(2015b), ils ont enregistré avec la densité 8 femelles un taux de parasitisme de 52,30% et un taux de réduction des bruches de 67,14%, ceci explique que l'action d'*A.calandrae* augmente avec la densité des femelles introduite.

L'évolution de l'effectif de parasitoïdes émergents au cours du temps marque une augmentation considérable puis reste inchangé, cela est en fonction de la densité de parasitoïdes introduits dans le traitement. Nous avons obtenu dans le traitement avec la densité D10 34 individus qui augmentent jusqu'à 44 individus dans le traitement avec la densité D30. Les résultats obtenus dans les travaux de Benkhellat et al., (2015b), montrent que l'effectifs des parasitoïdes varie en fonction de la densité des parasitoïdes introduits, mais ils ont enregistré au moyen 102 individus dans le traitement avec 8 femelles.

Cet effectif est très élevé par rapport à nos résultats, ceci peut s'expliquer par :

1- Les conditions d'expériences différentes, ils ont utilisé 300 larves et cinq répétitions pour chaque traitement, par contre nous avons utilisé 200 larves avec trois répétitions.

2- Les conséquences de la compétition larvaire. Dans nos résultats sur la fécondité des femelles nous avons trouvé qu'une femelle peut pondre jusqu'à 192 œufs quand elle exploite le patch toute seule. L'espèce *A.calandrae* est un éctoparasitoïde solitaire, il possède une grande capacité de dispersion, c'est-à-dire que les femelles après avoir parasité les hôtes sains

et le quittent rapidement pour en chercher des nouveaux hôtes sains dans les stocks, à défaut de rencontrer des hôtes sains elles ont tendance à superparasiter les hôtes déjà parasités ce qui va engendrer le phénomène de superparasitisme (Benkellat et *al*, 2015 a). La stabilité apparente de l'effectif était probablement due au superparasitisme causé par une mortalité élevée pendant le développement larvaire sur les populations de bruches, des effets similaires de la densité de parasitoïdes ont été signalés pour *Muscidifurax zarapter* (Hymenoptera: pteromalidae) qui est un parasitoïde solitaire de la mouche domestique *Musca domestica*.(Wiley,1979).

3- Ou bien, la conséquence de la compétition par interférence entre les femelles introduites, la densité élevée des femelles et (20 et 30) et le nombre d'hôtes fourni peut aussi expliquer le faible effectif des parasitoïdes émergés. Lorsque plusieurs femelles exploitent simultanément le même patch, elles peuvent interférer les unes avec les autres par des combats physiques. L'interférence chez les parasitoïdes est une diminution de l'efficacité de recherche en relation avec la densité des parasitoïdes (Goubault, 2003)

La variation du sex-ratio en fonction de la densité des parasitoïdes utilisée indique qu'il est toujours biaisé en faveur des femelles. Le modèle de Hamilton (local mate competition), prédit que les femelles parasitoïdes modifient le taux sexuel de leurs descendances en fonction du nombre de femelles conspécifiques dans un même patch. Quand le nombre de femelles augmente dans le patch, les femelles augmentent le taux sexuel en faveur des mâles (Hamilton, 1979). Ceci n'est pas le cas dans nos résultats, puisque malgré que la densité élevée des femelles ,le sex- ratio est toujours biaisé en faveur des femelles. Nos expérimentations ont été réalisées dans des conditions standardisées et la quantité ainsi que la qualité de l'hôte fournie étaient fixées (L4), ce qui explique le sex-ratio qui est biaisé en faveur des femelles, Amevoin (1998), a aussi noté qu'en fixant la qualité des hôtes le taux sexuel est en faveur des femelles chez *Eupelmus vuilleti*.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

Notre travail d'expérimentation qui consiste à utiliser des ennemis naturels, contribue dans le cadre de la conservation des gaines de Niébé stockées et a pour objectif d'évaluer l'efficacité de parasitoïde *Anisopteromalus calandrae* utilisé contre les populations du *C.maculatus*. La durée du développement des espèces parasitoïdes joue un rôle important dans la lutte biologique contre les ravageurs, la courte durée de vie d'un auxiliaire constitue un des critères de choix d'une espèce en contrôle biologique. Nous avons remarqué au cours de ce travail qu'aux conditions de 30°C et 70% d'humidité la durée de développement d'*A.calandrae* (12 -13 jours). Cette caractéristique d'*A.calandrae* lui permet d'avoir un plus grand nombre de générations par an, c'est ce ployvoltinisme poussé qui explique en partie, l'efficacité d'*A. calandare* en contrôle biologique.

