

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre**  
**Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences Agronomiques**  
**Spécialité : Production végétale**



Mémoire de Fin d'Etudes pour l'Obtention du Diplôme de Master en Agronomie

# Thème

**Effet de quelques biopesticides sur les insectes ravageurs de la culture de fève en plein champ**

**Présenté par :**

**TAIBOUNI Lwiza**

**BAHLOUL Safia**

**Soutenu Devant le jury :**

**Président :** Mme. ABIDI L.

MCB

UDBKM

**Examinatrice:** Mr. KARAHACANE T.

MCB

UDBKM

**Promotrice:** Mme. TIRCHI N.

MCA

UDBKM

**Co-promoteur:** Mr. BARAKAT A.S.T.

Chercheur

PPRI, Agricultural Research  
Center (ARC), Dokki, Giza, Egypt

**Année universitaire: 2019-2020**

# Remercîments

Il est primordial de remercier ALLAH le tout puissant pour tout ce qu'il nous apporte dans la vie et de nous avoir donné la volonté, la patience et fourni l'énergie nécessaire pour mener à bien ce travail.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent à notre promotrice **Mme. TIRCHI N.** Chef de département d'Agronomie à la faculté SNVST de l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana, nous voulons la remercier pour le temps et la patience qu'elle nous a accordée, pour sa disponibilité, ses conseils précieux et ses encouragements qu'elle nous a prodigués tout au long de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent aussi à notre co-promoteur **Mr. BARAKAT A.S.T.** Chercheurs à l'Institut de Recherches de Protection des Plantes, Centre de Recherches Agronomique, Dokki, Giza, Egypte qui nous a mis en contact avec la société indienne qui nous a fourni les produits à tester et pour sa contribution précieuse pour la réalisation de cette étude.

Nos remerciements vont également à tous les membres de jury, pour avoir accepté d'en faire partie et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire.

Nous remercions **Mr. KARAHACANE T.** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury et juger ce travail, qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.

Nos reconnaissances et remerciements à **Mme. ABIDI L.** D'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos sincères remerciements à la **société indienne M/ST. Stanes and Company Limited** qui nous a fourni les biopesticides à tester.

Nos remerciements s'adressent également **Mr. HOUCINE** de nous avoir aidées dans la zone expérimentale et pour ses conseils.

Nos remerciements vont également à l'ensemble du personnel du laboratoire de recherche de l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana.

Nos vifs remerciements à tous les professeurs du département des sciences agronomiques.

Nous remercions nos familles pour leurs encouragements.

Nos profonds remerciements à tous nos amis et nos collègues de deuxième année Master production végétale.

Enfin, nous remercions toutes les personnes, qui de loin ou de près ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

## Résumé

Cette étude consiste à l'évaluation de l'effet de trois biopesticides à base de champignons (*Beauveria bassiana*, *Verticelium lecani*, *Metarhizium anisopliae*) et un d'origine végétale (Azadirachtin) sur les insectes ravageurs de la culture de fève. L'essai est prévu dans une parcelle expérimentale cultivée en une variété de fève "Aguadulce". La parcelle est divisée en des parcelles élémentaires. Ces dernières sont traitées avec les quatre biopesticides, un produit chimique servant à la comparaison et avec des mélanges préparés avec l'azadirachtin et les trois biopesticides et avec l'azadirachtin et le produit chimique. Une parcelle élémentaire non traitée va servir de témoin. Les paramètres à prendre en considération sont les effectifs des insectes, pucerons et bruches avant et après traitement ainsi que le taux de réduction de l'infestation. L'efficacité de ces biopesticides est aussi évaluée en étudiant leur influence sur le rendement de la culture.

**Mots clés :** biopesticides, fève, insectes ravageurs, rendement.

## Abstract

This study involves the evaluation of the effect of three biopesticides based on fungus (*Beauveria bassiana*, *Verticelium lecani*, *Metarhizium anisopliae*) and one of plant origin, (Azadirachtin) on insect pests infesting faba bean crop. The trial is planned in an experimental plot cultivated with "Aguadulce" variety. The plot is divided into elementary plots. These are treated with the four biopesticides, a chemical that will be used for comparison and with mixtures prepared with Azadirachtin and the three biopesticides and with Azadirachtin and the chemical. An untreated elementary plot will serve as a control. The parameters to be taken into consideration are the numbers of insects, aphids and bruchids before and after treatment as well as the infestation reduction rate. The efficacy of these biopesticides is also assessed by studying their influence crop yield.

**Key words:** biopesticides, faba bean, insect pests, yield.

## المخلص

تناولت دراستنا تقييم تأثير ثلاث مبيدات حيوية تتكون من فطريات (*Beauveria bassiana*, *Verticelium lecani*, *Metarhizium anisopliae*) و واحد نواصل نباتي (Azadirachtin) على الآفات الحشرية التي تصيب زراعة الفول. تمت برمجة التجربة في قطعة ارض تجريبية مزروعة بنوع من الفول "Aguadulce". القطعة مقسمة إلى قطع أولية. تتم معالجة الأخيرة بالمبيدات الحيوية الأربعة ، مبيد كيميائي للمقارنة و بخلائط محضرة ب Azadirachtin والمبيدات الحيوية الثلاثة و Azadirachtin والمبيد الكيميائي. قطعة أولية غير معالجة تعد كشاهد. العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار هي عدد الحشرات، المن وخنافس الفول قبل وبعد العلاج وكذلك نسبة انخفاض الإصابة. كان لا بد من تقييم تأثير استخدام هذه المبيدات الحيوية من خلال دراسة تأثيرها على المردود.

**الكلمات المفتاحية:** المبيدات الحيوية ، الفول ، الآفات الحشرية ، المردود.

## LISTES DE FIGURES

<b>Figure 1</b> : Fleures de <i>Vicia faba</i> .....	<b>5</b>
<b>Figure 2</b> : Fruits de <i>Vicia faba</i> .....	<b>5</b>
<b>Figure 3</b> : Variétés de la fève ( <i>V. faba</i> major L.) et la féverole ( <i>V. faba</i> Minor) présentes en Algérie.....	<b>7</b>
<b>Figure 4</b> : Principales maladies fongiques de la fève.....	<b>13</b>
<b>Figure 5</b> : Morphologie du puceron.....	<b>16</b>
<b>Figure 6</b> : Cycle de vie d'un puceron.....	<b>17</b>
<b>Figure 7</b> : Prédateurs du puceron.....	<b>22</b>
<b>Figure 8</b> : Différents stades de <i>Bruchus rufimanus</i> .....	<b>25</b>
<b>Figure 9</b> : Le cycle de vie de <i>B. rufimanus</i> .....	<b>27</b>
<b>Figure 10</b> : Localisation de lieu expérimental.....	<b>37</b>
<b>Figur11</b> : Fiche technique de la variété Aguadulce .....	<b>38</b>
<b>Figure 12</b> : Parcelle expérimentale de l'Université Djilali Bounaama.....	<b>40</b>
<b>Figure 13</b> : Schéma du dispositif expérimental	<b>40</b>
<b>Figure 14</b> : Schéma représentant le traçage des parcelles élémentaires.....	<b>41</b>
<b>Figure 15</b> : Préparation des sillons avec une charrue à 3socs.....	<b>42</b>
<b>Figure 16</b> : Semis en ligne.....	<b>42</b>
<b>Figure 17</b> : Produit fertilisant "water soluble fertilizer". .....	<b>43</b>
<b>Figure 18</b> : Puceron noir de la fève.....	<b>43</b>
<b>Figure 19</b> : Sitone de la fève et ses dgâts sur les feuilles .....	<b>44</b>
<b>Figure 20</b> : Bruche de la fève <i>Bruchus rufimanus</i> .....	<b>44</b>
<b>Figure21</b> : Lixe poudreux de la fève.....	<b>44</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Production (qx) des différentes cultures des légumineuses pendant la campagne agricole 2018/2019 dans la région d'Ain Defla.....	<b>10</b>
<b>Tableau 2</b> : Biopesticides utilisés pour l'essai.....	<b>39</b>

# SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction Générale..... 1

## Partie bibliographique

Chapitre I: Données bibliographiques sur la plante hôte : *Vicia Faba*..... 3

Introduction..... 3

I.1. Origine et la répartition géographique ..... 3

I.2. Position Systématique ..... 3

I.3. Description Botanique..... 3

I.3.1. Les racines ..... 4

I.3.2. La tige ..... 4

I.3.3. Les feuilles ..... 4

I.3.4. Les fleurs..... 4

I.3.5. Les fruits..... 5

I.3.6. Les graines..... 5

I.4. Variétés de *V. faba* en Algérie..... 5

I.4.1. La Séville ..... 6

I.4.2. L'Aguadulce ..... 6

I.4.3. La Muchaniel..... 6

I.4.4. La Fèverole ..... 6

I.4.5. La Sidi-Moussa ..... 6

I.5. Biologie et phénologie..... 7

I. 5.1. Phase de germination..... 7

I.5.2. Phase de développement ..... 8

I.5.3. Phase de reproduction ..... 8

I.6. Les facteurs pédoclimatiques influençant le développement de la fève..... 8

I.6.1. Le sol et nutrition minéral ..... 8

I.6.2. La température ..... 9

I.6.3.La photopériode .....	9
I.6.4.L'eau .....	9
I.7.Valeur nutritionnelle de la fève .....	9
I.8.Intérêts de la fève.....	10
I.9.Aspect économique.....	10
I.10.Contraintes de la culture .....	10
I.10.1.Contraintes abiotiques .....	11
I.10.1.1.Froid et gelé .....	11
I.10.1.2.Sécheresse terminale.....	11
I.10.1.3.Chaleur .....	11
I.10.1.4.Salinité .....	11
I.10.2.Contraintes culturelles et socio-économiques .....	11
I.10.2.1.Contraintes culturelles.....	11
I.10.2.2.Contraintes Socio-économique.....	12
I.10. 3.Contraintes biotiques .....	12
I.10. 3.1.Maladies fongique .....	12
I.10.3.1.1. Rouille .....	12
I.10.3.1.2.Botrytis.....	12
I.10.3.1.3.Anthraxnose .....	12
I.10.3.1.4. Mildiou .....	12
I.10.3.2.Maladies virales .....	13
I.10. 3.3. Les ravageurs .....	14
I.10 .3.3.1.Nématodes.....	14
I.10.3.3.2. Insectes.....	14
<b>Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte</b>	
Introduction.....	15
II.1. Puceron : <i>Aphis fabae</i> .....	15
II.1.1.Position systématique .....	15
II.1.2. Description .....	15
II.1.3.Cycle biologique .....	16
II.1.4.Facteurs de développement et de régression des populations de pucerons.....	17
II.1.4.1. Facteurs abiotiques.....	17
II.1.4.2. Facteurs biotiques .....	18
II.1.4.2.2.Rôle de la plante hôte .....	19

II.1.4.2.3. Rôle des ennemis naturels .....	19
II.1.5. Dégâts causés par <i>Aphis fabae</i> sur la fève .....	20
II.1.6. Moyens de lutte .....	21
II.1.6.1. Lutte préventive .....	21
II.1.6.2. Lutte curative .....	21
II.1.6.2.1. Lutte chimique .....	21
II.1.6.2.2. Lutte biotechnique .....	21
II.1.6.2.3. Lutte biologique.....	22
II.2. La bruche .....	23
II.2.1. Position systématique.....	23
II.2.2. Description .....	24
II.2.3. Biologie de <i>Bruchus rufimanus</i> .....	25
II.2.4. Les dégâts causés par le bruche.....	27
II.2.4.1. Pertes pondérales.....	27
II.2.4.2. Pertes de germination.....	27
II.2.4.3. Baisse du rendement.....	27
II.2.5. Méthodes de lutte contre <i>Bruchus rufimanus</i> .....	28
II.2.5.1. Lutte préventive.....	28
II.2.5.2. Lutte curative.....	28
II.2.5.3. Lutte physique .....	28
II.2.5.4. Lutte chimique .....	29
II.2.5.5. Lutte biologique et ennemis naturels.....	29
II.3. Thrips de pois .....	30
II.4. Sitone : <i>Sitona lineatus</i> .....	30

### **Chapitre III : Données bibliographiques sur les biopesticides**

III.1. Définition de biopesticides .....	31
III.2. Les catégories de biopesticides .....	31
III.2.1. Biopesticides microbiens.....	31
III.2.2. Biopesticides végétaux .....	34
III.2.3. Biopesticides animaux .....	35
III.2.4. Avantages .....	36
III.2.5. Contraintes .....	36

### **Partie expérimentale**

#### **Chapitre IV: Matériel et méthodes**

I.1. Objectifs de l'expérimentation .....	37
---	----



I.V2. Lieu de l'expérimentation.....	37
IV.3. Matériel végétal .....	38
IV.4. Biopesticides utilisés.....	39
IV.5. Mise en place de l'essai.....	39
IV.5.1. Parcelle expérimentale.....	39
IV.5.2. Dispositif expérimental.....	40
IV.5.3. Conduite de l'essai.....	41
IV.5.3.1. Préparation du sol .....	41
IV.5.3.2. Semis .....	42
IV.5.3.3. Irrigation et soins culturaux.....	42
IV.5.3.4. Observation et identification des insectes ravageurs apparus dans la culture.....	42
IV.5.3.5. Application des traitements et observations .....	45
IV.5.3.4.1. Application des traitements.....	45
IV.5.3.5.1. Observation des insectes .....	45
IV.5.3.5.2. Observations pour estimer l'effet des traitements sur le rendement.....	45
IV.6. Analyse statistique.....	46

## **Chapitre V : Résultats et discussion**

Résultats antérieurs.....	47
<b>Conclusion.....</b>	<b>49</b>
<b>Références bibliographiques</b>	

### Introduction générale

La culture des légumineuses est une composante importante dans la plupart des systèmes agraires. Ces cultures sont caractérisées par une adaptation facile aux différents milieux, réalisant ainsi, un rôle avancé dans l'alimentation humaine (**Soltiner, 1990 ; Khaldi et al., 2002**). En effet, les légumineuses constituent une source essentielle de protéines pour l'alimentation humaine et animale. Cette famille botanique constitue, en outre, un excellent précédent cultural, grâce à l'aptitude de ses plantes à fixer l'azote atmosphérique en symbiose avec des bactéries *Rhizobia* (**Bargaz, 2012**).

Parmi les légumineuses, la fève est la quatrième culture légumière pratiquée dans le monde après les petits pois, les pois chiches et les lentilles. La fève est cultivée dans environ 58 pays (**Yahia et al., 2012**). Sa superficie mondiale est estimée à 3 millions d'hectares dont plus de 50% se situent en Chine, 20% en Afrique du nord et moins de 10% en Europe (**AbuAmer et al., 2011**).

En Algérie, la fève occupe la première place parmi les légumes secs avec une superficie de 375441ha, soit 48,29% de la superficie totale des légumineuses en 2014 (**Kheloul, 2014**). Cependant, la culture de la fève est sujette à une série de contraintes d'ordre abiotique (sécheresse, gelée), biotique (les insectes ravageurs, les maladies et les plantes adventices) ainsi que socio-économique (**Hamadache et al., 1996**).

La fève (*Vicia faba* L.) abrite une faune entomologique riche et diversifiée, elle est attaquée par plusieurs espèces d'insectes consommant les tiges, les feuilles, la sève et les graines (**Hignardet et al., 2011**). La majorité des insectes nuisibles attaquant les fèves appartiennent aux ordres des Hémiptères et Coléoptères contenant de nombreuses familles dont notamment celle des Chrysomelidae (ex. Bruchidae) (**Stoll, 1988; Delobel et Tran, 1993; Delobel, 1994; Bell et al., 1998; Tapondjou et al., 2002**). Selon **Dedryver (2010)**, les pucerons occupent une place très particulière parmi les ravageurs de la fève. Les particularités biologiques et éthologiques des aphides, notamment leur potentiel biotique prodigieux et leur extraordinaire adaptation à l'exploitation maximale du milieu par leur polymorphisme, en font les déprédateurs majeurs des cultures (**Fouarge, 1990**).

Lors d'une pullulation des ravageurs, des méthodes curatives sont utilisées comme première alternative de lutte. En agriculture, il existe des produits homologués, mais leur non sélectivité rend leur utilisation délicate, du fait de leurs effets néfastes et non intentionnels sur les autres insectes. De plus une utilisation intensive des pesticides s'accompagne de désordres

écologiques et d'apparition de résistances aux plusieurs ennemis de nature qui sont de plus en plus fréquentes. Depuis quelques années, la lutte biologique se développe et de nombreuses initiatives se sont déployées afin de diminuer l'utilisation des produits chimiques (**Meradsi, 2009**). Parmi ces initiatives, la lutte biologique en utilisant les potentialités de certains auxiliaires qu'ils soient prédateurs ou parasitoïdes contre les insectes est souvent utilisée (**Krister, 2008**). De même, l'utilisation de bios pesticides à base de substances naturelles semble être très prometteuse. En effet, la valorisation des plantes aromatiques à effet insecticide prend de plus en plus de l'ampleur au niveau des programmes de recherches dans le monde entier et particulièrement en Afrique. Pour limiter les pertes, ces plantes sont exploitées sous plusieurs formes soit entières, soit sous formes de poudres végétales, d'huiles essentielles, d'huiles végétales ou d'extraits végétaux (**Goucem-Khelfane, 2014**).

D'autres études ont porté sur l'utilisation de microorganismes, notamment les bactéries (**Perez-Garcia et al., 2011**) et les champignons entomopathogènes (**Longa et al., 2009**).

Dans ce contexte, à travers notre étude, l'efficacité de quelques bio pesticides (dont trois sont à base champignons *Verticilium lecani*, *Beauveria bassina*, *Metarhizium anisoplaie* et un d'origine végétale, l'azadirachtin dans la lutte contre les insectes ravageurs de la fève sera évaluée par comparaison à un produit chimique couramment utilisé par les agriculteurs.

