



**UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences biologiques**



# THÈSE

**Pour l'obtention du diplôme de Doctorat ès sciences**

**Spécialité : Sciences agronomiques**

**Option : Protection des végétaux**

## THEME

**Etude de quelques aspects bioécologiques de *Virachola livia* (Klug, 1834) (Lepidoptera : Lycaenidae) dans la palmeraie du Sud-est algérien et essai de lutte**

**Présentée et soutenue publiquement par :**

**ALMI Afifa**

Le.....

Devant le jury

Président	IDDER Med. Azzeddine	Professeur (Univ. Ouargla)
Encadreur	BRADAI Lyès	Professeur (Univ. Ouargla)
Co-encadreur	BISSATI-BOUAFIA Samia	Professeure (Univ. Ouargla)
Examineurs	DEHLIS Abderrahmane	Maitre de recherche A (I.N.R.A. Touggourt)
	BENSALAH Med. Kamel	Maitre de recherche A (C.R.S.T.R.A. Biskra)
	SADINE Salaheddine	Maitre de conférences A (Univ. Ghardaia)

Année universitaire 2019/2020

### Remerciements

Au terme de ce modeste travail, je voudrais tout d'abord remercier très chaleureusement mon encadreur M. L. BRADAI, professeur à l'université d'Ouargla (faculté de médecine), malgré ses responsabilités et occupations, il a mis minutieusement, ses remarques et corrections tout au long de ce travail.

Il m'est agréable de présenter mes vifs remerciements à ma Co-promotrice, Mme. S. BISSATI-BOUAFIA, Professeur à l'université Kasdi Merbah, Ouargla pour sa contribution ; ses orientations et sa disponibilité m'ont été très bénéfiques malgré ses multiples responsabilités.

J'éprouve une grande gratitude envers Messieurs les membres de jury pour l'intérêt qu'ils prêtent à juger ce travail. Je remercie, M. M.A. IDDER, professeur à l'université d'Ouargla, qui me fait l'honneur de présider ce jury. Je remercie vivement Dr. A. DEHLIS, Maître de recherche à l'I.N.R.A de Touggourt, d'avoir accepté de juger ce travail. Je suis très honorée par Dr. M. K. BENSALAH, Maître de recherche au C.R.S.T.R.A du Biskra, d'avoir accepté de faire partie de ce jury. J'adresse mes sincères remerciements au Dr. S. SADINE, Maître de conférences à l'université de Ghardaïa, pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Mes sincères et chaleureux remerciements aux propriétaires des jardins et agriculteurs à Ouargla, Djamaa et Biskra; ceux qui ont mis leurs palmeraies à ma disposition et ont fourni toute l'aide et coopération sans lesquels, cette étude n'aurait pas été révélée.

Ma reconnaissance s'adresse également à M. M.H. BEN DJAMAA, Professeur en Entomologie Forestière et Directeur Général de la Protection et du Contrôle des Produits Agricoles en Tunisie pour son accueil, sa contribution et son partage de connaissances, je suis très marquée par son travail méthodique et son humanisme.

Mes vifs remerciements à Mme. R. MKAOUR, Docteur à l'université de Carthage-Tunisie pour son accueil, sa contribution et ses aides.

Mes sincères remerciements au Pr. S. BABAHANI Directrice du laboratoire Bio-ressources sahariennes, préservation et valorisation ainsi que toute son équipe pour m'avoir accueillie et permis d'effectuer mes manipulations.

## Remerciements

---

Mes remerciements sont adressés également à M<sup>elle</sup> I. HAMDI et les responsables à l'E.N.S. de Ouargla qui m'ont facilité l'accès ainsi que ses aides au niveau du laboratoire.

Que mes collègues du service d'inspection phytosanitaire et vétérinaire et tout le personnel de la DSA soient remerciés pour leur aide et leur soutien moral.

Mes chaleureux remerciements à mes collègues au niveau des D.S.A. d'El-Oued et de Biskra.