Dans la première partie nous avons fait un suivi de la ponte des femelles d'*A. calandre* durant leur cycle de vie, en adoptant un système de graine artificielle. Les résultats montrent qu'*A. calandrae*, possède des capacités parasitaires importante et engendre beaucoup de descendants.

En deuxième partie nous avons étudié l'effet de l'introduction d'*A. calandre* sur la population de bruche *C. maculatus*. Dans des conditions de laboratoire standardisées, nous avons montré que les femelles d'*A. calandrae* on l'a capacité de parasiter et de réduire l'effectif de bruche émergeant jusqu'à atteindre un taux de parasitisme (98,37%) et de réduction (99,19 %), ce comportement inscrit l'ectoparasitoïde solitaire *A. calandrae* parmi les agents potentiels de lutte.

Les résultats obtenus après l'introduction des parasitoïdes dans une population de bruche montrent qu'*A.calandrae* affecte certes l'effectif des bruches émergées, mais aussi la descendance du parasitoïde lui-même, puisque nous avons obtenus le même effectif dans la densité D20 et D30. Comme ce parasitoïde est solitaire il est certain que la compétition intraspécifique a été défavorable, puisque il ya qu'un seul individu qui émerge et les individus surnuméraires sont éliminés au cours du développent larvaire. Cependant la compétition intra spécifique n'a influencé le sex-ratio de la descendance puisque il est toujours biaisée en faveur des femelles. Il est clair qu'*A. calandrae* avec son potentiel de reproduction très important, pourrait contrôler l'infestation du niébé par la bruche, le succès de ce contrôle dépend aussi de la densité de femelles introduites dans le niébé infesté.

Conclusion générale et perspectives

Perspectives

À la lumière de tous les résultats obtenus par notre travail, de nombreuses perspectives peuvent apparaître au niveau de l'étude des mécanismes de lutte biologique en utilisant des hyménoptères parasitoïdes contre les ravageurs des stocks :

Plusieurs avenues de recherches doivent se dessiner à la suite de la présente étude, il serait judicieux de mieux comprendre les stratégies comportementales utilisées par ces parasitoïdes, et s'y intéresser afin de mieux comprendre comment les femelles exploitent les hôtes et les patches dans les stocks

Il semble désormais important d'effectuer d'autres travaux pour préciser les conditions d'application de ce parasitoïde et comment le prendre en compte dans la gestion intégrée des ravageurs à grains stockés en évitant les produits chimiques.

L'Algérie est un pays à grande consommation des céréales, il est donc primordial d'adopter un tel système de lutte et l'élargir sur d'autres ravageurs des denrées stockées, pour une mise au point d'une lutte non polluante qui s'avère intéressante sur le plan agronomique, économique et environnementale.

Références bibliographiques

A

ALI R ET MUZQUIZ M., 1998. ANFs in tropical legume seeds for human nutrition. In Jansman AJM, Hill GD, Huisman J. Vander poell AFB. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and reseed, pp.207-213.

AMEVOIN K., 1998. Activités reproductrices et réponses comportementales de *Dinarmus basalis* (ROND) et *Euplmus vuilleti* (Craw) en presence de leur hôte *Callosobruchus maculatus*(FAB) en zone guinéenne au togo . Thèse doctorat .Togo . 152 P.

ANOUN M ET CHIKH K., 1990. Etude bio systématique d'une légumineuse saharienne : Le Tadelaght. Mémoire Diplôme des Etudes Supérieure U. T. H. B. 75 P.In AMARI N., 2014.

ARBOGAST R.T., MULLEN M.A., 1990. Interaction of maize weevil (Coleoptera : Curculionidae) and parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: pteromalidae) in a small bulk of stored corn. *J. Eco. Ento.* 83, pp: 2462-2468.

ASKEW R.R., (1971). Parasitic hymenoptera, p.113-184 .In parasitic insects Heinemann educational book Ltd .(Ed) London .316 P .

AVILA J., ALBAJES R., 1984. The influence of female age and host size on the sex ratio of the parasitoid *Opius concolor*. *Ento .Exp .Appl.* 35, pp: 43-47.