# **Partie bibliographique**

**Chapitre I**

**Données bibliographiques**

**sur la plante hôte : *Vicia faba***

## Introduction

La famille des légumineuses est très diverse avec trois sous familles : les Mimosoideae, les Caesalpinioideae et les Papilionoideae (**Doyle et Luckow, 2003**) et compte environ 20 000 espèces (**Gepts et al., 2005**). La sous famille des Papilionoideae regroupe les espèces cultivées les plus importantes économiquement comme le soja, le haricot, le pois, l'arachide, le pois chiche et la fève (**Lazrek Ben-Friha, 2008**).

### I.1. Origine et répartition géographique

La fève *Vicia faba* est une plante potagère cultivée depuis la plus haute antiquité par les Egyptiens, les Grecs et les Romains. Originnaire de Perse, elle tenait dans certaines contrées le rôle du haricot, avant que ce dernier ne soit importé d'Amérique du Sud. Son introduction fut assez récente en Chine, où elle a pris une extension considérable (**Cubero, 1974**).

À partir de son centre d'origine, la fève s'est propagée vers l'Europe, le long du Nil jusqu'en Ethiopie et de la Mésopotamie vers l'Inde. L'Afghanistan et l'Ethiopie deviennent par la suite les centres secondaires de dispersion (**Peron, 2006**).

### I.2. Classification

Selon **Reta Sanchez et al. (2008)**, la fève est classée botaniquement comme suit :

Règne :	Plantae
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Fabales
Famille :	Fabaceae
Sous famille :	Faboideae
Tribu :	Vicieae
Genre :	<i>Vicia</i>
Espèce :	<i>Vicia faba</i> L.

### I.3. Description botanique

La fève est une plante diploïde ( $2n = 12$  chromosomes) et partiellement allogame (**Wang et al., 2012**). Elle est formée d'un appareil végétatif et d'un appareil reproducteur. L'appareil

végétatif comprend : les racines, la tige et les feuilles quant à son appareil reproducteur, il est formé par les fleurs qui sont à l'origine des fruits et des graines.

### **I.3.1. Les racines**

Le système racinaire de *V. faba* est formé d'une racine principale pivotante et des racines secondaires. Ce système racinaire qui peut s'enfoncer jusqu'à 80 cm de profondeur, porte d'une manière plus abondante dans les 30 premiers centimètres des nodosités contenant des bactéries fixatrices d'azote (*Rhizobium leguminosarum*) (Ducetal., 2010).

### **I.3.2. La tige**

La tige est simple, dressée, creuse, de section quadrangulaire et de hauteur généralement comprise entre 0,80 à 1,20 m. Elle est pourvue d'un ou plusieurs rameaux à la base et présentant un type de croissance indéterminé (Duc et al., 2010).

### **I.3.3. Les feuilles**

Les feuilles sont alternes, composée-pennées, constituées par 2 à 4 paires de folioles ovales, sans vrilles, de couleur vert glauque ou grisâtre. Les stipules bien visibles en forme dentées (Chaux et Foury, 1994).

### **I.3.4. Les fleurs**

Les fleurs (Fig.1) sont de type papilionacé, de 2 à 3 cm de long, de couleur blanche, marron ou violette et portent sur chaque aile une macule noire ou marron (Duc, 1997). L'inflorescence est en grappe axillaire de 1 à 6 fleurs. Les fleurs sont constituées d'un calice à 5 sépales, d'une corolle blanche à 5 pétales (la carène, les ailes et l'étendard), de 10 étamines dont 9 sont soudées et libres. L'ovaire est supère et sessile avec 2 à 4 ovules allant parfois jusqu'à 9. La floraison débute en moyenne au niveau du 7<sup>ème</sup> nœud et continue jusqu'aux 20<sup>ème</sup> nœuds suivants (Brink et Belay, 2006).

Girard (1990) rapporte qu'il n'ya pas d'inflorescence terminale ce qui fait que la floraison est en principe indéfinie.

La reproduction chez la fève peut être selon les lignées autogame ou allogame, mais l'activité de butinage des abeilles sur la fève assure une pollinisation croisée et améliore significativement la production de la plante par rapport à l'autofécondation (Benachour et al., 2007).

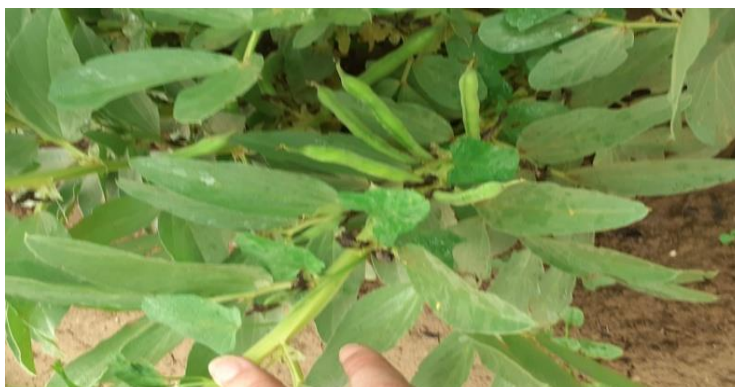
La fève est allogame pour 40 à 60 % de sa floraison, la pollinisation est essentiellement assurée par les bourdons, ce qui engagera à prendre des précautions dans le choix des produits de traitements effectués durant la floraison (**Chaux et Foury, 1994**).



**Figure 1 :** Fleur de *Vicia faba* (**Bitouche, 2015**).

### **I.3.5. Les fruits**

Les fruits (Fig.2) sont des gousses charnues qui peuvent avoir de 10 à 20 cm de long selon les variétés et contenir un nombre variable de graines (4 à 9). A l'état jeune, les gousses sont de couleur verte puis noircissent à maturité (**Chauxet Foury, 1994**). Les gousses sont pourvues d'un bec et elles sont renflées au niveau des graines (**Brink et Belay, 2006**).



**Figure 2:** Fruits de *Vicia faba* (**Original, 2020**)

### **I.3.6. Les graines**

Les graines sont de couleur vert tendre à l'état immature. A maturité complète, elles développent un tégument épais et coriace de couleur brun rouge à blanc verdâtre et prennent une forme aplatie à contour presque circulaire ou réniforme (**Chaux et Foury, 1994**).

## **I.4. Variétés de *Vicia faba***

Les variétés de fève présentes en Algérie sont :



#### **I.4.1. La Séville**

La Séville est une variété précoce présentant une tige de 0,7m de haut. Elle se distingue des autres variétés par la couleur de son feuillage d'un vert assez franc. Ses gousses présentent une largeur d'environ 3cm et une longueur de 25cm, renfermant 5 à 6 grains volumineux (**Laumonier, 1979**).

#### **I.4.2. L'Aguadulce**

L'Aguadulce est une variété demi-précoce, très répandue en culture. Elle est caractérisée par une végétation haute de 1,10 à 1,20m. Ses gousses sont volumineuses, très longues pouvant atteindre 20 à 25cm, renfermant 7 à 9 graines. C'est une variété très productive (**Chaux et Foury, 1994**).

#### **I.4.3. La Muchaniel**

La Muchaniel est une variété très précoce, elle a des gousses de couleur vert clair de 20cm de longueur en moyenne, renfermant 5 à 6 grains. Elle est très productive (**Chaux et Foury, 1994**).

#### **I.4.4. La Féverole**

Selon **Thomas (2008)**, la féverole possède un système racinaire très repoussant et structurant, et de surcroît l'une des plus performantes en matière de fixation de l'azote. La féverole est l'une des espèces les plus utilisées dans les régions montagneuses, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale.

#### **I.4.5. La Sidi Moussa**

La Sidi Moussa est la variété de fève qui convient à tous les types de sol et peut résister aux maladies cryptogamiques (*Botrytis*), aux insectes (*Aphis fabae*), aux plantes parasites (*Orobanchesp.*) et aux nématodes. Cette variété a été sélectionnée à El-Harrach en 1965 (**Zaghouane, 1991**).

La figure 3 présente les différentes variétés de la fève en Algérie.



**Figure 3 :** Variétés de fève (*V. faba* major L.) et de féverole (*V. faba* Minor) présentes en Algérie (Mezani, 2011).

### I.5. Biologie et phénologie

La fève est une plante annuelle et parfois bisannuelle accomplissant son cycle phénologique en 24 à 28 semaines. Ce dernier est représenté par trois phases distinctes (Laumonier, 1979):

#### I.5.1. Phase de germination

La germination est hypogée pour la fève car les cotylédons restent dans le sol et la radicule apparait en premier, suivie par la tigelle. La phase de germination dure de 6 à 12 jours (Patrick, 2008).

### **I.5.2. Phase de développement végétatif**

La fève est une plante à croissance indéterminée, cette phase dure de 40 à 60 jours durant lesquels il y'a apparition de la racine, des tiges et enfin des feuilles. La fertilité d'un nœud dépend de l'activité photosynthétique des feuilles, de la formation et du développement des nodosités (**Patrick, 2008**).

### **I.5.3. Phase de reproduction**

La phase reproductrice est caractérisée par l'apparition des nœuds au début et par la floraison qui s'étale sur une longue période cumulée. La pollinisation est intermédiaire entre autogamies et allogamies. Il existe un chevauchement de la phase de formation du nombre de grains avec celle du remplissage. Ainsi, des gousses à des stades très variables de bas en haut de la plante et des gousses au cours de remplissage peuvent se retrouver en même temps. La formation des feuilles cesse dès la maturité des fruits. Le taux de fécondité varie selon les conditions pédoclimatiques (**Patrick, 2008**).

## **I.6. Facteurs pédoclimatiques influençant le développement de la fève**

La fève est une culture des climats frais, elle peut être cultivée au niveau de la mer jusqu'à une altitude de 3700 m. (**Lim, 2012**). Les facteurs pédoclimatiques influençant son développement sont :

### **I.6.1. Le sol et nutrition minérale**

D'après **BrinketBelay (2006)**. La fève préfère les sols bien drainés au pH neutre (6.5-7.5) et à fertilité moyenne. Selon **Peron (2006)**, la fève est peu exigeante sur le plan édaphique, elle est cultivée avec succès dans les sols sablo-argileux humifère.

Pour **Jensen et al. (2010)**, la fève s'adapte à de nombreux sols, mais craint les sols légers (risque de sécheresse) et les excès de Bore, elle croit mieux sur des sols à texture plus lourde.

La fève a un enracinement puissant lui permettant d'exploiter les réserves minérales sur un important volume de terre, ce qui réduit ses exigences quant à la richesse minérale du sol. Cependant, les apports phospho-potassiques modérés se répercutent favorablement sur les rendements, les quantités généralement préconisées sont de l'ordre de 50 à 100 unités de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 75 à 150 unités de K<sub>2</sub>O (**Chaux et Foury, 1994**).

### I.6.2. La température

**Brink et Belay (2006)** rapportent qu'une température moyenne aux alentours de 13°C est optimale pour la croissance de la fève.

D'après **Gade (1994)**, des températures supérieures à 23°C sont néfastes pour la fève, elles provoquent la chute prématurée des fleurs, stimulent le développement de maladies virales et fongiques et rend la plante susceptible à l'attaque des insectes ravageurs. Par contre, cette culture peut résister à des températures de - 4°C.

Alors que **Jensen et al. (2010)** signalent que certains cultivars sont plus rustiques au froid. Dans les régions méditerranéennes, ils peuvent tolérer des températures hivernales de - 10°C alors qu'en Europe, ils peuvent supporter jusqu'à - 15°C.

### I.6.3. La photopériode

La fève est une plante de jours longs, elle forme son bourgeon à fleur à partir du moment où la photopériode dépasse les 12 heures consécutives. Certains cultivars de fève de jours longs placés en jours courts ne fleurissent pas. Dans les pays méditerranéens, les variétés de fève sont de jours courts, elles nécessitent une photopériode minimum de 9.5 heures pour fleurir (**Patrick et Stoddard, 2010**).

### I.6.4. L'eau

Selon **Brink et Belay (2006)**, la fève nécessite une pluviométrie annuelle de 700 à 1000 mm, dont plus de 60% doit tomber pendant la période de croissance.

Les besoins en eau sont importants et particulièrement au stade de croissance des gousses, ainsi des irrigations doivent être pratiquées pendant le stade de floraison et de formation des gousses dans les régions à faibles précipitations (**Loss et Siddique, 1997; Jensen et al., 2010**).

### I.7. Valeur nutritionnelle de la fève

Les fèves possèdent une haute valeur alimentaire, leur valeur nutritive est traditionnellement attribuée à son haut contenu en protéine qui varie de 25 à 35 % malgré son déséquilibre en acides aminés souffres. La majorité des protéines de la fève sont les globulines (60%), les albumines (20%), les glutines (15%) et les prolamines. C'est une bonne source de sucres, minéraux et vitamines. Le coefficient de digestibilité des protéines brutes et des acides aminés est influencé par l'âge des animaux (**Palander et al., 2006**).

## I.8. Intérêts de la fève

### I.8.1. Intérêt agronomique

Comme toutes les légumineuses alimentaires, *V. faba* contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (**Khaldi et al., 2002**). La fève améliore la teneur du sol en azote, avec un apport annuel de 20 à 40 Kg/ha. Elle améliore aussi sa structure par son système racinaire puissant et dense. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique (**Hamadache, 2003**).

### I.8.2. Intérêt alimentaire

Pour les populations à faibles revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animale, la fève constitue un aliment très important (**Daoui, 2007**). Les graines de la fève (*V. faba* : variété major) sont incorporées dans la composition d'aliments du bétail lorsqu'elles sont disponibles en grandes quantités, quant aux graines de *V. faba* : variété Minor, elles sont utilisées pour l'engraissement des animaux (**Maatougui, 1996**).

## I.9. Aspect économique

La superficie occupée par la fève est très importante, ce qui traduit une production plus importante par rapport à la production des autres légumineuses (**Anonyme, 2013**).

**Tableau 1** : la production (qx) des différentes cultures des légumineuses pendant la campagne agricole 2018/2019 dans la région d'Ain Defla (**DSA Ain Defla, 2019**)

Espèces	Fèves	Pois secs	Lentilles	Pois chiches	Total
<b>Production (qx)</b>	42 680,50	7 059,00	1 416,00	12 144,50	63 300,00

D'après le tableau ci-dessus, il apparaît que la production de la fève est plus importante (42 680,50 qx) que celle des autres légumes secs.

## I.10. Contraintes de la culture

La production de la fève en Algérie est marginalisée, les rendements sont très médiocres même si la superficie est importante. Cette situation est induite par la conjugaison de plusieurs contraintes, certaines peuvent affecter la totalité de l'aire de production. Ces contraintes sont :

### **I.10.1. Contraintes abiotiques**

#### **I.10.1.1. Froid hivernal et gelées printanières**

Le froid hivernal et les gelées printanières sont les principales contraintes dans la zone des Hauts Plateaux et dans les plaines intérieures. Ils causent la coulure des fleurs et la mort des plantes (Maatougui, 1996).

#### **I.10.1.2. Sècheresse terminale**

Selon Zaghouane *et al.* (2000), le faible rendement de la culture de la fève en Algérie est dû à l'insuffisance des précipitations printanières et leur irrégularité. Selon Green *et al.* (1986), les rendements de la fève deviennent plus importants en milieux irrigués.

#### **I.10.1.3. Chaleur**

La chaleur est la plus néfaste dans les zones sahariennes, ainsi que dans les Hauts Plateaux et les plaines intérieures à cause du siroco, qui affecte la production des gousses et limite aussi la grosseur des graines (Maatougui, 1996).

#### **I.10.1.4. Salinité**

La salinité concerne surtout les zones sahariennes, où la fève est arrosée avec des eaux chargées en Sodium. Le sel influe sur les plantes et sur les propriétés physiques et chimiques du sol, d'où la réduction de la productivité (Maatougui, 1996).

### **I.10.2. Contraintes culturelles et socio-économiques**

#### **I.10.2.1. Contraintes culturelles**

D'après Zaghouane (1991), les contraintes sur la conduite culturale des fèves en Algérie se caractérisent par :

- L'insuffisance de contrôle des mauvaises herbes.
- L'absence de mécanisation.
- Les semences cultivées sont souvent vectrices de plusieurs maladies.
- L'indisponibilité de semences certifiées.

### **I.10.2.2. Contraintes socio-économiques**

Les contraintes socio-économiques constituent un handicap pour le développement intensif, car le niveau de technicité des agriculteurs est insuffisant. Le manque de main d'œuvre, ainsi que son coût très élevé freinent les agriculteurs (**Zaghouane, 1991**).

### **I.10.3. Contraintes biotiques**

La fève est exposée à un très grand nombre de plantes parasites, de maladies fongiques, virales et de ravageurs.

#### **I.10.3.1. Maladies fongiques**

##### **I.10.3.1.1. Rouille**

Qui est causée par *Uromyces fabae*, cette maladie provoque de nombreuses petites pustules punctiformes, de couleur brun roux sur les deux faces de la feuille. D'apparition généralement tardive, elle entraîne le dessèchement prématuré du feuillage et provoque la baisse du rendement (**Aversenq et al., 2008**).

##### **I.10.3.1.2. Botrytis (tâches de chocolat)**

Cette maladie est causée par le champignon *Botrytis fabae*, qui prospère en climat humide. Elle se manifeste par la présence de punctuations de couleur brun chocolat (**Aversenq et al., 2008**).