Je remercie bien évidemment, tous les agents des bibliothèques à l'université d'Ouargla, et de l'université de Biskra.

A tous ceux et celles qui ont participé à ce travail et que j'ai omis de citer, qu'ils trouvent ici, l'expression de ma haute considération.

Liste des abréviations

**APFA** : Accession à la propriété foncière agricole.

**Bt** : *Bacillus thuringiensis*

**FNRDA** : Fond national de régulation et de développement agricole.

**H** : Humidité moyenne

**L1** : Larve de premier stade de développement.

**L2** : Larve de deuxième stade de développement.

**L3** : Larve de troisième stade de développement.

**L4** : Larve de quatrième stade de développement.

**L5** : Larve de cinquième stade de développement.

**M** : Températures mensuelles maximales

**m** : Températures mensuelles minimales

**Max** : Maximum

**Min** : Minimum

**mm**: Millimètre

**Moy** : Moyenne

**Nbr** : Nombre

**O.N.M** : Office national de météorologie

**P**: Précipitation

**PNDA** : Plan national de développement agricole

**Sig** : Signification

**TI** :Taux d'infestation

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Fiche botanique de grenadier	6
2	Distribution de <i>Virachola livia</i> dans le monde	12
3	Limites géographiques des régions d'étude	15
4	Digramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de région d'Ouargla	23
5	Digramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de région Djamâa	24
6	Digramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de région de Biskra	24
7	Situation des régions d'étude (Ouargla, Djamaa et Biskra dans le climagramme d'Emberger	26
8	Station Saïd Otba (Ouargla)	34
9	Schéma parcellaire de la station Saïd Otba	35
10	Station Ain Choucha (Djamâa)	36
11	Schéma parcellaire de la station Ain Choucha (Djamâa)	37
12	Station Chemora (Biskra)	38
13	Schéma parcellaire de la station de Chemora (Biskra)	39
14	Schéma indiquant les différentes parties de ponte sur grenade	42
15	Signalisation de <i>Virachola livia</i> en Algérie au sud Algérien jusqu'à 2020	49
16	Evolution temporelle de l'infestation par <i>V. livia</i> à Saïd Otba	51
17	Evolution temporelle de l'infestation par <i>V. livia</i> à Aïn Choucha	51
18	Evolution temporelle de l'infestation par <i>V. livia</i> à Chemora	51
19	Pourcentage des fruits infestés par <i>V. livia</i> dans les fruits chutés (station Saïd Otba).	55
20	Pourcentage des fruits infestés par <i>V. livia</i> dans les fruits chutés (station de Aïn Choucha	55
21	Pourcentage des fruits infestés par <i>V. livia</i> dans les fruits chutés (station de Chemora	56

## Liste des figures

22	L'évolution de l'infestation par <i>V. livia</i> dans la station de Said Otba durant la production tardif	59
23	Pourcentage des œufs pondus par mois	65
24	Nombre d'œufs par fruit en fonction des mois (première production)	66
25	Nombre d'œufs par fruit durant la seconde production	67
26	Photo indiquant les différentes parties de ponte sur grenade	69
27	Pourcentage des œufs pondus chaque mois par zone du fruit durant la première production	70
28	Pourcentage des œufs pondus par zone du fruit durant la deuxième production	71
29	Nombre de larves par fruit	82
30	Distribution spatiale des trous sur fruit durant la 1 <sup>ère</sup> production	85
31	Distribution spatiale des trous sur fruit durant la 2 <sup>ème</sup> production	85
32	Cycle de développement de <i>V. livia</i>	96
33	Chronologie des émergences des adultes de <i>V. livia</i>	98
34	Effet de traitement par <i>B. thuringiensis</i> sur <i>V. livia</i> dans la station de Said Otba	110
35	Effet de traitement par <i>B. thuringiensis</i> sur <i>V. livia</i> dans la station d'Ain Choucha	110
36	Effet de traitement par <i>B. thuringiensis</i> sur <i>V. livia</i> dans la station de Chemora	111