B

BACH P., 1964. Biological control of insect pests an weeds:chapman hall Ltd.London. 844 P.

BALACHOWSKY A.S., 1962. Entomologie appliquée à l'agriculture, les coléoptères. Ed. Masson et Cie, Paris, T1. 564 P.

BELLOWS T.S.Jr., 1985. Effect of host and parasitoid age serch behaviour and oviposition rates in *Lariophagus distinguendus* (Hyménoptera : Pteromalidae). *Res.p.Ecol.* 27: pp: 65 – 76.

BENKHELLAT O., JALOU B., MOALI A., 2015a. Host discrimination and egg laying in *Anisopteromalus calandrae* (hymenoptera: pteromalidae) ectoparasitoid of *callosobruchus maculatus* (coleopterae: chrysomelidae). *j. stored prod. Res.* 61:48-53.

Références bibliographiques

BENKHELLAT O., MONGE J.P., MOALI A., 2015b. The use of parasitoids *Anisopteromalus calandrae* and *lariophagus distinguendus* for the control of the cowpea seed beetle *callosobruchus*. In proceeding of the 7th international working conference on stored product protection. IOBC-WPRC Bulletin. 111: 359-399.

BENKHELLAT O., 2016. Capacités de discrimination des hôtes chez deux hyménoptère parasitoïdes solitaires et étude du potentiel de suppression des populations de bruches en situation de compétition. Thèse de doctorat. Université A.Mira.Bejaia. 98 P.

BOUDOIN J P ., 2001. Contribution des ressources phylogénétiques a la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicale biotechnologie agronomie société et environnement .5(4) : pp: 221-230.

BOVIN G., 2001. Parasitoïdes et lutte biologique : paradigme ou panacée In :Vertigo – la revue électronique en science de l’environnement [En ligne].

C

CAVAILLES E .2009.La relance des légumineuses dans le cadre d’un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ?étude et document France. 44 P.

CASWELL G. H. 1960. The infestation of cowpea the western region of Nigeria. Tropical sciences 3: 154 – 158.

CASWELL G.H., 1981. Damage to stored cowpea in the Northernpart of Nigeria.Samaru .J. Agri .Res1: pp: 1-11

CHAINSAENG P., CHONGRATTANAMETEEKUL W., VISARATHANONTH P., VAJARASATHIARA., 2010. Laboratory studies on control of the maize weevil *sitophilus zearnais* by the parasitoid *Anisopteromalus calandrae*. Science Asia. 36, pp 6-11.

CHUNG G.H., NELSON R.L ET SINGH R.J., 2007. Landmark research in legumes N R S Res .Press pp: 525 – 537.

CLOUTIER C., CLOUTIER C., 1992 .Les solutions biologique de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures .In : Vincent C et Corderre D (éd) La lutte biologique ..Gaëtan Morin Ed. , boucherville. PP: 19-88

CORDONNIER C., 2009 : Les légumineuses bonnes pour le cœur. Article 20. Recherche Google : Les légumineuses / H T M. 123 p.

Références bibliographiques

D

DEBACH P., ROSEN D., 1991. Biological control by natural enemies .Cambridge University Press, Cambridge. pp :203-213.

DELOBEL A ET TRAN M., 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Ed. ORSTON. pp :312 – 316.

DIOP Y.M., MARCHOINIE BA. D ET HASSELMAN C., 1997. Radiation desinfestation of cowpea seeds contaminated by *Callosobruchus maculatus*. J. f. P. P. 21 (1): 69 – 81.

DONGRET K., RANANAVAR H.D ET DESSAS R.P., 1997. Influence of gamma radiation on oviposition and egg viability of *Callosobruchus maculatus* (F.) and grain loss in mung bean storage. J. N. Agro. Biol. 26 (3): 161 – 165.

DOUMAINDJI A., DOUMAINDJI S., DOUMAINDJI B., 2003. Cours de technologie des céréales. Ed. Office des publications Universitaires Ben-Aknoun-Alger. pp: 01-20.

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

E

EGGLETON P ET GASTON K .J., 1990. "Parasitoid" species and assemblages: convenient definitions or misleading compromises ,*Oikos*. 59, pp :417-421.