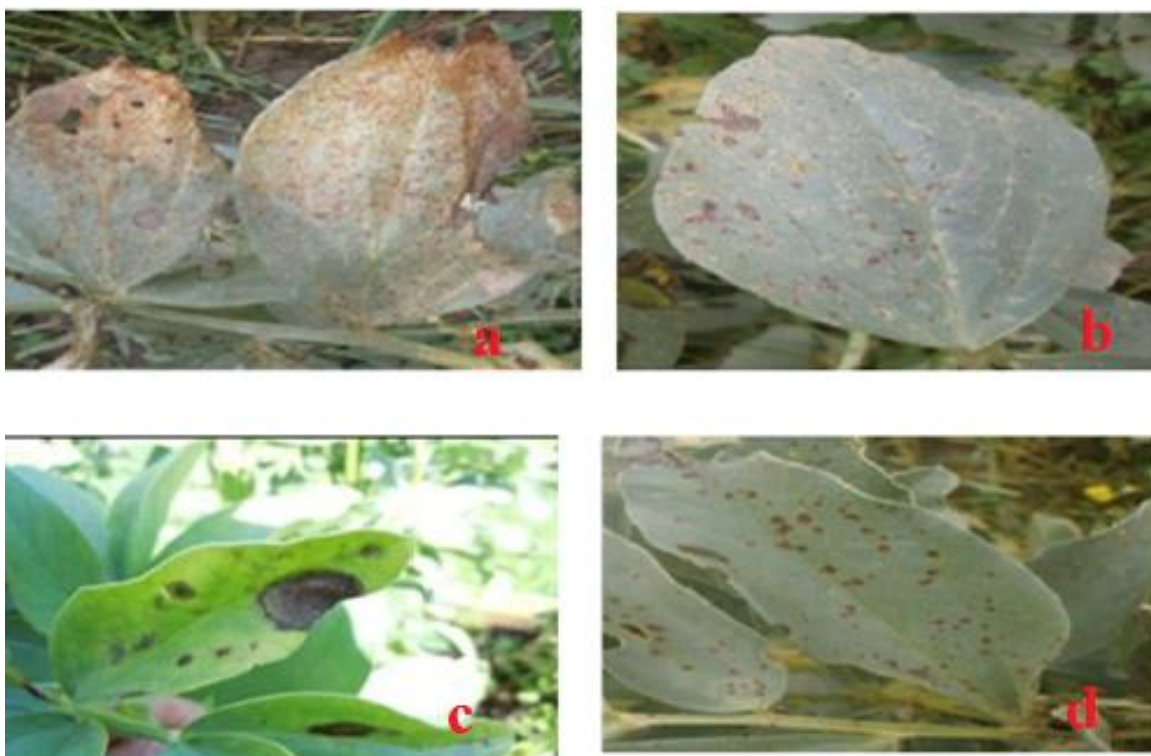
##### **I.10.3.1.3. Anthracnose**

L'Anthracnose est causée par *Ascohytafabae* (**Planquaert et Girard., 1987**) rapportent que cette maladie se manifeste par la formation des taches brunes sur l'épiderme des gousses, sur les feuilles et sur les tiges. Les graines sont ensuite, contaminées en provoquant l'éclatement des gousses.

##### **I.10.3.1.4. Mildiou**

Les agents responsables sont *Peronospora fabae* et *Peronospora viciae*. Suite aux attaques précoces sur les plantes jeunes, le mildiou entraîne le nanisme et la déformation de la tige et des feuilles (**Chauxet Foury, 1994**). Les attaques tardives montrent la formation d'un feutrage gris à la face inférieure des folioles (**Stoddard et al., 2010**).





**Figure 4** : Principales maladies fongiques de la fève (**Bitouche, 2013**).

a : Rouille *Uromyces fabae* ; b : Anthracnose *Ascohyta fabae* ;  
c : Mildiou *Peronospora fabae* ; d: Botrytis *Botrytis fabae*

### 10.3.2. Maladies virales

La fève est attaquée par plusieurs virus qui peuvent affecter sérieusement son rendement et sa qualité, dont la plupart sont transmis par des insectes, notamment par les pucerons. Certains lui sont spécialement dommageables et peuvent être responsables de maladies importantes. Selon **Mahmoudi (1991)**, les virus les plus importants pouvant attaquer les fèves cultivées sont :

- **BYMV (Broad Yellow Mosaic Virus)**: le BYMV est un virus non-persistant, transmis par plusieurs espèces de pucerons. Sa transmission est possible par la semence.
- **BBMV (Broad Bean Mottle Virus)**: le BBMV est un virus transmis par certaines espèces de Coléoptères. La transmission de ce virus par la semence est possible, mais à un faible pourcentage.
- **BLRV (Broad Leaf Roll Virus)**: le BLRV est un virus transmis par les pucerons. Ce virus n'est pas transmis par la semence.



### **I.10.3.3. Ravageurs**

#### **I.10.3.3.1. Nématodes**

Selon **Abbad-Andaloussi (2001)**, *Ditylenchus dispaci* (**Julius Gotthelf Kühn, 1857**) est un nématode qui constitue un sérieux problème sur les tiges de fève en Algérie. Ce nématode limite le développement de la culture. Il provoque la décoloration des tiges, des nécroses localisés sur les entrenœuds, la déformation des feuilles ainsi que l'éclatement des gousses et le rabougrissement de la plante.

#### **I.10.3.3.2. Insectes**

La fève est sujette à des attaques de plusieurs espèces d'insectes parmi lesquels. Les plus importants sont: Sitone du pois (*Sitona lineatus*), thrips du pois (*Frankliniella robusta*), Bruche de la fève (*Bruchus rufimanus*). Le chapitre II sera consacré aux insectes ravageurs de la fève.

**Chapitre II**

**Aperçu bibliographique sur**

**les insectes ravageurs de la**

**plante hôte**

### Introduction

Parmi les ravageurs, on trouve essentiellement des insectes et des pigeons. Le thrips, le sitone, les pucerons noirs et les bruches constituent les principaux ravageurs rencontrés en culture de fève.

### II.1. Puceron *Aphis fabae*

*Aphis fabae* est l'une des espèces les plus polyphages qui soient, elle peut évoluer sur plus de 200 espèces de plantes, parmi lesquelles la betterave, la fève, la féverole, le haricot, la pomme de terre, la carotte, l'artichaut, le tabac, ainsi que certaines cultures florales et ornementales (Fraval, 2006).

#### II.1.1. Position systématique

Remaudiere et Fabae (1997), ont classé le puceron noir de la fève comme suit :

**Règne :** Animal

**Embranchement :** Arthropodes

**Sous-embranchement :** Mandibulates

**Classe:** Insectes

**Sous-classe :** Ptérygotes

**Section :** Neoptères

**Super ordre :** Hémiptéroïdes

**Ordre :** Homoptères

**Superfamille :** Aphidoidea

**Famille :** Aphididae

**Sous-famille :** Aphidinae

**Genre :** *Aphis*

**Espèces :** *Aphis fabae* Scopoli, 1763

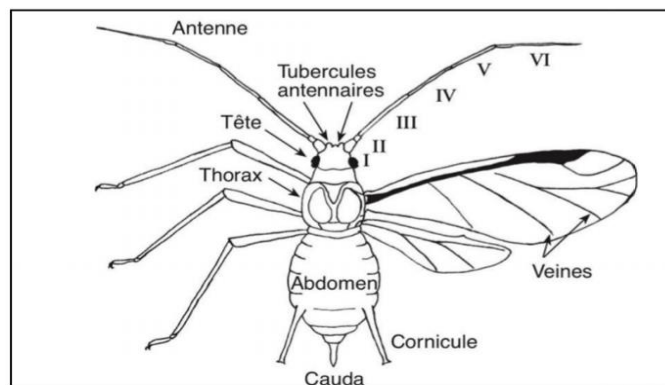
**Nom commun :** le puceron noir de la fève.

#### II.1.2. Description morphologique

Les pucerons (Fig.5) sont des insectes aux téguments mous, petits (2 à 4 mm), avec le corps ovale et un peu aplati ou globuleux. Leurs pièces buccales sont de type piqueur suceur (Tanya, 2002). Les antennes de 3 à 6 articles, sont insérées directement sur le front ou sur des

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

tubercules frontaux plus au moins proéminents. Elles portent des organes sensoriels particuliers appelés rhinaries, leur partie distale amincie est nommée fouet ou processus terminal (**Hulle et al., 1999**). Les ailes sont à nervation réduite plus ou moins complète selon les familles, avec typiquement une nervure longitudinale marquée (**Leclant, 1996**). Selon **Hulle et al. (1998)**, chez beaucoup de pucerons l'abdomen porte dorsalement, au niveau du cinquième segment, une paire de cornicules, tubes creux dressés, de forme et d'ornementation très variées, qui excrètent des hormones d'alarme et des phéromones sexuelles. L'abdomen se termine par un prolongement impair du dernier segment, appelé cauda (queue) et qui sert à l'épandage du miellat (**Grasse, 1951**).



**Figure 5** : Morphologie du puceron (**Godin et Boivin, 2000**).

### II.1.3. Cycle biologique

La plupart des espèces de pucerons présentent, au cours de leur cycle évolutif, une génération d'insecte sexuée (mâle et femelle) alternant avec une ou plusieurs générations se multipliant par parthénogenèse et constituées uniquement de femelles. Les femelles sexuées sont ovipares alors que les femelles parthénogénétiques sont vivipares donnant naissance directement à de jeunes larves génétiquement identiques aux parents (clones) capable de s'alimenter et de se déplacer aussitôt produites. Les pucerons sont plurivoltins, peuvent avoir selon les conditions climatiques jusqu'à 20 générations/an. Les ailés assurent la dispersion de l'espèce pendant la phase de multiplication clonale (**Fraival, 2006**).

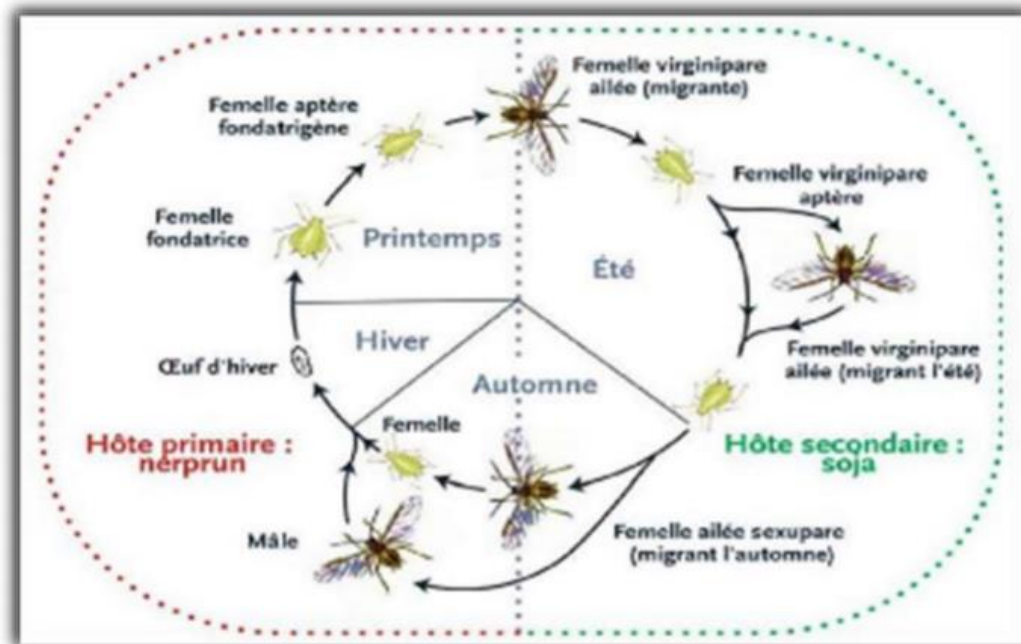


Figure 6: Cycle de vie d'un puceron (Fraval, 2006).

## II.1.4. Facteurs de développement et de régression des populations de pucerons

### II.1.4.1. Facteurs abiotiques

Les facteurs abiotiques sont représentés par les différentes conditions climatiques intervenant dans la dynamique des populations des aphides.

- **Température**

D'après **Lamy(1997)**, les insectes étant des poïkilothermes, la température est pour eux le facteur écologique le plus important. La température est un facteur agissant directement sur le développement des aphides. Ces derniers sont en effet particulièrement adaptés aux régions à hiver froid, durant lesquels ils survivent sous forme d'œufs capable de résister à des températures de l'ordre de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (**Ashfaq et al., 2007**).

La température minimale de développement de ces insectes est de  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  en moyenne. En dessous de ce seuil, ils ne se multiplient plus. Entre  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ils se multiplient d'autant plus vite que la température s'élève. Au-delà de  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , qui est leur optimum thermique, leur développement ralentit à nouveau. La vitesse de développement des pucerons et leur fécondité dépendent de la température. Une femelle de puceron a besoin en moyenne de  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  pour pondre (soit dix jours à  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  par exemple ou bien six jours à  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (**Hull et al., 1999**).

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

La température peut influencer aussi sur le nombre des ailés produits et leur capacité à s'envoler et favorise leur mobilité. **Pierre (2007)** note que les vols des pucerons sont très fréquents aux températures comprises entre 20°C et 30°C.

- **Précipitations**

Selon **Ould El Hadj (2004)**, en milieu aride, les effets des températures sont toujours difficiles à isoler de ceux des précipitations, car ce sont deux facteurs limitant l'activité générale des insectes. **Dedryver (1982)** signale que les fortes précipitations peuvent empêcher le vol des pucerons, diminuent leur fécondité et augmentent leur mortalité.

- **Durée d'insolation**

D'après **Robert (1982)**, l'intensité lumineuse agit sur les possibilités d'envol des pucerons et favorise donc la contamination des cultures.

- **Vent**

D'après **Labrie (2010)**, le vent est un élément qui influence l'envol et la dispersion des insectes, notamment les pucerons et leurs ennemis naturels. Par sa vitesse et sa direction, il détermine la distribution et l'aptitude de déplacement des pucerons, ils peuvent être transportés à de longues distances qui atteignent jusqu'à 150 à 300 km.

- **Humidité de l'air**

Le vol des pucerons est rare lorsque l'humidité relative de l'air est supérieure à 75% combinée avec une température inférieure à 13°C, et il est favorisé à une humidité relative de l'air inférieure à 75% avec une température comprise entre 20 et 30°C (**Pierre, 2007**).

### II.1.4.2. Facteurs biotiques

Les facteurs biotiques sont constitués essentiellement par des facteurs liés au potentiel biotique des espèces aphidiennes, le rôle de la plante hôte et l'action des ennemis naturels

#### II.1.4.2.1. Facteurs liés au potentiel biotique des espèces aphidiennes

- **Caractéristiques propres aux individus**

La taille et le nombre d'individus qui composent une colonie de pucerons ne sont pas fixes. Le nombre varie d'une dizaine à plus d'une centaine d'individus (**Robert, 1982**). Selon le

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

même auteur, le nombre de larves émises par un adulte est proportionnel au poids de celui-ci avant qu'il ne commence à déposer ses larves.

- **Facteurs intra spécifiques**

D'après **Dedryver (1982)**, les pucerons peuvent réguler eux-mêmes leurs populations par des mécanismes intra spécifiques de deux ordres :

- La formation d'ail, sous l'action de l'effet de groupe et/ou une diminution de la qualité nutritionnelle de la sève. Le départ de ces ailés entraîne une régression naturelle des populations du fait d'une production globale plus réduite de nouvelles larves.
- La modulation du poids, donc de la fécondité des adultes, sous l'effet direct de comportements agrégatifs intra spécifiques et l'effet direct de modification de la composition de la nourriture par les prélèvements de sève.

### II.1.4.2.2. Rôle de la plante hôte

Les pucerons sont strictement phytophages, ils se nourrissent de la sève des plantes (**Harmel et al., 2008**). Ils s'attaquent presque à la plupart des jeunes plantes qui sont les plus sensibles à la contamination par les ailés et les aptères, cette sensibilité diminue quand la plante acquiert une certaine maturité (**Christelle, 2007**).

### II.1.4.2.3. Rôle des ennemis naturels

Les pucerons sont attaqués par un large éventail d'ennemis naturels (**Ould El Hadj, 2004**). Il est à distinguer des prédateurs, des parasitoïdes et des champignons entomopathogènes.

- **Les prédateurs**

Ce sont des organismes vivants, libres à l'état adulte et larvaire, s'attaquant à d'autres êtres vivants pour les tuer et se nourrir de leurs substances. Ils dévorent successivement plusieurs proies au cours de leur vie (Lyon, 1983). Ils appartiennent à des groupes taxonomiques divers. Les plus connus sont les Coléoptères Coccinellidae, les Diptères Syrphidae et Cecidomyidae ainsi que les Névroptères Chrysopidae (**Frazer, 1988**).

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

- **Les parasitoïdes**

Les parasitoïdes sont des insectes qui insèrent leurs œufs dans le corps de leur proie où la larve se développe à l'intérieur, ce qui entraîne sa mort. La nymphose a lieu dans la momie du puceron, puis l'adulte s'en échappe en y forant un trou (**Robert, 1982**).

- **Les pathogènes**

D'après **Leclant (1999)**, ce sont essentiellement des champignons phycomycètes appartenant au groupe des entomophthorales, qui sont susceptibles de déclencher des épizooties spectaculaires.

### II.1.5. Dégâts causés par *Aphis fabae* sur la fève

Le puceron noir de la fève est un ravageur particulièrement préoccupant, il est présent là où la fève est cultivée et vit habituellement sur la face inférieure des feuilles, à l'extrémité des tiges et des nouvelles pousses). La présence de milliers d'individus sur les plants de fève peut causer des dommages irréversibles (**Harmel et al., 2008**), ce sont :

- Les pucerons se nourrissent de la sève élaborée et provoquent des dégâts directs. En prélevant la sève, ils affaiblissent la plante, ce qui réduit l'alimentation de la plante en sève et cause l'apparition de carences (**Leclant, 1996**).
- Ils provoquent un avortement des fleurs, une déformation des gousses déjà développées, un enroulement et une chute prématurée des feuilles, ainsi qu'un dessèchement des pousses (**Leclant, 1982**).
- L'action irritative et toxique de la salive se traduit par des déformations de type varié sur les feuilles ou les tiges de la fève, cela va de la simple crispation du feuillage à la formation de chancre ou de galles (**Christelle, 2007**).
- Les pucerons peuvent transmettre et disséminer des virus pathogènes, le plus connu de ces derniers est le BLRV (Broad Leaf Roll Virus). Par cet aspect, ils se montrent beaucoup plus nuisibles que par leur prélèvement de sève (**Lecoq, 1996**).
- Le miellat excrété par les pucerons constitue un milieu très favorable au développement de la fumagine, ce qui réduit la capacité photosynthétique de la fève (**Hulle et al., 1998**).



## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

### II.1.6. Moyens de lutte

*Aphis fabae* compte parmi les ravageurs les plus importants des cultures de la fève. Ainsi, une lutte efficace passant par la lutte préventive à la lutte curative contre ce ravageur reste un souci majeur.

#### II.1.6.1. Lutte préventive

La prévention demeure le meilleur moyen de lutter contre les ravageurs. Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien de la culture tels que la détermination d'une date de semis et récolte adéquate, l'enfouissement pendant l'hiver des plantes ayant reçu des œufs d'hiver, la destruction par désherbages ou binages des plantes sauvages susceptibles d'héberger des espèces nuisibles aux plantes cultivées au début du printemps, la rotation des cultures avec une plante qui serait attrayante pour les pucerons et les associations culturales (**Lambert, 2005**). Selon **Ould El Hadj (2004)**, l'association d'une plante hôte avec une plante compagne émettant des composés volatils différents va permettre de masquer ou d'altérer l'odeur de la plante hôte, ce qui va perturber sa localisation par les pucerons. L'association des fèves avec les céréales réduit la contamination par *Aphis fabae*.

#### II.1.6.2. Lutte curative

##### II.1.6.2.1. Lutte chimique

L'utilisation des pesticides reste le moyen le plus largement utilisé et le plus efficace aujourd'hui. Les insecticides chimiques doivent être avant tout sélectifs afin de préserver la faune utile, aussi être dotés d'un effet de choc élevé et d'une bonne rémanence. En plus, ils doivent appartenir à des familles chimiques différentes, afin d'éviter ou de retarder le phénomène de résistance. Le choix doit porter sur des produits systémiques qui touchent même les pucerons protégés par l'enroulement des feuilles (**Dedryver et al., 2010**). Les insecticides chimiques peuvent nuire à la santé et à l'environnement, c'est pour cela que la science agricole a orienté ses recherches vers une lutte plus écologique et durable : c'est la lutte par des insecticides naturels ou la lutte biologique (**Dogimont et al., 2010**).

##### II.2.6.2.2. Lutte biotechnique

La lutte biotechnique est basée sur le comportement de certains insectes qui sont attirés par différents attractifs visuels (couleur) ou olfactifs (aliments, phéromones). Ces couleurs et ces

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

substances peuvent être utilisés pour le piégeage de masse, le piégeage d'avertissement ou les traitements par tâches (Dedryver, 2010).

### II.1.6.2.3. Lutte biologique

- a. **Par les insectes auxiliaires :** le puceron noir de la fève compte plusieurs ennemis naturels. Deux catégories sont distinguées :
- **Les prédateurs,** qui sont selon Georcret et Scheromm (1995) :
    - Les coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae) qui sont à la fois très polyphages et très voraces. Les femelles pondent jusqu'à 20 œufs par jour, près des colonies de pucerons. Les larves et les adultes sont de grands prédateurs (Fig. 7a, Fig. 7b). Les stades larvaires âgés peuvent consommer jusqu'à 100 pucerons par jour.
    - Les chrysopes (Névroptère, Chrysopidae) ont des larves qui peuvent chacune manger jusqu'à 500 pucerons par jour.
    - Les syrphes (Diptera, Syrphidae) qui se caractérisent par des couleurs bigarrées jaune et noir qui les font ressembler aux guêpes (Fig. 7e, Fig. 7f). L'adulte butineur est pollinisateur mais la larve dévore chaque jour 40 à 50 pucerons.



**Figure 7:** Prédateurs du puceron (Krister, 2008).

a : Larve de coccinelle, b : Coccinelle adulte, c : larve de Chrysope, d : Chrysope adulte, e : Larve de syrphé, f : Syrphé adulte

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

- **Les parasitoïdes** dont les larves se développent dans les pucerons et vivent au détriment de ces derniers, tels que les Hyménoptères Chrysididae (guêpe fouisseuse) ou les Pompilidae (guêpe solitaires noires). Le parasitoïde le plus utilisé dans la lutte biologique est la guêpe parasitoïde *Aphidius* sp. Dont les femelles pondent leurs œufs dans tous les stades de pucerons. La morphologie des pucerons parasites change et ils sont alors appelés « momies ».un individus de ces auxiliaires parasite jusqu'à 250 pucerons (Leclant, 1999).

### b. Par les bio-insecticides

La lutte biologique peut être effectuée aussi avec des insecticides naturels, à base de pyrèthre, molécule issue de la plante de chrysanthème *Chrysanthemum cinerariifolium*, qui agit par contact en paralysant les pucerons. Le traitement se fait par pulvérisation de l'ensemble du feuillage et l'opération est répétée jusqu'à mort totale des pucerons (Lambert, 2005). Un autre traitement écologique peut être utilisé, il consiste à pulvériser du savon noir dilué à 5%. En effet, le savon noir étant alcalin, agit comme un excellent répulsif sans pour autant endommager la plante. Il faut bien choisir du savon noir sans colorant, sans parfum et sans ingrédient synthétique ajouté (Salin, 2011). D'autres produits à base d'huile minérale sont utilisés contre les pucerons, ils ne contiennent aucune substance active, et agissent simplement en étouffant les insectes recouverts d'une pellicule huileuse. Ces produits sont utilisables en culture biologique.

## II.2. La bruche

Le bruche de la fève est un coléoptère Bruchidae monovoltin (une seule génération par an), qui attaque principalement les légumineuses de genre *Vicia* (Hoffman et Labeyrie, 1962; Sanon et al., 2002; Bruce et al., 2011). Elle est originaire d'Egypte (Balachowsky, 1962). Son aire de distribution géographique est très vaste, elle est présente dans le monde entier. En Tunisie, elle est omniprésente dans toutes les régions où la fève est traditionnellement cultivée (Moalla-Abdennadher,1997).

### II.2.1.Position systématique

Selon Hoffman et al. (1962), Bukejs (2010), la systématique du bruche de la fève est la suivante :

**Règne:** Animal  
**Embranchement:** Arthropodes  
**Sous embranchement:** Ptérygotes  
**Classe:** Insectes  
**Sous-section:** Endoptérygotes  
**Ordre:** Coléoptères  
**Sous ordres:** Phytophaga  
**Famille:** Chrysomelidae (Bruchidae)  
**Sous famille:** Bruchinae  
**Genre:** *Bruchus*  
**Espèce:** *Bruchus rufimanus* (Boheman, 1833).

### II.2.2. Description

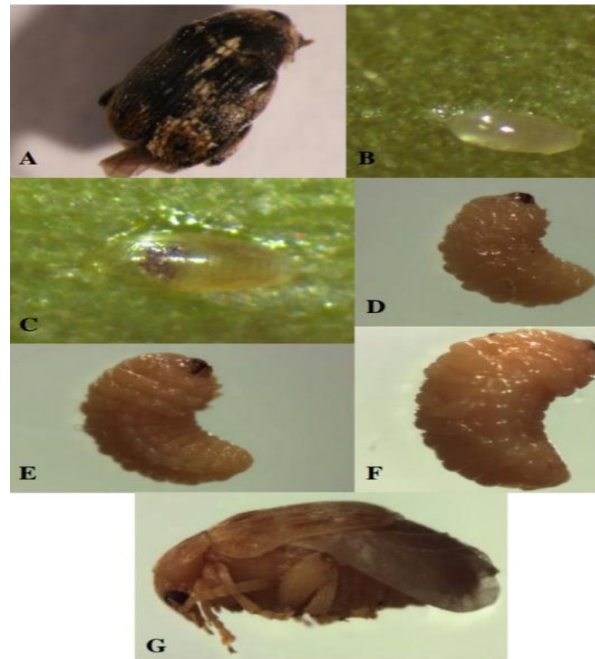
#### a. Les œufs

Les œufs de *B. rufimanus* (Fig. 8B) sont lisses et ne présentent pas d'ornementations visibles du chorion. Ils ont un aspect gélatineux de 0,5 mm de long et 0,25 mm de large et sont répartis d'une façon irrégulière sur la gousse (**Taupin, 2003**).

- c. **Les larves:** Les larves du bruche de la fève (Fig. 8 C, 8D, 8E, 8F) mesurent 5 à 6 mm de long, caractérisées par une tête brune, corps blanc légèrement jaunâtre et incurvé. Leur plaque pro-thoracique présente une série de dix dents (**Hoffmann, 1945**). Chez les larves du premier stade, cette plaque est sous forme de H et bien visible, ce qui facilite sa reconnaissance (**Boughdad, 1994**). Les larves sont sub-cylindriques en forme C, leur couleur est d'un blanc ocre, dont la capsule céphalique est brun pigmenté. Elles sont ovales hypognathes, rétractées et aplaties dorso-ventralement (**Casari et Teixeira, 1997**).
- d. **La nymphe:** La nymphe (Fig. 8G) est de couleur blanc crème, ressemble à l'adulte, mais n'a pas encore acquis sa couleur brune. La tête n'est partiellement visible que du haut (**Casari et Teixeira, 1997**).
- e. **Les adultes :** Les adultes (Fig. 8A) de *B. rufimanus* mesurent 4 à 4,5 mm; possèdent des antennes noires (sauf les 4 premiers articles), et des pattes noires, excepté les pattes antérieures qui sont de couleur rousse. Les tibias des pattes postérieures portent une longue épine à l'angle apical interne (**Hoffmann, 1945**). **Boughdad (1994)** rapporte

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

queles mâles présentent une échancrure à la face ventrale du dernier segment abdominal, ce qui permet de les différencier des femelles.



**Figure 8 :** Différents stades de *Bruchus rufimanus* (Titouhi, 2018).

A: Adulte, B: Œuf, C: L1, D: L2, E: L3, F: L4 et G: Nymphe.

### II. 2.3. Biologie de *Bruchus rufimanus*

Le bruche de la fève, *B. rufimanus*, hiverne à l'état adulte. Elle possède un cycle biologique annuel, strictement dépendant de celui de sa plante hôte (Franssen, 1956). Son activité reproductive est limitée à la période de végétation et de fructification de la fève. En dehors de cette période, l'insecte est en état de diapause imaginale appelée diapause reproductrice. Il passe l'hiver dans différents sites naturels (écorces d'arbres et les lichens), ou dans divers abris des entrepôts de stockage (Yao et Yang, 1985; Huignard et al., 1990; Chakir, 1998) ou dans des graines de fève et de fèverole (Franssen, 1956). Au cas où il réussirait à reprendre son activité, il se dirige vers les champs de fève quand la température est supérieure à 15°C. Lardjane-Hamiti (2009) rapporte que les changements de températures, l'humidité relative de l'air, le vent et la photopériode, favorisent la sortie des sites d'hivernation et la colonisation des fèves au champ par les bruches.

Après accouplement, la ponte est conditionnée par l'état végétatif de la plante hôte. La ponte a lieu sur les gousses vertes de 4,5 à 5 cm de long, et plus rarement sur la corolle plus ou

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

moins desséchée. Le choix du site de ponte est en rapport avec l'état phénologique de la plante, et l'apparition de femelles sexuellement mûres. En général, ce sont les premières gousses apparues (à la base de la plante) qui sont les plus contaminées. La durée de la période de ponte varie considérablement selon les années et les régions (4 à 40 jours) (**Medjdoub Ben Saad, 2007**). Outre l'état végétatif de la plante, les conditions climatiques peuvent perturber l'activité de ponte. Selon **Derlinger et al., (2005)**, les écarts de la température journalière peuvent moduler l'activité et la période de ponte de *B. rufimanus*.

Après une durée d'incubation de 21 jours en moyenne, la larve néonate pénètre directement dans la gousse. Le processus de forage peut demander une durée de 6 jours. Une fois à l'intérieur de la graine, la larve effectue des galeries coudées. Vue de l'extérieur, la gousse attaquée ne passe pas inaperçue, en raison de la coloration que prend son tégument. Selon **Moalla-Abdennadher (1997)**, la larve L1 se rencontre uniquement dans les graines vertes, la L2 dans les graines vertes et moins fréquemment dans les graines sèches, alors que les stades suivants (L3, L4, nymphe et adulte) s'observent seulement dans les graines sèches. Notons que plusieurs stades sont susceptibles de cohabiter dans la même graine (des larves appartenant à 2 stades successifs, des L4 avec nymphe ou adulte...).

Plusieurs larves (jusqu'à 7) peuvent se développer aux dépens d'une seule graine, se localisant de préférence dans les cotylédons et rarement dans la région embryonnaire. Il s'ensuit que la faculté germinative des graines attaquées est faiblement affectée. La durée de l'évolution larvaire est en rapport avec le développement de la gousse: elle varie selon les auteurs de 40 à 135 jours. Si bien qu'au moment de la récolte, l'insecte est encore au stade larvaire (**Jarraya, 2003**).

La figure 9 présente le cycle de vie de la bruche *B. rufimanus*

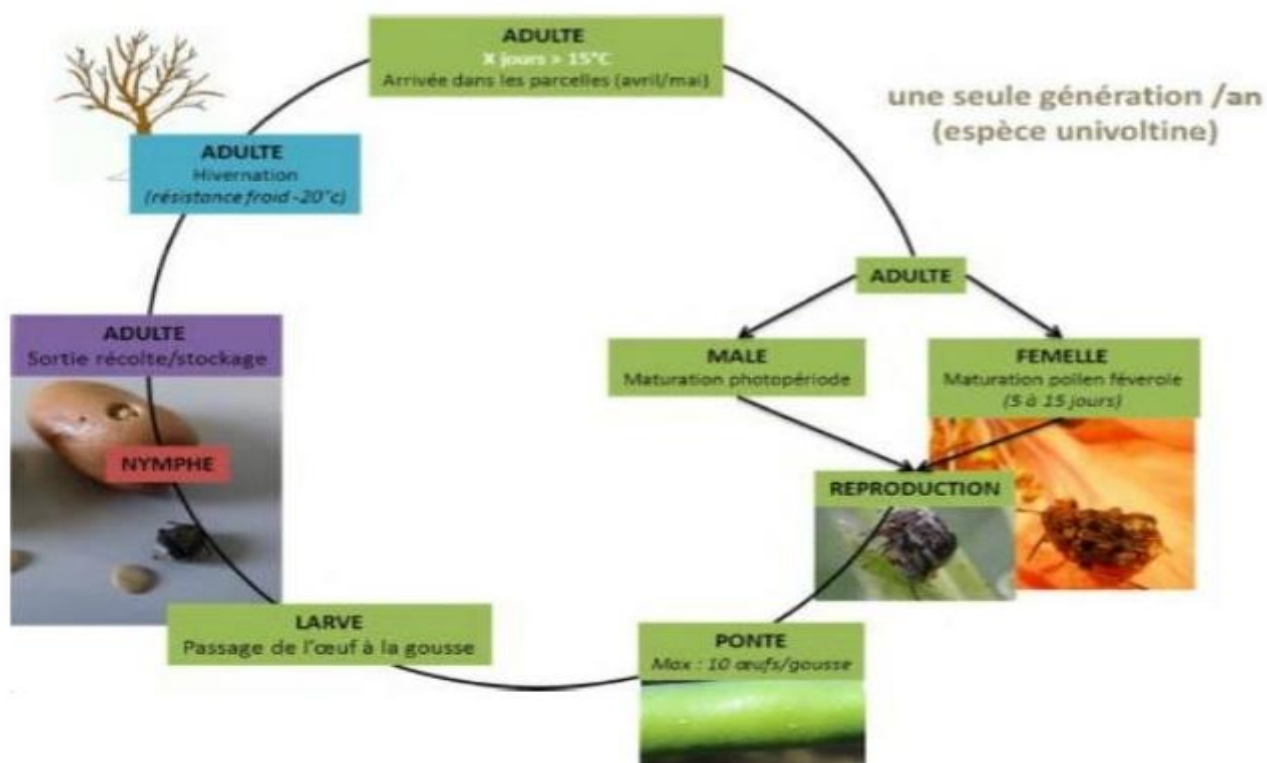


Figure 9 : Le cycle de vie de *B. rufimanus* (Arvalis, 2014).

### II.2.4. Les dégâts causés par le bruche

Les adultes de *B. rufimanus* apprécient le pollen et ne causent pas de dommages importants. Par contre, ce sont surtout les larves qui s'incrudent dans les graines de *V. faba* (Lahmar, 1987). Les dégâts causés par ce coléoptère sont plus importants sur les fèves et Chapitre I 13 fêveroles de printemps (Taupin, 1985; Berne et Dardy, 1987). Ces dégâts se situent au moment de la fructification. Les larves constituent l'état nuisible des bruches, car elles s'alimentent aux dépens des réserves cotylédonaires des graines (Mouhouche, 1997). Les larves causent une perte significative en poids et qualité nutritionnelle des graines (Boughdad et al., 1997; Kaniuczak, 2004; Sabbour et Abd-El-Aziz, 2007).

#### II.2.4.1. Pertes pondérales

Fleurat-Lessard (2011), montre que la perte pondérale se traduit par la réduction du poids et du volume des graines attaquées par les insectes pour s'en nourrir. Cette perte peut aller de 18,5% à 28,9% (Kaniuczak, 2004). Selon Boughdad (1996), les pertes sont occasionnées en fonction du nombre de bruche adultes, développées par graines et l'intensité de l'infestation des graines. Elles dépendent aussi du poids sec de la graine aux dépens de laquelle s'est développée



## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

la larve. En effet, les pertes moyennes en poids sec des cotylédons sont de 2,84%, pour les graines avec un seul bruche, 5,87% avec deux bruches, 8,27% avec trois bruches, 11,40% avec quatre bruches et 14,5% pour les graines avec cinq bruches (**Boughdad, 1994**).