Liste des photos

N°	Titre	Page
1	Puceron sur grenadier (Ouargla)	9
2	Puceron sur grenadier (Djamâa)	9
3	Larve d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> sur grenade	10
4	Boite d'acouplement	42
5	Piège adhésif en place	43
6	Piège delta en place	43
7	Ensachage des rameaux	44
8	Contenant de <i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki	46
9	Symptômes d'attaque de <i>V. livia</i> sur grenadier	48
10	Aspect externe des grenades (A Said Otba, Chemora et Aïn Choucha)	57
11	Présence de <i>V. livia</i> (œuf, larve, et chrysalide) sur dattes	60
12	Présence de <i>V. livia</i> sur figues	61
13	Présence de <i>V. livia</i> (A: larve ; B: chrysalide) sur <i>Acacia</i>	61
14	Présence de <i>V. livia</i> (larve) sur fèves	62
15	Œuf de <i>V. livia</i> sur rameau	63
16	Œuf non fertile de <i>V. livia</i>	63
17	Œuf fertile de <i>V. livia</i>	63
18	Œuf de <i>V. livia</i> sur bouton florale	64
19	Plusieurs œufs sur fruit	64
20	Œufs dans le calice	64
21	Segment anal chez <i>V. livia</i>	74
22	Larve de <i>V. livia</i> de premier stade nouvellement éclore	75
23	Larve de de <i>V. livia</i> au second stade	76
24	Larve de <i>V. livia</i> au troisième stade	77
25	Larve de de <i>V. livia</i> au quatrième stade	77
26	Larve de <i>V. livia</i> au quatrième stade (couleur verte)	78
27	Différentes mues larvaires de <i>V. livia</i>	81

## Liste des photos

---

28	Coloration du prothorax après une mue	81
29	Pré-chrysalide et début chrysalide de <i>V. livia</i>	86
30	Mue nymphale chez <i>V. livia</i>	86
31	Chrysalide de <i>V. livia</i>	88
32	Aile postérieure chez un mâle	89
33	Adultes mâle et femelle de <i>Virachola livia</i>	90
34	Extrémité abdominale du mâle et de la femelle	94
35	Genitalia mâle	97
36	Genitalia femelle	97
37	Insectes prédateurs dans le milieu de <i>V. livia</i>	109
38	Traitement de grenadier par <i>B.thuringiensis</i>	109
73	Effet de <i>B. thuriniensis</i> sur les larves de <i>V. livia</i>	109



Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1-	Températures mensuelles maximales, minimales et moyennes à Ouargla....	16
2-	Températures mensuelles maximales, minimales et moyennes à Touggourt	17
3-	Températures mensuelles maximales, minimales et moyennes à Biskra	17
4-	Précipitations mensuelles à Ouargla	18
5-	Précipitations mensuelles à Touggourt	19
6-	Précipitations mensuelles à Biskra	19
7-	Humidité moyenne de l'air et durée d'insolation dans la région d'Ouargla	20
8-	Humidité moyenne de l'air et durée d'insolation dans la région de Touggourt	20
9-	Humidité moyenne de l'air et durée d'insolation dans la région de Biskra	21
10-	Vitesse du vent moyen mensuel des vents à Ouargla	22
11-	Vitesse du vent moyen mensuel des vents à Touggourt	22
12-	Vitesse du vent moyen mensuel des vents à Biskra	22
13-	Principaux sols de la région de Biskra et du reste du Sahara algérien	29
14-	Corrélations infestation-température et humidité.	52
15-	Coefficient de régression dans les trois régions d'étude	53
16-	Analyse de la variance entre les taux d'infestations et les années	54
17-	Analyse de la variance entre les taux d'infestations et les stations	54
18-	Analyse de variance concernant les œufs pondus par rapport aux mois	65
19-	Corrélation entre le calibre de fruit et le nombre d'œufs pondus durant la première production	68
20-	Corrélation entre le calibre du fruit et le nombre d'œufs pondus dans la deuxième production	68
21-	Analyse de variance entre les œufs pondus et les zones de ponte sur fruit	70
22-	Taux d'éclosion des œufs de <i>V. livia</i>	72
23-	Morphométrie corporelle et durée des stades larvaires	76
24-	Durée des stades larvaires chez <i>V. livia</i>	79
25-	Largeur des capsules céphaliques après chaque mue larvaire	80
26-	Mortalité larvaire	83