F

FAO., 2009 a. Insect pests of stored grains in hot climates. <http://www.fao.org/giews/>. Consulté le 10 .03.2017.

FAO., 2009 b. Special report FAO/WFP Crop and Food security assessment Mission to Ethiopia (Phase 1). <http://www.fao.org/giews>. Consulté le 10 .03.2017.

FAUVREAU J., 1998. Inventaire des problèmes de conservation des grains et des produits bruts non transformés. ANDP. pp: 2 – 16 .

FLEURRAT – LEUSSARD F., 1978 : Autres méthodes de lutte contre les insectes et acariens des denrées stockées. Coed. AFNOR. I.T.C.F. Paris. pp: 67 – 81.

FLEURAT– LESSARD F., 1980. Enquête sur l'état sanitaire des stocks de grains en France. Deuxième partie : Les résultats. *Bulletin technique* d'information du ministère de

Références bibliographiques

l'agriculture, N° 349, pp: 271-280.

G

GAUTHIER N., MONGE J.P ET HUIGNARD J., 1996. Superparasitism and host discrimination in the solitary ectoparasitoid *Dinarmus basalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 79, pp: 91-99.

GEORCHIOU G.P., 1987. insecticide resistance: the tephritidae next, pp: 27-40, in fruit flies (proceedings of the second international symposium, 16-21 sept. 1986), edited by a.p.economopoulos. colymbari, crete, greece.

GLITHO I.A., TCHAMOU K.S., TCHOKOSSY E., 1995. essai de lutte biologique contre *callosobruchus maculatus* (coelopters :bruchidae) déprédateurs du niébé (*vigna unguiculata* walp).15 conférence de wasa , sep ,1995 ,cape coast ,ghana. pp: 18-22.

GODFRAY H J C. 1994. Oviposition behavior. in: parasitoids, princeton university press (ed.). princeton, new jersey. PP: 83-149.

GOUBAULT M., (2003). Exploitation des hôtes chez un hyménoptère parasitoïde solitaire : conséquences adaptatives de la compétition intraspécifique sur les Stratégies comportementales des femelles. L'Université de rennes 1.194P.

GROOT I., 2004. Protection des céréales et des légumineuses stockées. agrodok 18.90-77073-88-4. wageningen.74 p.

GUEGUEN M ET CERLETTI S., 1994. Proteins of some legumes seeds: soy bean, pea, faba beans and lupin. in: b.j.f. ed. hudson, *new and developing sources of food proteins* chapmann and hall, usa. PP: 145-193.

GWINNER J., HARMISCH R ET MUER., 1996. manuel sur la manutention et la conservation des graines après récolte ed. gt2. Esehborn. 368 p.

H

HAMILTON W. D., 1979. Wingless and fighting males in wasps and others insects. In: Sexual Selection and Reproductive competition in insects. Blum, M. S. & N. A., Blum (Ed.). Academic Press, New-York. pp: 167-220.

Références bibliographiques

HUIGNARD J., 1996. Biological control of bruchidae insect pest of cowpa in West Africa. Rapport de la C.E.E. 78 P.

HUIS A., ROOY M., 1998. The effect of leguminous plant species on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) and its egg parasitoid *Uscana lariophaga* Hymenoptera : Trichogrammatidae). Bull. Entomol. Res. 88, pp: 93 - 99.

I

ISLAM W., 1993. The biology of *Anisopteromalus calandrae* How., ectoparasitoid on *callosobruchus chinensis* L. Bangladesh journal of Zoology. 21, pp: 123-132.

ISLAM, W ET NARGIS A., 1994. Control of the pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (L.), in warehouse by a parasitoid, *Anisopteromalus calandrae* (How.). International Pest Control, 36, pp: 72-73.

J

JALOUX B., 2004. La discrimination interspécifique par *Epelmus Vuilleti* (Hymenoptera : Eupelmidae) des hotes parasités par *Dinarmus basalis* (Hymenoptera : pteromailidae). Thèse de Doctorat, Tours, 161 P.

JACKAI L.E.N ET DAOUST R.A., 1986. Insect pests of cowpea. Ann. Rev. Entomol. 31, pp :95-119.

JEANNQUIN B., DOSBA F., AMIOT., CARLIN ET COREL., 2005. Les fruits et les légumes .ed Prons. 72 P.