### II.2.4.2. Pertes de germination

Le pouvoir germinatif des graines est fortement diminué par les galeries larvaires (**Hoffman et Labeyrie, 1962**), il est de 60% lorsqu'il existe une seule galerie larvaire, et n'est plus que de 45% quand on en observe deux. Dans ce même contexte, **Medjdoub Bensaad (2007)** rapporte que le taux de germination diminue au fur et à mesure que le nombre de bruche par graine augmente. Il serait de 84% pour les graines avec un bruche, 76% pour les graines avec deux bruches et 58% pour les graines avec trois bruches.

### II.2.4.3. Baisse du rendement

**Kaniuczak, (2004)** montre que l'infestation par la bruche au niveau du champ, engendre une baisse du rendement allant de 2,88 t/ha à 6,62 t/ha. Dans le même contexte, **Maltosz (1998)**, indique aussi que cette infestation diminue le rendement de 3 à 70%. En effet, les graines bruchées vont affecter le rendement de l'année suivante.

### II.2.5. Méthodes de lutte contre *Bruchus rufimanus*

Les bruches sont des ravageurs principaux des graines. Face à l'ampleur de leurs dégâts, plusieurs techniques ont été utilisées pour les éradiquer ou à moindre mesure maintenir leurs niveaux d'attaques à des seuils économiquement acceptables.

#### II.2.5.1. Lutte préventive

Il est préconisé de procéder à un cerclage des cultures et une rotation pour empêcher le développement de foyers d'infestation, d'utiliser des graines saines ou les désinsectiser, de maintenir les locaux de stockage clos ou piéger les adultes à leur sortie en utilisant des pièges à Glu (**Medjdoub-Bensaad, 2007**).

En outre, **Labeyrie et Maison (1957)** montrent que les associations culturales entre céréales et légumineuses peuvent limiter la contamination des gousses de légumineuses par les Bruchidae.



## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

Étant donné que la biologie de *B. rufimanus* est fortement liée au développement des cultures et aux conditions climatiques, les dommages causés peuvent varier en fonction de la date de semis et de récolte. En outre, l'assainissement peut aider à diminuer la source de *B. rufimanus* dans les zones de production (**Godfrey et Long, 2014**). Ainsi, **Szafirowska (2013)** a indiqué que les cultures avec semis différé de plus de 10 jours présentaient moins de dommages de *B. rufimanus*.

### II.2.5.2. Lutte curative

**Lienard et Seck (1994)**, prouvent que l'utilisation de la cendre empêche la rentrée des adultes dans les stocks. D'autre part, le stockage hermétique permet de tuer les insectes par asphyxie, cette méthode consiste à entreposer les graines dans des récipients hermétiques à l'air.

### II.2.5.3. Lutte physique

La lutte physique est l'élimination du ravageur par modification de leur environnement de manière à le rendre inaccessible pour l'insecte. Dans ce contexte, **Benayad (2008)** a montré que des températures de l'ordre de 45°C sont létales pour les insectes. En outre, selon **Balachowsky (1966)**, la diminution de l'humidité des graines de fève après les avoir passer dans un four à une température comprise entre 55°C et 60°C, pendant 30 minutes, défavorise le développement des bruches sans altérer le pouvoir germinatif des graines.

D'autre part, **Serpeille (1991)** a indiqué que le maintien des entrepôts à une température de - 1°C pendant un mois, entraine la mortalité des adultes. En effet, l'utilisation du froid est un bon moyen préventif de lutte car à 2°C le développement des insectes est temporairement arrêté.

### II.2.5.4. Lutte chimique

En absence de toute autre possibilité de protection, la lutte chimique paraît nécessaire (**Balachowsky, 1992**). Elle est indispensable pour contrôler efficacement les dégâts de la bruche de la fève au champ (**Serpeille, 1991**). **Taupin (2003)** estime que la lutte contre *B. rufimanus* au niveau des champs doit obligatoirement viser les adultes. Il a recommandé d'utiliser deux matières actives efficaces comme l'endosulfan et le bifenthrine, permettant un contrôle très efficace des populations de *B. rufimanus*. **Dupont, (1990)** a indiqué que les traitements chimiques réduisent de 10% les pertes des graines.

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

**Mouhouche et Sadou (2001)** ont rapporté que l'amitrazé et le méthomyl possèdent une efficacité satisfaisante avec un pourcentage de mortalité des œufs de 54,31% et 49,14%, respectivement. Etant donné que les bruches adultes sont très mobiles, il est préférable d'intervenir sur toutes les parcelles en même temps dans une région donnée (**Cailliez, 2005**).

### II.2.5.5. Lutte biologique et ennemis naturels

Le principe consiste à introduire dans le milieu de vie des ravageurs un prédateur, un parasitoïde ou un microorganisme pathogène pour inhiber leur développement. **Balachowsky (1962) et Medjdoub Bensaad (2007)** indiquent que les ennemis naturels de la bruche de la fève sont peu nombreux, citant *Sigalphus pallipes* Nees, *S. thoracicus* Curt, *S. gibberosus* Szelp, *Triaspis similis* Szelp et *Chremylus rubiginosus* Nees. **Boughdad (1994)** mentionne que les parasitoïdes exercent l'impact régulateur le plus fort. *Sigalphus thoracicus* Curt est considéré comme le Braconidae qui occasionne les plus fortes mortalités chez les larves âgées et les nymphes de *B. rufimanus*. D'autre part **Madjdoub Bensaad (2007)** a montré que *Triaspis luteipes* (Hymenoptera; Braconidae) réduit l'action du ravageur, avec un taux de parasitisme de 3,31%; 7,44% et 0,9% durant les années agricoles 2002, 2003 et 2004 respectivement.

Il existe aussi des prédateurs oophages tel que *Pyemotes: Pediculoides ventricosus* New et *Zelius renardii* Kol. qui engendrent la destruction des œufs (**Jarraya, 2003**). Ces prédateurs sont utilisables en culture biologique, ainsi que des extraits de plantes que le neem, et aussi les microorganismes.

### II.3. Thrips du pois (*Frankliniella robusta*)

Les thrips sont de minuscules insectes parasites de nombreuses plantes. Ils provoquent rarement la mort du végétal, les dommages sont d'ordre esthétique, et ils peuvent nuire à la qualité des récoltes. Les plantes touchées présentent des feuilles gaufrées avec des taches jaunes ou brunes. Elles développent de nombreuses ramifications et restent naines et sans gousse. (**Arvalis et Unip., 2013**).

### II.4. Sitone : *Sitona lineatus*

Est un charançon de 3.5 à 5 mm de long de couleur brun- rougeâtre. Les adultes dévorent les feuilles (encoches) sans grande incidence (**Aversenq et al., 2008**). Il est envahit les parcelles de fève en volant depuis des zones refuges. Il est actif par temps ensoleillé et par température supérieure à 12°C. Il peut y avoir plusieurs vols.

## Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les insectes ravageurs de la plante hôte

---

L'adulte mord les feuilles (encoches sur le bord des feuilles). Ce sont les larves qui occasionnent le plus de dégâts en détruisant les nodosités. La nuisibilité sur le rendement semble faible en féverole. La période de risque pour le sitone s'étend de la levée au stade 6 feuilles. Le sitone est particulièrement actif en cas de journées douces et ensoleillée (**Chaill et, 2014**).

# **Chapitre III**

## **Données bibliographiques sur les biopesticides**

### III.1. Définition des biopesticides

Les biopesticides, «organismes vivants ou produits issus de ces organismes ayant la particularité de supprimer ou limiter les ennemis des cultures» sont utilisés depuis des siècles par les fermiers et paysans. De nos jours, ils sont classés en trois grandes catégories selon leur origine (microbienne, végétale ou animale) et présentent de nombreux avantages. Ils peuvent être aussi bien utilisés en agriculture conventionnelle qu'en agriculture biologique, certains permettent aux plantes de résister à des stress abiotiques et d'une manière générale, ils sont moins toxiques que leurs homologues chimiques. Même s'ils ont souvent la réputation d'être moins efficaces que ces derniers, les biopesticides sont l'objet d'un intérêt croissant de la part des exploitants, notamment dans le cadre de stratégies de lutte intégrée. La mise sur le marché des biopesticides est facilitée dans certaines régions comme les USA, alors que dans d'autres comme l'Europe de l'Ouest, les processus d'homologation sont longs et coûteux. Le développement futur des biopesticides est dépendant de nombreux facteurs, comme les politiques gouvernementales tant en matière de soutien à la recherche que de réglementation, les stratégies des grands industriels du secteur phytosanitaire et l'évolution des choix des consommateurs (Deravel Jovana *et al.*, 2014).

### III.2. Les catégories de biopesticides

#### III.2.1. Biopesticides microbiens

Cette catégorie comprend les bactéries, champignons, oomycètes, virus et protozoaires. L'efficacité d'un nombre important d'entre eux repose sur des substances actives dérivées des micro-organismes. Ce sont, en principe, ces substances actives qui agissent contre le bio-agresseur plutôt que le micro-organisme lui-même.

##### III.2.1.1. Les bactéries

Les biopesticides à base de *Bacillus thuringiensis* sont les plus commercialisés. Ils ont une action insecticide. *Bacillus thuringiensis* est une bactérie à Gram+ qui produit, durant sa phase stationnaire de croissance, des protéines cristallines appelées delta-endotoxines ou protoxines Cry. Ces protéines sont libérées dans l'environnement après la lyse des parois bactériennes lors de la phase de sporulation et sont actives, une fois ingérées par les ravageurs, contre les lépidoptères, les diptères et les larves de coléoptères (Rosas-Garcia, 2009).

Des espèces bactériennes du genre *Bacillus* utilisant des mécanismes d'action autres que celui employé par *B. thuringiensis* peuvent également protéger les plantes. Il y a, parmi ces

espèces, des souches de *Bacillus licheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens* ou *Bacillus subtilis*. *Bacillus amyloliquefaciens* et *B. subtilis* sont capables de coloniser les racines des plantes et de produire des molécules de nature lipopeptidique qui sont les surfactines, les iturines et les fengycines. Ces dernières peuvent soit activer les défenses des plantes, soit avoir un effet antibactérien ou antifongique direct (**Perez-Garcia et al., 2011**).

Des bactéries appartenant à d'autres genres que le genre *Bacillus* ont également été développées en tant que biopesticides. Ainsi, la souche *Pseudomonas chlororaphis* MA342 est utilisée dans la prévention et le traitement de certains champignons des graines de céréales comme *Drechslerateres*, agent de l'helminthosporiose de l'orge (**Tombolini et al., 1999**). *Pseudomonas chlororaphis* MA342 protège également le blé et le seigle contre la fusariose et la septoriose. Plusieurs modes d'action sont proposés pour justifier son efficacité. Cette bactérie pourrait agir contre les champignons phytopathogènes par antibiose directe, par concurrence spatiale et nutritive ou en activant les défenses des plantes (**Boulon, 2010**).

### III.2.1.2. Les virus

Les Baculoviridae sont des virus à double brins d'ADN circulaire, ayant un génome compris entre 100 et 180 kb, protégés par une paroi protéique (**Chen et al., 2002**). Ils infectent les arthropodes insectes ou larves. Ils représentent un faible risque sanitaire car aucun virus similaire n'a, à l'heure actuelle, été répertorié dans l'infection des vertébrés ou des plantes. Cette propriété les rend particulièrement intéressants pour une utilisation en qualité de bio-insecticide, d'autant plus qu'ils peuvent tuer leur hôte en quelques jours. Ces virus sont classés en fonction de la morphologie particulière de leur corps d'inclusion. Ainsi, on retrouve les Granulovirus, comme *Cydia pomonella* granulosis, inclus dans des granules de forme ovale ou ovoïde et les nucleopolyhedrovirus, comme *Helicoverpa zea* (HzSNPV) et *Spodoptera exigua* nucleopolyhedrosis qui sont inclus dans des polyèdres de forme arrondie, cubique ou hexagonale (**Chen et al., 2002**). Les nucléopolyhedrovirus infectent les larves de lépidoptères selon un mode atypique. En effet, deux formes virales, génétiquement identiques mais structurellement différentes, sont nécessaires pour avoir un cycle complet d'infection. La forme dite « virion inclus » infecte les cellules de l'intestin moyen après ingestion par l'hôte. Une forme dite « virion bourgeonnant » transmet l'infection de cellule en cellule. Les corps d'inclusions sont composés de protéines cristallines qui protègent les virions des dégradations pouvant être causées par l'environnement, mais sont dissoutes par le pH alcalin de l'estomac des larves. Une fois les protéines cristallines dissoutes, les virions sont libérés. L'infection primaire qui débute dans l'intestin moyen produit les formes bourgeonnantes qui progressent de la

membrane basale jusqu'aux tissus de l'hôte. Lors de cette progression, des formes virions bourgeonnants et virions inclus sont produites. La propagation dure environ 4 jours. Les tissus meurent et se liquéfient. Cette liquéfaction, caractéristique des maladies provoquées par une infection aux nucléopolyhydrovirus, libère des millions de formes incluses qui infectent les nouveaux hôtes (**Washburn et al., 2003**).

### III.2.1.3. Les champignons

Outre les bactéries et les virus, certains champignons présentent des activités contre les bio-agresseurs et sont exploités en tant que bio pesticides. *Coniothyrium minitans* est connu pour parasiter les champignons du genre *Sclerotinia* spp. Ce genre fongique se retrouve dans le sol et est à l'origine de la maladie appelée pourriture blanche qui peut affecter de nombreuses cultures dont la carotte, le haricot, le colza ou le tournesol. *Coniothyrium minitans* est connu pour pénétrer dans les sclérotés de *Sclerotinia sclerotiorum* soit par des craquelures situées à l'extérieur de cette forme de conservation du champignon, soit en s'introduisant par l'écorce extérieure en suivant une voie intercellulaire. Il poursuit ensuite son chemin en intracellulaire en pénétrant le cortex et la médullaire. Le parcours intracellulaire de *C. minitans* est possible car il produit des enzymes de dégradation des parois telles que les chitinases ou les  $\beta$ -1,3 glucanases. En plus de ces enzymes extracellulaires, diverses molécules pouvant intervenir dans les mécanismes d'action contre *Sclerotinia* spp. ont été identifiées dans des cultures de *C. minitans*. Parmi ces molécules, il y a des 3(2H) -benzofuranones, des chromanes, des métabolites antifongiques ainsi que la macrophelide connue pour inhiber l'adhésion des cellules de mammifères et qui, à de faibles concentrations, inhibe la croissance de *Sclerotinia sclerotiorum* et de *Sclerotinia cepivorum* (**Mcquilken et al., 2003**). Plusieurs souches du champignon filamenteux du genre *Trichoderma* spp. sont utilisées pour la protection biologique des plantes. Elles ont généralement une activité antifongique contre plusieurs pathogènes du sol ou contre des pathogènes foliaires (**Dodd et al., 2003**).

*Trichoderma atroviride* est notamment utilisée pour la protection biologique de la vigne (**Longa et al., 2009**). L'activité de bio-contrôle de cette souche est attribuée à plusieurs mécanismes d'action qui agissent en synergie. Parmi ces mécanismes d'action, il y'a la compétition pour les nutriments, l'antibiose, ou la production d'enzymes spécifiques de dégradation des parois cellulaires comme les chitinases ou protéases (**Brunner et al., 2005**).

En provoquant des pertes totales de cultures estimées à près de 10 %, les nématodes du genre *Meloidogyne* spp. sont les plus destructeurs au monde (**Anastasiadis et al., 2008**). Les

nématicides chimiques les plus efficaces contre eux ont été progressivement retirés du marché à cause de leur impact sur l'environnement (**Anastasiadis et al., 2008**). Le champignon *Paecilomyces lilacinus* est l'un des produits alternatifs les plus étudiés dans la lutte biologique contre ces nématodes. Il a la capacité d'infester plusieurs phases de développement du parasite. Il est particulièrement connu pour avoir des propriétés ovicides. *Paecilomyces lilacinus* pénètre dans les œufs de nématodes en sécrétant des chitinases et protéases (**Dong et al., 2007**). Il peut également infester les nodules racinaires où se trouvent ces œufs. Les hyphes fongiques déjà formées peuvent s'introduire dans les nématodes adultes via leurs orifices naturels. Dans tous les cas d'infestation, *Paecilomyces lilacinus* se nourrit des tissus des nématodes pour pouvoir se développer.

#### III.2.1.4. Biopesticides végétaux

Les plantes produisent des substances actives ayant des propriétés insecticides, aseptiques ou encore régulatrices de la croissance des plantes et des insectes. Le plus souvent, ces substances actives sont des métabolites secondaires qui, à l'origine, protègent les végétaux des herbivores. Le bio pesticide d'origine végétale le plus utilisé est l'huile de neem, un insecticide extrait des graines d'*Azadirachta indica* (**Schmutterer, 1990**). Plusieurs molécules dont l'azadirachtine, la nimbidine, la solanine, le décastyleazadirachtinol et le méliantriol ont été identifiées comme biologiquement actives dans l'huile extraite des graines de neem. L'azadirachtine, un mélange de sept isomères de tétranortritarpinoïde, est le principal ingrédient actif de cette huile et a la propriété de perturber la morphogénèse et le développement embryonnaire des insectes (**Srivastava et al., 2007 ; Correia et al., 2013**).

D'autres extraits de plantes ont des activités insecticides ; ainsi, *Tanacetum* (*Chrysanthemum*) *ciner ariaefolium*, plus communément appelé pyrèthre, est une plante herbacée vivace cultivée pour ses fleurs dont une poudre insecticide est extraite. Ses principes actifs, appelés pyréthrine, attaquent le système nerveux de tous les insectes. Cependant, ces molécules naturelles sont rapidement dégradées par la lumière. Il y'a sur le marché des pyréthrinoïdes de synthèse qui sont beaucoup plus stables que leurs homologues naturels. *Quassia amara* est un arbre d'Amérique dont est extraite la quassine, un insecticide qui a montré une faible toxicité pour l'Homme, les animaux domestiques et les insectes utiles.

Certaines huiles végétales, qui n'ont pas d'activité antiparasitaire intrinsèque, peuvent être retrouvées sur le marché en tant que biopesticide. Dans ce cas, ce sont leurs propriétés physiques qui sont exploitées. Ainsi, l'huile de colza est l'ingrédient principal de quelques



produits comme le VegOil car, aspergée sur lesfeuilles et les ravageurs, elle forme un film huileux qui asphyxie ces derniers.