## Liste des tableaux

27-	Morphométrie et durée des phases pré-chrysalide et chrysalide chez <i>V. livia</i>	87
28-	Taux d'émergence et <i>sex-ratio</i> chez <i>V. livia</i>	91
29-	Caractéristiques morphométriques chez un imago	94
30-	Longévité des mâles et des femelles	95
31-	Liste des espèces piégées grâce aux assiettes jaunes à Said Otba	100
32-	Liste des espèces piégées grâce aux assiettes jaunes à Ain choucha	101
33-	Liste des espèces piégées grâce aux assiettes jaunes à Chemora	102
34-	Liste des espèces piégées grâce aux pièges delta à Said Otba	103
35-	Liste des espèces piégées grâce aux pièges delta à Ain choucha	103
36-	Liste des espèces piégées grâce aux pièges delta à Chemora	104
37-	Liste des espèces piégées grâce aux pièges adhésifs à Said Otba	105
38-	Liste des espèces piégées grâce aux pièges adhésifs à Ain choucha	106
39-	Liste des espèces piégées grâce aux pièges adhésifs à Chemora	107
40-	Arthropodes à statut "utile" pouvant contribuer au contrôle de <i>Virachola livia</i>	108
41-	Analyse de variable concernant le traitement par le <i>Bacillus</i> à Said Otba	112
42-	Analyse de variable concernant le traitement par le <i>Bacillus</i> à Ain Choucha	112
43-	Analyse de variable concernant le traitement par le <i>Bacillus</i> à Chemora	112

## Table des matières

Titre	Page
Introduction .....	1
<b>Chapitre I- Synthèse bibliographique</b>	
I.1 - Généralité sur le Grenadier.....	5
I.1.1 - Description de la plante.....	6
I.1.2 - Bioagresseurs du grenadier.....	7
I.1.2.1 - <i>Alternaria alternata</i> .....	8
I.1.2.2 - <i>Xanthomonas axonopodis</i> .....	8
I.1.2.3 - Zeuzère ( <i>Zeuzera pyrina</i> ).....	8
I.1.2.4 - Puceron .....	8
I.1.2.5 - Mouche méditerranéenne ( <i>Ceratitis capitata</i> ).....	9
I.1.2.6 - Acarien ( <i>Tenuipalpus punicae</i> ).....	9
I.1.2.7 - <i>Leptoglossus clypealis</i> .....	9
I.1.2.8 - <i>Platynota stultana</i> .....	9
I.1.2.9 - <i>Ectomyelois ceratoniae</i> .....	10
I.1.2.10 - Papillon du grenadier : <i>Deudorix (Virachola livia, Klug)</i> .....	10
I.2 - <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	12
<b>Chapitre II– Présentation du milieu d'étude</b>	
II.1 - Position géographique.....	14
II.1.1 - Région d'Ouargla.....	14
II.1.2 - Région de Djamâa.....	14
II.1.3 - Région de Biskra.....	14
II.2 -Climat .....	15
II.2.1 - Température.....	16
II.2.1.1 - Région d'Ouargla.....	16
II.2.1.2 - Région de Djamâa.....	16
II.2.1.3 - Région de Biskra.....	17
II.2.2 - Précipitation.....	18
II.2.2.1 - Région d'Ouargla.....	18