JERVIS M. ET KIDD N. (1996). Insect natural enemies: practical approaches to their study and evaluation. Jervis M. & Kidd N. (Eds.). Chapman and Hall, London.

K

KARBACHE F., 2009 : Effet entomotoxique de quelques variétés de haricot (*Phaseolus vulgaris*) sur la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera, Bruchidae). Mémoire magister. E.N.S agro Harrach Alger. 115 P.

KEITA S.M., VINCENT C., SCHKIT J.P., RRAMASWAMY S et BELANGER A., 2000: Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera : Bruchidae). Journal of stored products research. 36(4) : pp: 355 – 364.

Références bibliographiques

KEITA S.M., VINCENT C., SCHMIDT J.P., AMASON J.T ET BELANGER A., 2001. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.)(Coleoptera: Bruchidae). J. Stored Prod. Res. Vol. 37, pp: 339-349.

KHALFI W., 1983 : Biologie de la reproduction de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae), effet de trois insecticides de synthèse sur la reproduction. Thèse d'Ing. En Agro. I. N. E. S. Biologie. Tizi – Ouzou. 86 P.

KITCH L.W ET NTOUKAM G., 2006. Bulletin technique 3 du CRSP: Airtight storage of cowpea in triple plastic bags (Triple bagging). Institut de recherche agronomique du Cameroun. 53 P.

L

LABEYRIE V ET ROJAS-ROUSSE D., 1985. Superparasitism reconsidered: Is it an adaptative competition, The exemple of *Diadromus pulchellus*. *Experientia*. 41, pp :15-17.

LEBRETON S., 2009.stratégies de ponte en situation de compétition chez une guepe parasitoïde. Thèse de doctorat Université François –Rabelais de Tours ,France. 43 P.

LEE R.E., LEE M.R., STRONG G ET GUNDRESON G. M., 1993. Insect cold hardiness indices nucleating active micro – organism including their potential use for biological control. J. Insect. Phys. 39 (1): pp: 1 – 12.

LIENARD V., SECK D., 1994. Review of methods used to combat *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: Bruchidae), destroyer of storage cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) in tropical Africa. *Insect Science and its application*, 15(3): pp: 301-311.

M

MANGEL M., 1987. Oviposition site selection and clutch size in insects. *J. Math. Biol.* 25, pp: 1-22.

MARTIN-CABREJAS M.A., ESTEBAN R.M., WALDRON K.W., MAINA G., GRANT G., BARDOZ S ET PUSZTAI A., 1995. Hard to cook phenomenon in beans: Changes in antinutrient factors and nitrogenous compounds during storage. *J. Sci.Food Agri.* 69, pp: 429-435.

Références bibliographiques

MOUMOUNI D.A., DOMMA A., SEMBENE M., 2013. Influence des zones agroécologiques sur les paramètres biologiques de *callosobruchus maculatus* ravageur des graines de niébé (*vigna unguiculata walp*) au Niger. *inter. j. biol. Chim. sci.* 7(5): pp: 1865-1876.

MONGE J. P ET GERMAIN J. F., 1988. Analyse des stimulations issues de la plante-hôte influençant la recherche d'un substrat de ponte et induisant la ponte de *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coléoptère : Bruchidae) : importance des conditions expérimentales. *Insecte Sci. Applic.* 9, pp: 89-94.

MONGE J.P., DUPONT P., IDI A ET HUIGNARD J., 1995. The consequences of interspecific competition between *Dinarmus basalis* (ROND) (Hymenoptera: Pteromalidae) and *Eupelmus vuilleti* (Craw) (Hymenoptera: Eupelmidae) on the development of their host populations. *Acta Oecologia.* 16: 19-30.

MULTON J. L., 1982. Conservation et stockage des gaines et produits dérivés. Céréales, oléagineux, protéagineux, aliment pour animaux. Vol1. Ed. Apia Paris. pp: 405 – 408.

MURDOCK G.P., 1959. Africa: its people and their culture history. Mc. Graw Hill, New York. 456 P.

N

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

NUTO Y., 1995. Synergistic action of co-occurring toxins in the root bark of *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Rutaceae) against the cowpea beetle *callosobruchus maculatus*. PhD thesis, Syracuse, N.Y. 107 P.

O

OBATON M., 1980. Activité nitrate réductase et nitrogénase en relation avec la photosynthèse et les facteurs de l'environnement. *Bulletin ASF.* pp: 55-60.