Les plantes à pesticides intégrés (Plant Incorporated-Protectants, PIPs) sont des organismes modifiés par génie génétique, capables de produire et d'utiliser des substances pesticides afin de se protéger contre des insectes, des virus ou des champignons. Les PIPs les plus connues sont des plants de pommes de terre, maïs et coton ayant la particularité de produire la protéine Cry de *B. thuringiensis*. Pour l'agence américaine de protection de l'environnement (United States, Environmental Protection Agency, US.EPA), les PIPs sont une catégorie de biopesticides. Les premières PIPs ont été cultivées aux États-Unis d'Amérique en 1995/1996. Les surfaces agricoles mondiales cultivées en PIPs sont passées de 11,4 millions d'hectares en 2000 à plus de 80 millions en 2005 (Shelton et al., 2002 ; Bates et al., 2005). Certains pays de l'Union européenne émettent des réticences quant à leur utilisation. En effet, pour des raisons qualifiées d'éthique, morale et des réserves sur leur sureté biologique, seuls 5 des 27 pays membres de l'Union européenne ont adopté leur utilisation (Kumar et al., 2008). Ainsi, le maïs Bt (*Bacillus thuringiensis*) est couramment cultivé en Espagne, Portugal, Roumanie, Pologne et Slovaquie, alors que la lignée de maïs Bt MON810 est formellement interdite dans certains pays comme la France, l'Autriche, l'Allemagne, la Grèce, le Luxembourg et la Hongrie (Meissle et al., 2011).

### III.2.1.5. Biopesticides animaux

Ces biopesticides sont des animaux comme les prédateurs ou les parasites, ou des molécules dérivées d'animaux, souvent d'invertébrés comme les venins d'araignées, de scorpions, des hormones d'insectes, des phéromones (Goettel et al., 2001 ; Saidenberg et al., 2009; Aquiloni et al., 2010).

La coccinelle est l'insecte auxiliaire le plus connu. La coccinelle *Rodolia cardinalis* prélevée en Australie est couramment utilisée comme prédateur de la cochenille *Icerya purchasi*. Même si elle a été introduite dès le 19e siècle en Californie pour enrayer la destruction des agrumes, les Iles Galápagos n'ont autorisé son introduction qu'en 2002 (Alvarez et al., 2012). Les effets des biopesticides d'origine animale et plus particulièrement des insectes auxiliaires sur la faune locale sont minutieusement étudiés avant leur utilisation.

Les bio pesticides d'origine animale qui sont des signaux chimiques produits par un organisme et qui changent le comportement d'individus de la même espèce ou d'espèces différentes sont également répertoriés sous l'appellation « sémio-chimiques ». Les sémio-

chimiques ne sont pas à proprement parler des « pesticides ». En effet, ils ne vont pas provoquer la mort des bio-agresseurs, mais plutôt créer une confusion chez ces derniers. Cette confusion les empêchera de se propager dans la zone traitée. Les phéromones d'insectes sont de bons exemples de molécules sémio-chimiques utilisées comme alternative à l'utilisation des insecticides. Il s'agit de petites molécules naturellement produites par les insectes et qui sont détectées au niveau des antennes de leurs congénères. Ces molécules peuvent être éphémères ou persistantes, mais dans tous les cas véhiculent un message. Elles peuvent marquer un territoire, prévenir de la disponibilité de nourriture ou être un signal pour l'accouplement. Les phéromones d'insectes sont largement utilisées aussi bien pour limiter les insectes ravageurs via des techniques de piégeage ou de confusion sexuelle que pour surveiller leur nombre (Deravel et al., 2014) .

### III.3. Avantages et inconvénients de biopesticides

- **Avantages**

- Peu de pollution environnementale ni de problèmes de santé car cela réduit l'utilisation des pesticides chimiques
- Produits peu toxiques et basés sur des ressources naturelles
- Les pesticides se dégradent rapidement après leur application (en moyenne 6,5 jours contre plusieurs dizaines de jours pour la plupart produits chimiques (Deravel et al., 2013)).
- Certains produits (comme des champignons *Trichoderma*) peuvent avoir des effets complémentaires sur la culture (comme la facilitation « de l'absorption d'éléments nutritifs du sol par les plantes » (Harman, 2011)).

- **Contraintes**

- Certains produits peuvent affecter les insectes et autres animaux utiles à la culture
- Prendre les mêmes précautions que pour les produits chimiques.
- Choisir un bio pesticide adapté (connaître son mode d'attaque, son spectre d'action, ses bénéfices mais aussi ses désavantages).
- Vérifier que le produit est autorisé dans la réglementation du pays en vigueur.
- La réglementation n'autorise pas leur utilisation en agriculture biologique dans tous les pays du monde.
- Actions dépendantes des conditions climatiques
- Efficacité pas autant assurée sur tous les produits

# **Partie expérimentale**

# **Chapitre IV : Matériel et Méthodes**

### IV.1. Objectifs de l'expérimentation

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de quelques biopesticides sur les insectes ravageurs de la culture de fève *Vicia faba* en plein champs et leur impact sur le rendement de cette culture.

### IV.2. Lieu de l'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée dans une parcelle de la ferme expérimentale de l'Université Djilali Bounaama, Khemis Milina, wilaya d'Ain Defla (Fig. 10).

Cette région est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité. La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an, une série d'étage climatiques qui va du subaride au fond de la vallée au subhumide sur les reliefs. Ce type de climat perturbe sérieusement les campagnes agricoles. La température est marquée de 20°C de janvier à aout. L'été s'étend sur six mois environ avec des masses d'air chauds. L'hiver étant froid dans la partie centrale de Zaccar et les gelées relativement fréquentes de novembre à mai. (DSA d'Ain Defla, 2020).



**Figure 10** : Localisation de lieu expérimental (Google earth, 2020).

### IV.3. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est une variété de fève « Aguadulce » (Fig. 11) originaire d'Espagne.

Les caractéristiques phénologiques de cette variété sont :

- Plante enrichissante, elle fixe l'azote.
- Longévité : Moyenne de la graine 5 à 6 ans.
- Germination : 6°C lui est nécessaire pour la levée.
- Dose de semis : 150 à 200 Kg/ ha.
- Cycle végétatif : 120 jours

Ses exigences édaphiques et climatiques sont :

- Aime les sols argileux siliceux riches en humus
- Température : 18-22°C résiste au froid jusqu'à - 3°C.
- pH : 6 à 7.
- Aime les sols humides.
- Salinité : plante tolérante 3,20 à 5,10g/l.
- Résiste à la chaleur, exigeante en lumière, plante des jours longs.



Figure 11 : Fiche technique de la variété Aguadulce.

#### IV.4. Biopesticides utilisés

Quatre biopesticides sont testés, dont trois sont à base de champignons et le quatrième est une huile végétale.

Les biopesticides sont présentés dans le tableau 2 :

**Tableau 2** : Biopesticides utilisés pour l'essai.

Non commercial	Composition
BIO-CATCH 1.5 WP	<b>Matière active</b> : 1,5% de <i>Verticélium lecani</i> Poudre contenant des spores et des fragments mycéliens ( $1 \times 10^8$ CFU's /gm) du champignon entomopathogène <i>Verticelium lecani</i>
BIO-MAGIC 1.15 WP	<b>Matière active</b> : 1.15% <i>Metarhizium anisopliae</i> Poudre contenant des spores et des fragments mycéliens ( $1 \times 10^8$ CFU's /gm) du champignon entomopathogène <i>Metarhizium anisopliae</i>
BIO-POWER 1.15 WP	<b>Matière active</b> : 1.15% <i>Beauveria bassina</i> Poudre contenant des spores et des fragments mycéliens ( $1 \times 10^8$ CFU's /gm) du champignon entomopathogène <i>Beauveria bassina</i>
Nimbecidine 0.03%	<b>Matière active</b> : 0.03% Azadirachtine Huile de neem (90.57%) contenant 0.03% Azadirachtine, 5,00% Hydroxyl EL, 0.5% Epichlorohydrin, 3.90% Aromax

✚ Un insecticide chimique a été utilisé pour comparaison, il s'agit du « Aciplan » : il contient 20% d'acetamipride (matière active).

#### IV.5. Mise en place de l'essai

##### IV.5.1. Parcelle expérimentale

L'essai est réalisé en plein champs dans une parcelle d'environ  $1200 \text{ m}^2$  ( $25 \times 48 \text{ m}^2$ ) (Fig. 12).



**Figure 12:** Parcelle expérimentale de l'Université Djilali Bounaama (**Originale, 2020**).

#### IV.5.2. Dispositif expérimental

Nous avons adopté un modèle de dispositif en blocs complètement randomisés avec 10 traitements et 3 répétitions (Fig. 13). La parcelle expérimentale a été divisée en trois blocs chaque bloc contient 10 parcelles élémentaires de 7m de long et 2,5 m de large.

Les produits sont utilisés aux concentrations recommandées par les producteurs ; pour les mélanges, la moitié de la concentration est utilisée pour chacun des deux produits. Les traitements sont utilisés dans les parcelles élémentaires de chaque bloc sont :

- Témoin T0 : sans aucun traitement
- Aciplan 20 SP (T) : 0,3 g/l
- Bio-catch (BC): 5g/l
- Bio-power (BP): 5g/l.
- Bio-magic (BM): 5g/l
- Nimbecidine (Nb) : 3ml/l
- Nimbecidine 1,5ml/l + Bio-catch 2,5 g/l (Nb+BC)
- Nimbecidine 1,5 ml/l + Bio-power 2,5 g/l(Nb+BP)
- Nimbecidine 1,5 ml/l + Bio-magic 2,5 g/l(Nb+BM)
- Nimbecidine 1,5 ml/l + : 0,15 g/l Aciplan(Nb+AC)

<b>Bloc 1</b>	Nb+BC	T	BC	BP	Nb	Nb+DS	BM	Nb+BP	Nb+BM	T0
<b>Bloc 2</b>	Nb+BM	BP	T0	Nb+BC	BM	Nb+BP	Nb+DS	Nb	T	BC
<b>Bloc 3</b>	BM	Nb+BP	Nb	Nb+BM	BC	T0	T	BP	BC	Nb+BC

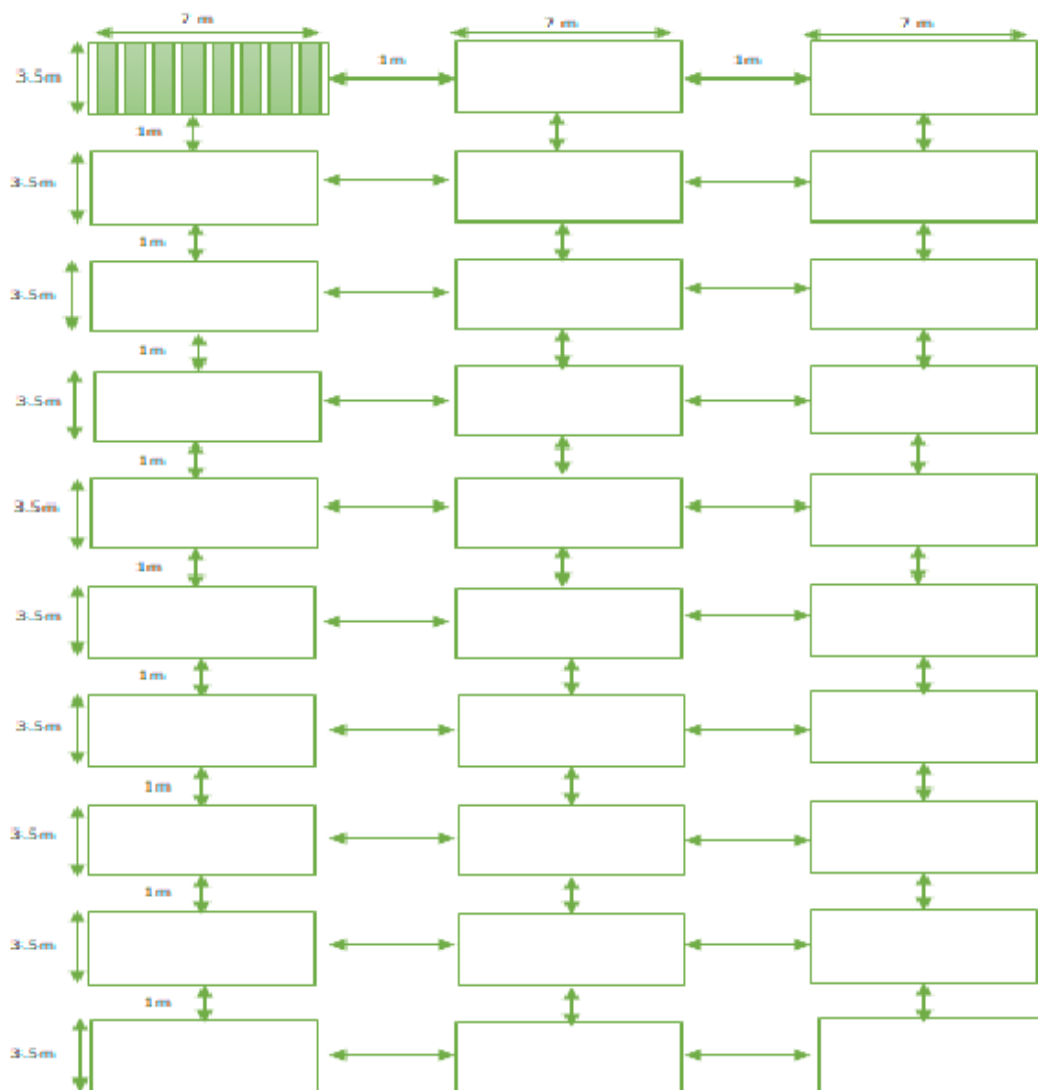
**Figure 13 :** Schéma du dispositif expérimental



### IV.3.2. Conduite de l'essai

#### IV.5.3.1. Préparation de sol

Les opérations de préparation du terrain consistaient à un labour qui a pour objectif d'éliminer les obstacles structuraux et assurer une bonne infiltration des eaux de pluie, et un meilleur développement du système racinaire. Il a été effectué le 16/12/2019. Un chisel à dents rigides lié à un tracteur a été utilisé car le sol était sec. Une charrue à 3socs a été utilisée pour découper horizontalement la bande de labour. Les blocs expérimentaux ont été tracés manuellement. Trois blocs ont été tracés, chacun contient 10 parcelles élémentaires de 7 m de long et 2,5 m de large. La distance entre les sous parcelles est d'environ 1m (Fig.14).



**Figure 14 :** Schéma représentant le traçage des parcelles élémentaires.

### IV.5.3.2. Semis

Un semis en ligne a été fait manuellement, 9 sillons ont été tracés dans chaque sous parcelle. La distance entre les sillons est de 60 cm et celle entre les graines est de 30 cm (Fig. 15 et 16).



**Figure 15:** Préparation des sillons avec une charrue à 3socs(Originale, 2020).



**Figure 16 :** Semis en ligne (Originale, 2020).

### IV.5.3.3. Irrigation et soins culturaux

L'irrigation a été évitée d'irriguer pendant les deux premières semaines qui ont suivi le semis, vu qu'un excès d'eau à ce stade réduit la croissance de la culture et augmente les risques de pourriture des racines. La première irrigation a été effectuée le 02/01/2020 tôt le matin. A partir de cette date la culture a été irriguée une fois par semaine pendant deux mois.

Les soins culturaux ont porté sur le sarclage, le binage et le buttage.

La fertilisation a été réalisée en utilisant un fertilisant foliaire water soluble fertilizer (Fig. 17) en utilisant une concentration de 100 g/10l.



**Figure 17:** Produit fertilisant “water soluble fertilizer”.

#### IV.5.3.4. Observation et identification des insectes ravageurs apparus dans la culture

Des observations sur terrain ont été effectuées tout au long de la culture pour détecter et identifier les insectes présents dans la culture. Des individus collectés de la parcelle ont fait l’objet d’observations au laboratoire.

Quatre insectes ravageurs ont été détectés

- **Puceron noire** : *Aphis fabae* (Fig.18)
- **Sitone** : *Sitona lineatus* (Fig. 19)
- **Le bruche de la fève**: *Bruchus rufimanus* (Fig. 20)
- **Lixe poudreux de la fève** (Fig.21)



**Figure 18:** Puceron noir de la fève (Originale, 2020).



**Figure 19:** Sitone de la fève (a) et ses dgâts sur les feuilles (b) (Originale, 2020).



**Figure 20:** Bruche de la fève *Bruchus rufimanus* (Originale, 2020).

- a. Observation en plein champ
- b. Observation sous loupe binoculaire au laboratoire



**Figure 21 :** Lixe poudreux de la fève (Originale, 2020).

### IV.5.3.5. Application des traitements et observations

#### IV.5.3.5.1. Application des traitements

**Cette partie du travail n'a pas été réalisée :** Deux applications de traitements à intervalle d'une semaine ont été prévues (mais non réalisées vu la situation sanitaire liée à la pandémie Covid 19). L'application des traitements se fait à l'aide d'un pulvérisateur à main.

#### IV.5.3.5.2. Observation des insectes

Des observations doivent se faire 1 jour avant le traitement et 2 jours, 5 jours et 7 jours après traitement.

Le dénombrement des pucerons et des bruches se fait sur chacun des dix plants centraux de chaque parcelle élémentaire, à raison de neuf feuilles de fève/plant dont 3 apicales, 3 au milieu et 3 à la base du plant.