II.2.2.2 - Région de Djamâa.....	18
II.2.2.3 - Région de Biskra.....	19
II.2.3 - Humidité relative de l'air et durée d'insolation.....	19
II.2.3.1 - Région d'Ouargla.....	20
II.2.3.2 - Région de Djamâa.....	20
II.2.3.3 - Région de Biskra.....	21
II.2.4 - Vent.....	21
II.2.4.1 - Région d'Ouargla.....	21
II.2.4.2 - Région de Djamâa.....	22
II.2.4.3 - Région de Biskra.....	22
II.2.5 - Synthèse bioclimatique .....	23
II.2.5.1 - Digramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls .....	23
II.2.5.1.1 - Région d'Ouargla.....	23
II.2.5.1.2 - Région de Djamâa.....	24
II.2.5.1.3 - Région de Biskra.....	24
II.2.5.2- Climagramme pluviométrique d'Emberger.....	25
II.2.5.2.1 - Région d'Ouargla.....	25
II.2.5.2.2 - Région de Djamâa.....	25
II.2.5.2.3 - Région de Biskra.....	25
II.3 - Relief.....	26
II.3.1 - Région d'Ouargla.....	26
II.3.2 - Région de Djamâa.....	27
II.3.3 - Région de Biskra.....	27
II.4 - Sol.....	29
II.4.1 - Région d'Ouargla.....	28
II.4.2 - Région de Djamâa.....	29
II.4.3 - Région de Biskra.....	29
II.5 - Facteurs biotiques .....	29
II.5.1 - Données bibliographiques sur la flore des régions d'étude.....	30

II.5.2 - Données bibliographiques sur la faune des régions d'étude.....	31
---	----

### **Chapitre III- Matériel et méthodes d'étude**

III.1 - Présentation des stations d'étude.....	34
III.1.1 - Station Said Otba (Ouargla).....	34
III.1.2 - Station Ain Choucha (Djamâa).....	36
III.1.3 - Station Chemorra (Biskra).....	38
III.2 - Déroulement de l'échantillonnage.....	39
III.2.1 - Détermination du taux d'infestation .....	40
III.2.2 - Etude des paramètres biologiques.....	40
III.2.3 - Détermination de la répartition spatiotemporelle des œufs et des trous des larves .....	42
III.2.4 - Polyphagie de <i>V. livia</i> .....	43
III.2.5 - Faune associée .....	43
A - Pièges adhésifs.....	43
B - Piège delta.....	43
C - Ensachage des rameaux portant des fruits.....	44
D - Ensachage des fruits tombés.....	44
E - Piège coloré (assiettes jaunes).....	44
III.2.5 - Etude de genitalia .....	45
III.2.6 - Traitement par <i>Bacillus</i> .....	45
III.2.7 - Analyse statistique.....	46

### **Chapitre IV- Résultats et discussion**

IV.1- Période d'apparition de <i>Virachola livia</i> et symptômes d'attaque sur grenadier.....	48
IV.1.1 - Symptômes d'attaque.....	48
IV.1.2 - Période d'attaque.....	49
IV.2 - Taux d'infestation .....	50
IV.3 - Polyphagie de <i>V.livia</i> .....	59
IV.4 - Cycle de vie et autres aspects biologiques.....	62
IV.4.1 - Œuf.....	62
IV.4.1.1 - Nombre d'œufs par fruit et par mois.....	64