Références bibliographiques

OKONKWO E.V ET OKOYE W.I., 1992. The control of *callosobruchus maculates (F)* in stored cowpea with dried *ground Ricinus communis (L)* leave in Nigeria trop .pest .Man.,38 (3): pp :237-238.

OMS 2009. Statistiques sanitaires mondiales 2009

OUEDRAOGO A.P., SANON A., SOU S., TRICAULT Y., HUIGNARD J., 1997. La lute biologique contre les coleopteres bruchidae est-il possible dans les systèmes de stockage ? colloque international sur « lutte contre les depredateurs des denrées stockées par les agricultures en Afrique Lomé ,10-14 fevrier 1997.

OUEDRAOGO A.P., SOU S., SANON A., MONGE J.P., HUIGNARD J., TRAN M.D ET CREDLAND P.F., 1996. Influence of the temperature and humidity on population of *Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae)* and its parasitoid *Dinarmus basalis (Pteromalidae)* in two zones of Burkinafasso. Bullt. Entomol. Research. Vol.86, pp. 695-702.

P

POLLET A., 1995. Insectes ravageurs et parasites des légumineuses a graines en Afrique de l'ouest (culture et stock) .rapport scientifique final. Contrat. CCE. ORSTOM . 83 P.

PEREZ-MONDOZA J., BAKER J.E., ARTHUR F.H., FLINN P.W., 1999. Effects of protect-it on Efficacy of *Anisopteromalus calandrae (Hymenoptera: pteromalidae)* parasitizing rice weevils (Coleopteran: Curculionidae) in wheat. *Biol. Control. Environ. Entomol.* 28(3): pp :529-534.

R

REGNAULT-ROGER C., 2002. De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire . *In* : Philogène B.J.R, Regnault-Roger C. & Vincent C., coord. Biopesticides d'origine végétale. Paris : Lavoisier-Éditions Tec et Doc. pp :19-39.

RIDET J.M., 1992. Des protozoaires aux échinodermes. Ed. *Marketing, Paris*, 223 P.

RIUDAUVETS L., 2002. Biological and mechanical control of *sitophilus oryzae (Coleoptera: curculionidae)* in rice. *J. st. Prod. RES.* 38, pp: 293-304.

S

SINGH H.R ET JAKAIL E. N., 1985. Insects pests of cowpea in Africa: their life cycle,

Références bibliographiques

economic importance and potential for control. In cowpea Research, Production and Utilization (Edited by Singh S. R. et Rachie K. O.). pp: 217-231.

T

TOFT PB, ARKANI-HAMED J, STEPHEN E.1998. [The effects of serpentization on density and magnetic susceptibility: a petrophysical model](#) Original Research Article *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, P: 65, Issues 1–2, 1990, pp:137-157.

UTIDA S. 1954. “Phase” dimorphism observed in the laboratory population of the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus*. *Jap. J. Appl. Entomol.* 18: 161-168.

UVAH I.I ET ISHAYA A.T., 1992. Effect of some vegetable oils on emergence, oviposition and longevity of the bean weevil *Callosobruchus maculatus* (F) *Trop .Pest .Man .*, 38(3).pp: 257-60.

V

VAN ALBEEK F.A.N., 1996. Foraging behavior of egg parasitoid *Uscana lariophaga*: towards biological control of bruchid pest in stored cowpea in west Africa. Doctorat, Landbouw university, Wageningen. 176 P.

VAN DRISCHE A., BELLOWS T.S., 1996. Biological control .Chapman and hall , New York , 539P.

VAN HUIS A., 1991. Biological control of bruchid control in the tropics: A review. *Ins.Sct, Apl.* 12, pp: 87-102.

VINSON S. B., 1976. Host selection by insect parasitoids. *Annual Review of Entomology.* 21, pp :109-133.

W

WAAGE J.K., 1986. Family planning in parasitoids: adaptive patterns of progeny and sex allocation. In: *Insect parasitoids* (ed. JK Waage & DJ Greathead),. Academic Press, London. Pp: 63-95.

WHITE N.D.G ET JAYAS D.S. 2001. Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures.

Références bibliographiques

Agriculture et Agroalimentaires. Note technique. Centre des recherches sur les céréales.
Agriculture et Agri Food. Canada. 43 P.