Les paramètres liés aux insectes sont :

- Nombre moyen d'insectes avant et après traitement (pucerons, et bruches seront pris en considération vu leurs effectifs importants par rapport aux autres insectes).
- Taux de réduction de l'infestation : Ce taux est calculé comme suit :

$$\text{Réduction de l'infestation (\%)} = \left(1 - \left(\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}\right)\right) \times 100$$

a : Population dans la parcelle traitée avant pulvérisation

b : Population dans la parcelle traitée après pulvérisation

c : Population observée dans la parcelle non traitée (témoin) avant pulvérisation

d : Population observée dans la parcelle non traitée (témoin) après pulvérisation

#### IV.5.3.5.3. Observations pour estimer l'effet des traitements sur le rendement

Les observations vont commencer à la floraison et se poursuivront jusqu'à la nouaison et la formation des gousses. 10 plants sont choisis aléatoirement au niveau de chaque sous parcelle.

Les paramètres liés au rendement de la culture sont :

- Nombre moyen des fleurs par plant
- Nombre de gousses par plant
- Le taux de nouaison
- Poids des gousses par plant
- La production parcellaire
- Rendement en tonne par hectare

**IV.6. Analyse statistique**

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à un critères de classification en utilisant le logiciel STATISTICA (version 6.1) pour déterminer l'action des traitements vis-à-vis des insectes ravageurs de la fève et leur effet sur les variables liées au rendement de la culture. Lorsque cette analyse montre des différences significatives, elle est complétée par le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 0.05.

# **Chapitre V : Résultats et discussion**



### Résultats antérieures

Vue la situation sanitaire liée à la pandémie Covid 19, l'expérimentation n'a pu être finalisée. Ainsi, uniquement des résultats antérieures sont présentés dans ce chapitre :

Les résultats antérieurs ont montré l'efficacité de plusieurs biopesticides (dont ceux prévus pour être utilisés dans cette étude) dans la lutte contre les insectes ravageurs de la fève particulièrement les pucerons et les bruches que ce soit dans les conditions de laboratoire ou en plein champ :

L'efficacité des biopesticides Bio-Catch (*Verticellium lecani*), Bio-Power (*Beauveria bassiana*), Bio-Magic (*Metarhizium anisopliae*), Bio-Nematon (*Paecilomyces lilacinus*) et Priority (*Paecilomyces fumosoroseus*) a été évaluée contre le puceron de la fève *Aphis fabae* dans les conditions de laboratoire. Pour tous ces champignons entomopathogènes, un taux de mortalité de 50% a été atteint dès le 3<sup>ème</sup> jour après traitement et approximativement 90% de mortalité a été atteint le 5<sup>ème</sup> jour (**Saruhan et al., 2014**).

L'efficacité des champignons *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* et *Verticillium lecanii* sur la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* a été évaluée en conditions de laboratoire et en plein champs. Au laboratoire, les CL50 de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* et *Verticillium lecanii* étaient respectivement de 141, 138 et 146 spores / ml. Sur le terrain, les traitements des champignons *B. Bassiana* et *M. anisopliae* ont donné la meilleure protection pour les fèves contre l'infestation par *B. rufimanus*. En effet, Jusqu'à 60 jours, les pourcentages d'infestation n'ont pas dépassé, respectivement 13%, 15% (**Sabbour et E-Abd-El-Aziz, 2007**).

**Ahmed et al. (2007)** ont évalué la toxicité de deux formulations à base d'azadirachtine Neem-Azal T/S et Neemix contre les stades immatures et les adultes du puceron de la fève (*Aphis fabae*); les deux produits avaient des effets remarquables sur les pucerons adultes quand ils sont utilisés comme insecticides systémiques.

L'efficacité des biopesticides à base champignons ou d'origine végétale, particulièrement le neem (Azadiractine) a été prouvée sur des insectes ravageurs d'autres cultures :

**Mehinto et al. (2014)** rapportent que l'application de *Beauveria bassiana* (isolat Bb 115) et un mélange Neem (Topbio) - virus Mavi MNPV sur la culture du niébé a réduit



considérablement la densité des populations des insectes ravageurs *Maruca vitrata*, *Megalurothrips sjostedti*, *Clavigralla tomentosicollis*.

**Sajid et al. (2017)** rapportent que des biopesticides à base de *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* sont efficaces contre le puceron *Lipaphis erysimi*, ils ont entraîné des taux de mortalité de 83.23% et 78.33% respectivement.

Un biopesticides d'origine végétale, le neem (matière active : Azadirachtine, formulation commerciale : nemactin 1500 ppm @ 2.5 ml/L) a été appliqué contre les pucerons *Myzus persicae* Sulz. et *Aphis gossypii* Glov. sur la culture de pomme de terre. Les résultats étaient satisfaisants avec plus de 60% de suppression des pucerons et le rendement de la culture a été amélioré par rapport au témoin (**Ghosh, 2015**).

**Akbar et al. (2008)** ont évalué l'efficacité de Biosal (formulation du neem qui contient 0.32% Azadirachtin) en comparaison avec quelques insecticides conventionnels contre le puceron *Myzus persicae* en culture de moutarde, les résultats ont montré l'efficacité de ce biopesticide.

**Hossain et Poehling (2006)** signalent qu'un insecticide à base de neem Azal-T/S<sup>R</sup> a été efficace contre les stades immatures de la mineuse asiatique des feuilles *Liriomyza sativae* (Diptera : Agromyzidae) sur la culture de la tomate.

L'efficacité du *Verticillium lecanii* à 2,5 kg / ha a été étudié sur la culture du gombo en comparaison à des insecticides chimiques, les résultats ont révélé que *V. lecanii* est efficace pour contrôler les populations de pucerons avec une mortalité minimale de coccinelles par rapport à d'autres insecticides (**Bade et al., 2017**)

# Conclusion

### Conclusion

L'objectif de cette étude est l'évaluation de l'efficacité de quelques biopesticides à base de champignons et un d'origine végétale contre les insectes ravageurs de la culture de fève.

La situation sanitaire actuelle (pandémie Covid -19) a créé des contraintes pour la finalisation de l'expérimentation, ainsi l'objectif n'est pas atteint. Néanmoins, les résultats des travaux antérieurs ont révélés que les biopesticides à base de champignons ou d'origine végétale ont montré une efficacité contre les insectes ravageurs de la fève particulièrement les pucerons et les bruches dans les conditions de laboratoire ou en plein champ. Ils sont aussi efficaces contres des insectes nuisibles à d'autres cultures.

Cette étude doit être reprise pour finaliser l'expérimentation afin de confirmer l'efficacité des produits à tester.

Les biopesticides peuvent être utilisés comme candidats potentiels pour la lutte intégrée contre les insectes ravageurs des cultures pour diminuer l'utilisation des pesticides chimiques qui engendrent des problèmes majeurs pour la santé humaine et un grand risque pour la contamination de l'environnement.

# **Références bibliographiques**

### Références bibliographiques

- AbbadAndaloussi S., 2001.** Screening of *Vicia faba* for résistance to the «Giant race » of *Ditilencuhusdipsoci* in Morocco. *NematolMediterr.* Pp 29-33.
- Abdelkader F. Z., 2015.** Etude de l'activité insecticide des extraits hydroalcoliques de *Ricinuscommunis* L. et *Sapindussaponaria* L. sur le puceron noire de fève « *Aphis fabae* », Mémoire de Fin d'Etudes de Master en Agronomie 85p.
- Abu Amer J.H., Saoub H.M., Akash M.W. and Al-Abdallat A.M., 2012.** Gene tic and phenotypic variation among faba bean landraces and cultivars. *Int. J. Veg. Sci.* 17: 45-59.
- Ahmed A.A.I., Gesraha M.A. and Zebitz C.P.W., 2007.** Bioactivity of two neem products on *Aphis fabae*. *J. Appl. Sci. Res.*, 3(5): 392-398.
- Akbar M.F., Yasmin N., Naz F. and Haq A., 2008.** Efficacy of imidacloprid and endosulfan in comparison with biosal (Biopesticide) against *Myzus persicae* (Sulzer) on mustard crop. *Pakistan j. entomol.* Karachi, 23 (1&2): 27-30.
- Anastasiadis I., Giannakou I., Prophetou-Athanasiadou D. and Gowen S., 2008.** The combined effect of the application of a biocontrol agent *Paecilomyces lilacinus*, with various practices for the control of root knot nematodes. *Crop Prot.*, 27, 352-361.
- Anonyme, 2013.** Statistiques agricoles. Direction des services agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou. 1p.
- Aouar-Sadli M., Louadi K. et Doumandji S-E., 2008.** Pollination of the broadbean (*Vicia faba* L. var. major) (Fabaceae) by wildbees and honeybees (Hymenoptera: Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria). *African Journal of Agricultural Research.* 3(4): 266-272.
- Aquiloni L. and Gherardi F., 2010.** The use of sex pheromones for the control of invasive populations of the crayfish *Procambarus clarkia*: a field study. *Hydrobiologia*, 649, 249-254.
- Arvalis., 2014.** : <https://www.arvalisinstitutduvegetal.fr>
- Arvalis et Unip., 2013.** *Féverole de printemps et d'hiver* 2011-2012. Guide de culture. 27 p.
- Ashfaq M., Iqbal J, Ali A. and Farooq U., 2007.** Rôle of abiotic factors in population fluctuation of aphids on wheat. *Pak. Entomol.*, 29 (2): 117-122.

**Aversenq P., Goutier J. et Gueguen M., 2008.** *Le truffaut anti-maladies et parasites*. Larousse. Edition Octavo. 224 p.

**Bade B. A., Nimbalkar N. A., Kharbade S. B. and Patil A. S. (2017).** Seasonal Incidence and Bioefficacy of Newer Insecticides and Biopesticide against Aphids on Okra and Their Effect on Natural Enemies. *Int. J. Pure App. Biosci.* 5 (3): 1035-1043

**Balachowsky A.S., 1962.** *Entomologie appliquée à l'agriculture*. Ed. Masson et Cies, Tome I, Paris, 564p.

**Balachowsky A.S., 1966.** *Entomologie appliquée à l'agriculture* Tome II, Vol. I, pp. 563-578. Mason et Cie, Paris, France.

**Bargaz A., 2012.** *Caractérisation Agrophysiologique et biochimique de symbioses haricot (Phaseolus vulgaris)-Rhizobia Performantes pour la fixation symbiotique de l'azote sous déficit en phosphore*. Thèse de doctorat Présentée à la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech 146 p.

**Bates S., Zhao J.-Z., Roush R. and Shelton A., 2005.** Insect resistance management in GM crops: past, present and future. *Nat. Biotechnol.*, 23, 57-62.

**Benachour K., Louadi K. et Terzo M., 2007.** Rôle des abeilles sauvages et domestiques (Hymenoptera : Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var. major) (Fabaceae) en région de Constantine (Algérie). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.)*. 43(2) : 213- 219.

**Benayad N., 2008.** *Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées*. Mémoire fin d'étude , Université Mohammed V– Agdal. Rabat, 63p.

**Bitouche A., 2015.** *Etude de l'effet biocide de trois extraits végétaux : la coriandre (Coriandrum sativum), le persil (Petroselinum crispum) et le céleri (Apiumgra veolens) vis-à-vis du puceron noir de la fève Aphis fabae Scopoli, 1763 (Homoptera : Aphididae)*. Mémoire de master en agronomie, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 85p.

**Bohman, 1833.** <https://dl.ummoto.dz/handle/ummto9548>

**Boughdad A., 1994.** *Statut de nuisibilité et écologie des populations de Bruchus rufimanus Boheman, 1833 sur Vicia faba au Maroc*. Thèse d'Etat en Sciences, N° : 3628, Université de Paris, Orsay, France, 182p.

- Boughdad A., Louge A. and Loug G., 1997.** Life cycle of *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera: Bruchidae) on *Vicia faba* L. Var. minor L. (Leguminosae) in Morocco. Pages 793- 801 in: Int. Conf. on pests in Agric. At Le corum. Montpellier. France.
- Bouhachem S., 2002.** Les pucerons de la féverole en Tunisie. *Proceedings du 2ème Séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA « Le devenir des légumineuses alimentaires dans le Maghreb »*. Hammamet, Tunisie, Pp. 25-28.
- Boulon J. P., 2010.** Qu'est-ce que ? *Pseudomonas chlororaphis* souche MA342 bio-fongicide en traitement de semences de blé, triticales et seigle. *Phytoma Défense Végétaux*, 632, 10-12.
- Brink M. et Melese-Belay G., 2006.** *Céréales et légumes secs : ressources végétales de l'Afrique tropicale*. 1.Ed. Prota. Wagenengen, Pays-Bas, 328 p.
- Brunner K. and Zeilinger S., 2005.** Improvement of the fungal biocontrol agent *Trichoderma atroviride* to enhance both antagonism and induction of plant systemic disease resistance. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 3959- 3965.
- Bukejs A., 2010.** Materials to the Knowledge of Latvian seed beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae). *Baltic.J. Coleoptera*, 10 (2), 177-184.
- Cailliez B., 2005.** *La lutte contre la bruche de la féverole*. Ed. La France Agricole. N° 3109.
- Casari S.A. and Teixeira E.P., 1997.** Description and bioecological notes of final larval instar pupa of some seed beetles (Coleoptera: Bruchidae). *Annales de la société entomologique de France*. Vol 33, N° 3 pp 295-323.
- Chaillet I., Biarnès V., Fontaine L. and Chataignon M., 2014.** Fiche Technique : La culture de la féverole en AB. France Agrimer(1es éd). France, 9p.
- Chakir S., 1998.** *Biologie de Bruchus rufimanus (BOH) (Coleoptera: Bruchidae) et processus d'infestation aux champs*. Thèse de doctorat en sciences agronomiques Institut Agro et Vet Hassan II Maroc 124 p.
- Chaux C. et Foury C., 1994.** *Production légumière. Légumineuses potagères, Légumes, fruits. Technique et documentation*. Ed. Lavoisier, Paris Cedex 08, 484p.
- Chen X. and Virol J.G., 2002.** Comparative analysis of the complete genome sequences of *Helicoverpa zea* and *Helicoverpa armigera* single-nucleocapsid nucleopolyhedroviruses. *J. Gen. Virol.*, 83, 673-684.

- Christelle L., 2007.** *Dynamique d'un système hôte-parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron *Aphis gossypii* et au parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* en serre de melons.* Thèse Doctorat Agro, Paris Tech, Paris. 280p.
- Correia A. and Texeira V.W., 2013.** Microscopic analysis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) embryonic development before and after treatment with azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin. *J. Econ. Entomol.*, 106(2), 747-755.
- Cubero J. L., 1994.** *On the evolution of *Vicia faba**, Editions INVUFLEC, Paris, 503p.
- Daoui K., 2007.** *Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficience d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc.* Thèse de doctorat. Science agronomiques et biologique. Univ. Louvain, 227p.
- Dedryver Ca., 1982.** Qu'est-ce qu'un puceron ? *Journ. d'Infoet d'Etude «les pucerons des cultures »*, Le 2, 3 et 4 mars 1981. pp 9-20.
- Dedryver CA., Le Relec A. And Fabre F., 2010.** The conflicting relationship between aphids and men : A review of aphid damage and control strategies. *C.R.Biologies*, pp. 539- 553.
- Denlinger D.L., Yocum G.D. and Rinehart J.L., 2005.** Hormonal control of diapause. In *Comprehensive Molecular Insect Science* (ed. Gilbert L., Iatrou K., Gill S., editors.), pp. 615-650 Amsterdam: Elsevier Press.
- Deraison M., 2002.** *Isolement, caractérisation et cibles de nouveaux inhibiteurs de protéases pour la création de plantes transgéniques résistantes aux pucerons.* Thèse de doctorat en sciences de l'université paris-XI orsay, pp : 174.
- Deravel F., Krier F. et Jacques P., 2014.** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques. (Ed. France Agrimer (1es ed).France, 220-224p.
- Dodd S., Lieckfeldt E. and Samuels G., 2003.** *Hypocreaatro viridis* sp. Nov., the teleomorph of *Trichoderma atroviride*. *Mycologia*, 95(1), 27-40.
- Dogimont C., Bendahmane A., Chovelonn V. and Boissot N., 2010.** Host plant resistance to aphids in cultivated crops: genetic and molecular bases, and interactions with aphid populations. *C. R. biologies*. 333: pp. 566-573.
- Dong L., Yang J. and Zhang K., 2007.** Cloning and phylogenetic analysis of the chitinase gene from the facultative pathogen *Paecilomyces lilacinus*. *J. Appl. Microbiol.*, 103(6), 2476-2488.



- Doyle J.J. and Luckow M.A., 2003.** The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic. *Plant Physiol*, 131, pp. 900-910.
- D.S.A. d'Ain Defla., 2020.** Direction des Services Agricoles de la Wilaya d'Ain Defla. *Document interne non publié.*
- Duc G., 1997.** Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research.*, 53:99-109.
- Duc G., Shiyong-Bao B., Baumc M., Reddenb B., Sadiki M.E., Suso M.J., Vishniakova M. and Zong X., 2010.** Diversity maintenance and use of *Vicia faba* L. genetic resources. *Field Crops Research*, 115, pp 270–278.
- Dupont P., 1990.** *Contribution à l'étude des populations de la bruche de la fève Bruchus rufimanus (BOH). Analyse des relations spatiotemporelles entre la bruche et sa plante hôte.* Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Tours, 168p.
- Feron P., 2006.** *Protection intégrée des cultures : évolution du concept et de son application.* INRA, D19, 19-28.
- Fleurat-Lessard F., 2011.** *Les stratégies de lutte chimique en pré et post-récolte en Afrique. In Huignard et al., Insectes ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lutte en Afrique.* Ed. Quae, Paris, 145 p.
- Franssen C.J.H., 1956.** La méthode de livraison et le contrôle du livre-, *versellandbouke. Onders.* 62 (10), 1-75
- Fraival A., 2006.** Les pucerons. Insectes 3 n°141, office pour les insectes et leur environnement, France, 2eme trimestre, pp 03-08, site web [www.inra.fr/opieinsectes/pdf/i142fraival3.pdf](http://www.inra.fr/opieinsectes/pdf/i142fraival3.pdf).
- Fraival A., 2007.** Captures et collections. VI. Les filets. *Insectes*, n° 128: 38.
- Gade DW. (1994).** Environment, Culture, and Diffusion: The Broad Bean in Québec. *Cahiers dz Géographie du Québec.* 38(104) : 137-150.
- Georcret et Scheromm O., 1995.** *Lutte contre les insectes ravageurs des cultures : les apports de la biologie.* Ed. INRA, France, 42 p
- Gepts P., Beavis W.D., Brummer E.C., Shoemaker R.C., Stalker H.T., Weeden N.F. and Young N.D., 2005.** Legumes as a model plant family. Genomics for food and feed report

of the cross legume advances through genomics conference. *Plant Physiology*. 137 : pp 1228-1235.

**Ghosh, S. K., 2015.** Integrated field management of aphids (*Myzus persicae* Sulz. and *Aphis gossypii* Glov. Together) on potato (*Solanum tuberosum* L.) using bio-pesticides. *International Journal of Science Environment and Technology*, 4 (3): 682-689.

**Girard, C., 1990.** Féverole. *Techniques agricoles*. 2213: 1-16.

**Goettel M. and Hajek A., 2001.** Evaluation of non-target effects of pathogens used for management for arthropods. In: Wajnberg E., Scott J.K. & Qimby P.C., (eds). *Evaluating indirect ecological effects of biological control*. Wallingford, UK: CABI Publisher, 81-97.

**Godfrey L.D. and Long R.F., 2014.** UC IPM: UC management guidelines for weevils on dry beans [www Document]. URL <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r52300411.html?printpage> (accessed 6.16.16).

**Godin C. et Boivin G., 2002.** *Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraichères au Québec*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2000, révision 2002, 33 pages.

**Googleearth, 2020.** <https://www.google.com/earth/>

**Green C.F, Hebblethw A.I and Helene R., 1986.** The practice irrigating of faba bean. *Revue fabis news letter* N°5. ICARDA (SYRIE), pp 26-31.

**Hamadache A., 2003.** *La féverole*. Ed Inst. Techn. Gr. Cult (T.T.G.C), 13p.

**Hamadache A. Et Oufroukh A., 1994.** Rapport de mission effectuée du 10 au 13 avril 1994 à Biskra. Ed .inst. Gr. Cult. Et inst. Nati. Prot. Vég., Alger ,pp :12.

**Hamadache A., Ait-Abdallah F. et Belloula B., 1996.** Effet de l'environnement, de la date de semis et du désherbage sur le rendement en grain et ses composantes chez la fève (*Vicia faba* L.). *Céréaliculture*, 29, 15-18.

**Harman G., 2011.** *Trichoderma* not just for biocontrol anymore. *Phytoparasitica*, 39, 103-108.

**Harmel N., Francis F., Haubruge E. et Giordanengo P., 2008.** Physiologie des interactions entre pomme de terre et pucerons : vers une nouvelle stratégie de lutte basée sur les systèmes de défense de la plante. *Cahiers Agricultures Vol. 17, n° 396* : pp. 395-398.

- Hignard J., Glitho I.A., Monge P. et Regnault-Roger C., 2011.** *Insectes ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique.* Ed. Quae. Franc. 145 p.
- Hoffmann A., 1945.** *Coléoptères Bruchidae et Anthribidae.* In: Faune de France - 44 (Ed. Lechevalier, P.), pp. 1-184. Paris.
- Hoffman A., et Labeyrie V., 1962.** Sous famille des Bruchinae (p.442-490) *Entomologie appliquée à l'agriculture.* A.S. Balachowsky (ed.) Tome I, Premier Volume, Masson et Cie, Paris, 184p.
- Hossain M.B. and Poehling H-M, 2006.** Effects of neembased insecticide on different immature life stages of the leaf miner *Liriomyza sativae* on tomato. *Phytoparasitica* 34: 360–369.
- Hulle M., Turpeau-Ait Ighil E., Leclant F., et Rahn M.J., 1998.** *Les pucerons des arbres fruitiers, cycle biologique et activité de vol.* Ed. I.N.R.A., Paris. 668p.
- Hulle M., Turpeau-Ait Ighil E., Robert Y., et Monet Y., 1999.** *Les pucerons des plantes maraichères. Cycle biologique et activités de vol.* Ed A.C.T.A. I.N.R.A. Paris.
- Jarraya A., 2003.** *Principaux Nuisibles des Plantes Cultivées et des Denrées Stockées en Afrique du Nord; leur Biologie, leurs Ennemis Naturels, leurs Dégâts et leur Contrôle. Maghreb* (Ed climat pub, 2003), Tunisie, 450 p.
- Jensen E.S., Peoples M.B. and Hauggaard-Nielsen H., 2010.** Faba bean in cropping systems. *Field Crops Research*, 115 : 203-216.
- Kaniuczak Z., 2004.** Seed damage of field bean (*Vicia faba* L. var. minor Harz.) caused by broad bean weevil (*Bruchus rufimanus* BOH). (Coleoptera: Bruchidae). *J. Plant Prot. Res.* 44, 125-130.
- Khalidi R., Zekri S., Maatougui M.E.H. et Ben Yassine A., 2002.** L'économie des légumineuses alimentaires au Maghreb et dans le monde. *Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA « Le devenir des légumineuses alimentaires dans le Maghreb ».* Hammamet, Tunisie, pp 81-86.
- Kheloul L., 2014.** *Inventaire qualitatif et quantitatif des pucerons inféodés à la culture de la fève. Dynamique des populations de certaines espèces caractéristiques dans deux parcelles de*

*fève Vicia faba Minor et Vicia faba major dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou) : Thèse de magister, Université de Tizi-ouzou. 154p.*

**Krister H., 2008.** *Pucerons, mildiou, limaces... - prévenir, identifier, soigner bio*, Ed. APMIS, Finlande, 517p.

**Kumar S., Chandra A. and Pandey K.C., 2008.** *Bacillus thuringiensis (Bt) transgenic crop: an environment friendly insect-pest management strategy. J. Environ. Biol., 29(5), 641-653.*

**Labrie G., 2010.** *Synthèse de la littérature scientifique sur le puceron du soya, Aphis glycines Matsumura.* Centre De Recherche Sur Les Grains Inc. (CÉROM), Québec. 515p.

**Lahmar M., 1987.** *Les insectes nuisibles aux cultures de légumineuses alimentaires au Maroc. Food legume improvement proceeding of training course, I.C.A.R.D.A., Pp. 60- 62.*

**Lambert L., 2005.** *Les pucerons dans les légumes de serre : Des bêtes de sève.* Ed. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec.

**Lamy M., 1997.** *Les insectes et les hommes.* Ed. Albin Michel, Paris, 96 p.

**Lardjane-Hamiti A., 2009.** *Contribution à l'étude des populations de la bruche de la fève Bruchus rufimanus (BOHEMAN 1833) (Coleoptera : Bruchidae) durant les périodes de diapause et d'activité reproductrice. Analyse des relations spatio-temporelles entre la bruche et sa plante hôte.* Thèse Magister. Inst. Bio.Tizi-Ouzou, 108p.

**Laumonier R., 1979.** *Cultures légumières et maraîchères, Tome III.* Ed. J.B. BAILLIÈRE. Bordeaux, 276p.

**Lazrek-Ben Friha F., 2008.** *Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de Medicago truncatula et recherche de QTL liés au stress salin.* Thèse de doctorat. Sciences biologiques. Université de Toulouse. 255p.

**Leclant F., 1982.** *Les effets nuisibles des pucerons sur les cultures.* Journ. Info. Etud. 2, 3 et 4 Mars 1981, Paris : pp. 37-56.

**Leclant F., 1996.** *Dégâts et identification des pucerons.* PHM Revue Horticole, n° 369. pp 25-39.

**Leclant F., 1999.** *Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification. I- Grandes cultures.* Ed. ACTA, INRA. Paris. 64p.

- Lecoq H., 1996.** Les pucerons : de redoutables vecteurs de virus des plantes. *Revue Horticol*, pp.25-28.
- Lienard V. et Seck D., 1994.** Revue des méthodes de lutte contre *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae), ravageur des graines de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) en Afrique *Tropicale. Insect Sci. Appli.* 15(3), 301-311.
- Lim T.K., 2012.** *Vicia faba. Fruits*, 2: 925-936.
- Loss S.P. and Siddique K.H.M., 1997.** Adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) to dryland Mediteranean-type environments. I. seed yield and yield components. *Field Crops Research.* 52 : 17-28.
- Lyon, 1983.** <http://www.numdam.org>.
- Maatougui M.E.H., 1996.** *Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance in rehabilitation of faba bean.* Ed. Actes, Rabat (Maroc), pp 17-32.
- Matlosz I., 1998.** Results of studies on susceptibility of some field broad bean cultivars to seed damage by broad bean weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.) in Rzeszów region. *Journal of Plant Protection Research*, 38: 154–157
- Mahmoudi P., 1991.** *Journée forum sur la production de semences, maladies des légumineuses transmissibles par les semences.* Document photocopié, Ed. I.T.G.C., 17 p.
- McQuilken M., Gemmell J., Hill R. and Whipps J., 2003.** Production of macrospore A by the mycoparasite *Coniothyrium minitans*. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2009, 27-31.
- Mediouni Ben Jemâa J., 2014.** Essential oil as a source of bioactive constituents for the control of insect pests of economic importance in Tunisia. *Med. Aromat. Plants.*, 3, 158, <http://dx.doi.org/10.4172/2167-0412.1000158>.
- Medjdoub-Bensaad F., 2007.** *Etude bioécologique de la bruche de la fève Bruchus rufimanus (BOH) (Coleoptera:Bruchidae). Cycle biologique et diapause reproductrice dans la région de Tizi-Ouzou.* Thèse de Doctorat en sciences biologiques, U.M.MT.O. 126p.
- Medjoub-Ben Saad, F., Khelil M.A., Huigniard J., 2010.** *Bioécologie et diapauses reproductrice de la bruche de la fève (Bruchus rufimanus, Coleoptera:Bruchidae) dans la région de Tizi Ouzou. Résumé. 3ème Séminaire International de la Biologie Animale.* Univ. Mentouri-Constantine. 3-5p.

- Mehinto J.T., Atachi P., Elegbede M., Kpindou O.K.D. and Tamo M. 2014.** Efficacité comparée des insecticides de natures différentes dans la gestion des insectes ravageurs du niébé au centre Bénin. *J. Apl. Biosc.*, 84: 7695-7706.
- Meissle M., Romeis J. and Bigler F., 2011.** Bt maize and integrated pest management - a European perspective. *Pest Manage. Sci.*, 67, 1049-1058.
- Meradsi F., 2009.** *Contribution à l'étude de la résistance naturelle de la fève Vicia faba L. au puceron noir Aphis fabae Scopoli, 1763 (Homoptera:Aphididae).* Mémoire de magister en agronomie. Université de Batna. 159 p.
- Mezani S., 2011.** *Bioécologie de la bruche de la fève Bruchus rufimanus Boh. (Coléoptère : bruchidae) dans des parcelles de variétés de fève différentes et de féverole dans la région de Tizi- Rached.* Thèse de magister. Inst . Bio. Tizi-Ouzou. 114p.
- Moalla-Abdennadher N., 1997.** *Contribution à l'étude de la dynamique des populations de Bruchusrufimanus (Col. Bruchidae), insecte ravageur de la fève, Vicia faba.* Mémoire de DEA. Faculté des Sciences de Tunis, Tunisie, 82 p.
- Mouhouche F., 1997.** *Principaux ravageurs des fèves en Algérie, p33 cité dans les maladies, les adventices et les ravageurs des fèves en Algérie. Manuel de formation, Rés. Mghr. Rech. Sur fèves (Rémafève).* Inst. Tech. Zgr. Inst. Nati. Pro. Vég. Inst. Agro. 52p.
- Ould El Hadj M.D., 2004.** *Le problème acridien au Sahara algérien.* Thèse Doctorat., E.N.S.A. El Harrach, Alger. 279p.
- Patrick K.C., Stoddard F.L., 2010.** Physiology of flowering and grain filling in faba bean. *Field Crops Research.* 115 : 234-242.
- Patrick M., 2008.** *Le Truffaut : Encyclopédie pratique illustrée du jardin.* 41<sup>ème</sup> édition. Larousse. Paris. 850 p.
- Peron J-Y., 2006.** *Production légumières.* 2<sup>ème</sup> Ed. Fayard, Paris, 613 p.
- Pérez-García A., Romero D and de Vicente A., 2011.** Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 22(2), 187-193.
- Pierre J.S., 2007.** Les mathématiques contre les pucerons. *Biofuture*, 279 :26p.

- Planquaert P.H et Girard G., 1987.** La fève rôle d'hiver, *Revue, I. T.C F* 3ème Trim. 32p.
- Remaudiere G et Remaudiere M., 1997.** *Catalogue des Aphidae du monde*. I.N.R.A, Paris, pp. 473p.
- Reta Sanchez D.G., Santos Serrato Corona J ., Viramontes R.F., Cueto Wong j.a., Padilla S.B.and César J.S., 2008.** Cultivos alternativos con potencial de use forrajero en la comarca lagunera, *Primera, Mexico*, pp.41.
- Robert Y., 1982.** Fluctuation et dynamique des populations des pucerons. *Jour. D'étude et d'info: Les pucerons des cultures*, le 2, 3 et 4 mars 1981. Ed. A.C.T.A, Paris, pp 21-35.
- Rosas-Garcia N.M., 2009.** Biopesticide production from *Bacillus thuringiensis*: an environmentally friendly alternative. *Recent Pat. Biotechnol.*, 3(1), 28-36.
- Sabbour M.M., E-Abd-El-Aziz Sh., 2007.** Efficiency of some bioinsecticides against broad bean beetle *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Bruchidae). *Res. J. Agric. Biol. Sc.* 3, 67-72.
- Sajid M., Bashir N. H., Batool Q., Munir I., Bilal M., Jamal M. A. and Munir Sh., 2017.** *In-vitro* evaluation of biopesticides (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Bacillus thuringiensis*) against mustard aphid *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(6): 331-335.
- Saidenberg D.and Paalma M.S., 2009.** Monoamine oxidase inhibitory activities of indolylalkaloid toxins from the venom of the colonial spider *Parawixiabistriata*: functional characterization of PwTX-I. *Toxicon*, 54(6), 717-724.
- Salin C., 2011.** *Lutte biologique contre le puceron du fraisier pour faire face à l'imprévisible 'imprévisible diversité des pucerons, associer plusieurs hyménoptères parasitoïdes*. Mémoire D'ingénieur d'Etat en Biologie. Université catholique de Louvain. 62p.
- Saruhan I., Erper I., Tuncer C., Ucak H., Oksel C., Akca I. (2014).** Evaluation of some commercial products of entomopathogenic fungi as biocontrol agents for *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae). *Egypt J Biol Pest Control*, 24:225–228
- Schmutterer H., 1990.** Properties and potentials of natural pesticides from neem tree. *Annu. Rev. Entomol.*, 35, 271- 298.
- Shelton A.M., Zhao J.-Z. and Roush R.T., 2002.** Economic ecological, food safety, and social consequences of the deployment of BT transgenic plants. *Annu. Rev. Entomol.*, 47, 845-881.



- Srivastava M. and Raizada R., 2007.** Lack of toxic effect of technical azadirachtin during postnatal development of rats. *Food Chem. Toxicol.*, 45(3), 465-471.
- Stoddard F.L., Nicholas A.H., Rubiles D., Thomas J. and Villegas-Fernandez A.M., 2010.** Integrated pest management in faba bean. *Field crops research*, 115 : 308-318.
- Szafirowska A., 2013.** The role of cultivars and sowing date in control of broad bean weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.) in Organic Cultivation. *Veg. Crops Res. Bull.*, 77, 29-36.
- Tagu D., Prunier-Leterme N., Legeai F., Gauthier J-P., Duclert A., Sabater-Munoz B., Bonhomme J. and Simon J-C., 2004.** Annotated expressed sequence tags for studies of the regulation of reproductive mode in aphidis. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 34 : 809-822.
- Taupin P., 1985.** Les ravageurs de la fève, cultures légumières. *Phytoma*. (378), 43-46.
- Taupin P., 2003.** La bruche de la fève. La fève fortement attaquée. Proéagineux d'hiver : penser à diversifier ses rotations. N°(293), 72-73.
- Thomas F., 2008.** *La fève confirme son intérêt. Techniques culturales simplifiées* N°48. 4ème édition, Ed. France agricole, 102p.
- Titouhi F., 2018.** *Bioécologie de la bruche de la fève Bruchus rufimanus (Coleoptera: Chrysomelidae) et contribution à l'amélioration de la lutte post-récolte contre les bruches.* Thèse de Doctorat, Tunisie, 175p.
- Wang H.F. and Yang T., 2012.** Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm revealed by ISSR markers. *Theor Appl Genet*. 124: 789-797.
- Washburn J., Trudeau D., Wong J. and Volkman L., 2003.** Early pathogenesis of *Autographa californica* multiple nucleopolyhedrovirus and *Helicoverpa zea* single nucleopolyhedrovirus in *Heliothis virescens*: a comparison of the 'M' and 'S' strategies for establishing fatal infection. *J. Gen. Virol.*, 84, 343-351.
- Yahia Y., Guetat A., Elfalleh W., Ferchichi A., Yahia H and Loumerem M., 2012.** Analysis of agromorphological diversity of southern Tunisia faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm. *African Journal of Biotechnology*, 11 (56) : 11913- 11924.
- Yao K. and Yang C.T., 1985.** Binomics of the broad bean weevil, *Bruchus rufimanus* Boheman (Abstract). *Acta Entomol. Sin.*, 28(1), 45-50.



**Zaghouane O., 1991.** The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. Options méditerranéennes. Present statut and future perspects of faba bean production, *I.C.A.R.D.A. Série A*, N°10. pp. 123-125.

**Zaghouane O., Adjout N., Bouchata K., Buhaouchine L., Branki N. et Seran N., 2000.** La réhabilitation et le développement des légumineuses alimentaires dans le cadre du plan national de développement agricole. *Céréaliculture*, N° 34, pp 61-67.