WILEY H.G., 1979. Sex ratio variability of *Muscidifurax zaraptor* (Hymenoptera, Pteromalidae). Can Entomol. 111: 105-9.

Résumé

« L'utilisation des parasitoïdes dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées »

Ce travail qui consiste à utiliser des ennemis naturels, contribue dans le cadre de la conservation des graines de Niébé stockées et a pour objectif d'évaluer l'efficacité de parasitoïde *Anisopteromaluscalandrae* utilisé contre les populations de *C.maculatus*. Nous avons étudié en premier lieu l'activité de ponte et fertilité d'*A. calandrae* durant tout le cycle de vie des femelles. Les résultats, montrent qu'*A. calandrae*, possède des capacités parasitaires importante et engendre beaucoup de descendants. Nous avons évalué, dans la deuxième partie, l'efficacité d'*Anisopteromlauscalandrae* sur la dynamique des populations de *C.maculatus* (infestation provoquée expérimentalement) dans des conditions de température et d'humidité proches de celles qui régnaient dans les locaux de stockage. Nos résultats révèlent que les taux de parasitisme et réduction de bruche sont très importants. L'introduction de 30 femelles d'*A. calandrae* dans une boîte contenant des graine infestées par 200 larves de *C.maculatus*, est largement suffisante pour réduire 99,19 % de bruches après 15 jours de stockage. Cela classe ce parasitoïde parmi les agents de contrôle biologique les plus efficaces contre la bruche du niébé.

Mots Clés : Niébé , *Callosobruchusmaculatus*, *Anisopteromaluscalandrae*, contrôle biologique .

Abstract

« The use of parasitoids in the control of pests of stored commodities »

This work, which consists of using natural enemies, as part of the conservation process in the storage of Cowpea seeds and aimed to assess the effectiveness of parasitoid *Anisopteromaluscalandrae* used against the population of the *C.maculatus*. We first studied the spawning and fertility activities of the *A. calandrae* during the lifecycle of the females. The results show that the *A.calandrae*, has a large parasitic capacities and engenders a lot of descendants. In a second part, we evaluated the effectiveness of the *Anisopteromlauscalandrae* on the dynamics of populations of the *C.maculatus* (experimentally induced infestation) in conditions of temperatures and humidity close to those prevailing in storage facilities. Our results show that the rate of parasitism and the reduction of the Bruchids are very important. The introduction of 30 females with *A.calandrae* in a box containing seeds infested by 200 larvae of *C.maculatus*, is more than enough to reduce the bruchids by 99.19% after 15 days of storage. That classifies this parasitoid among the most efficient biological control agents for the cowpeas bruchids.

Key words: Cowpea, *Callosobruchusmaculatus*, *Anisopteromaluscalandrae*, control biological

ملخص

« استعمال الطفيليات في مكافحة ضد متلفي المواد المخزنة »

عملنا هذا الذي يتمحور في استعمال أعداء طبيعيين، يندرج في إطار الحفاظ على بذور الفاصوليا المخزنة و يهدف إلى تطوير فعالية الطفيلي (*Anisopteromalus calandrae*) ضد مستعمرات (*C.maculatus*) لقد درسنا أولاً نشاطي الإنجاب و الخصوبة لدى (*A. calandrae*) خلال دورة حياة الإناث. النتائج تبين أن (*A. calandrae*) تملك قدرات كبيرة على التطفل و التناسل لقد طورنا في الجزء الثاني فعالية (*Anisopteromalus calandrae*) على ديناميكية مستعمرات (*C.maculatus*) (إصابة مسببة تجريبياً) في شروط تجريبية قريبة من شروط أماكن التخزين (حرارة و رطوبة). نتائجنا تثبت أن نسبة التطفل و تقليص السوس جد معتبرة. إدخال 30 أنثى من (*A. calandrae*) في علبة تحتوي على بذور مغزوة من 200 يرقة (*C. maculatus*) جد كافية لتقليص 99.19 % من السوس بعد 15 يوم من التخزين مما يصنف هذا الطفيلي ضمن العملاء الأكثر فعالية في التحكم البيولوجي ضد سوس الفاصوليا.

كلمات مفاتيح: الفاصوليا, *Callusobruchus maculatus*, *Anisopteromalus calandrae*, التحكم البيولوجي.