---

---

IV.4.1.2 - Distribution spatiotemporelle des œufs pondus par rapport aux zones de fruit.....	68
IV.4.1.3 - Taux d'éclosion.....	72
IV.4.1.4 - Période d'incubation et nombre d'œufs issus de l'élevage.....	73
IV.4.2 - Stades larvaires.....	74
IV.4.2.1 - Larve néonate (L1).....	75
IV.4.2.2 - Deuxième stade larvaire (L2).....	76
IV.4.2.3 - Troisième stade larvaire (L3).....	77
IV.4.2.4 - Quatrième stade larvaire (L4).....	77
IV.4.2.5 - Durée de chaque stade larvaire.....	79
IV.4.2.6 - Mues larvaires et largeur céphalique.....	80
IV.4.2.7 - Effectif de larves par fruit .....	81
IV.4.2.8 - Taux de mortalité larvaire.....	82
IV.4.2.9 - Distribution spatiale des trous provoqués par les larves sur Fruit.....	83
IV.4.3 - Phases pré-chrysalide et chrysalide.....	85
IV.4.4 - Phase adulte.....	89
IV.4.4.1 - Heure d'émergence.....	89
IV.4.4.2 - Taux d'émergence et <i>sex-ratio</i> .....	90
IV.4.4.3 - Description de l'adulte.....	91
IV.4.4.4 - Longévité des adultes.....	94
IV.4.5 - Présentation de genitalia.....	96
IV.4.5 - Nombre de génération .....	97
IV.5 - Faune associée.....	99
IV.5.1 - Arthropodes capturés grâce aux pièges jaunes (assiettes jaunes).....	99
IV.5.2 - Arthropodes capturés grâce aux pièges delta.....	102
IV.5.3 - Arthropodes capturés grâce aux pièges adhésifs.....	104
IV.6 - Evaluation du traitement <i>in situ</i> sur <i>V.livia</i> par <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>Kurstaki</i> .....	109
Conclusion.....	115
Références bibliographiques.....	120
Résumés.....	

---

---

---

# **Introduction**

---

---

Dans le monde de l'agriculture, les défis ont toujours fait face qu'il s'agisse de crise climatique, économique, sociale, sanitaire ou autre (Eilenberg et Hokkanen, 2006). La mobilisation des ressources alimentaires s'est réalisée, tant bien que mal alors que sa répartition sur l'ensemble de l'humanité n'a pas été forcément équitable (F. A. O., 2009). En Afrique du nord, et notamment en Algérie, l'évolution effrénée de la démographie révèle que les capacités ne sont pas infinies et fait d'elle un pays vulnérable en matière de sécurité alimentaire; son économie reste fragile et son agriculture subit toute la pression (Bessaoud *et al.*, 2019)

Face à ce constat et devant la nécessité de se sevrer de la rente des hydrocarbures, l'Algérie ne cesse d'adopter des programmes (APFA, PNDA et FNRDA) dans une politique d'expansion du secteur agricole (phoeniciculture, cultures céréalières, cultures maraichères, cultures fruitières, cultures fourragères ...etc.) encourageant ainsi les cultures et diversifiant les ressources alimentaires. Intégrer à ce nouveau système agricole productif génère un flux d'agriculteurs passionnés à expérimenter de nouvelles techniques et introduire de nouvelles espèces, variétés parfois moins adaptées à l'environnement et d'autant plus s'il est de type Saharien puisque l'Etat mise sur les vastes étendues arides du sud-algérien.

La circulation de ces produits d'origine végétale ou des produits à usage agricole contribue à l'introduction de nombreux bioagresseurs en Algérie. Parmi ces déprédateurs de cultures figurent la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Guenaoui, 2008), *Oryctes agamemnon* (Chouia *et al.*, 2018) et le papillon de grenadier *Virachola livia* (Almi *et al.*, 2018). Certains de ces organismes intrus n'ont pas d'ennemis naturels au sein de leur nouveau environnement, parfois cette absence est louée à un usage exagéré de pesticides réduisant la présence d'auxiliaires (Saadi *et al.*, 2014).

Les oasis offrent un potentiel important pour le développement national (Bensalah, 2015). L'Algérie dans sa stratégie agricole donne une grande importance à la phoeniciculture. Le patrimoine phoenicicole algérien a atteint plus de 18.201.640 palmiers (Ministère de l'agriculture et du développement rural, 2020) dont les wilayates Biskra, El Oued et Ouargla constituant des sites potentiels. Dans une palmeraie, la culture du palmier dattier partage souvent l'espace avec d'autres cultures y compris les



arbres fruitiers. Cette association le rend vulnérable à plusieurs attaques de parasites qui sont communs à d'autres cultures.

Le grenadier est l'un des cultures fruitières pratiquées au sein des palmeraies du sud-est algérien. Cette culture est exposée aux méfaits de plusieurs maladies et ravageurs. Le papillon de grenadier (*Virachola livia*) s'y rajoute, il est dernièrement introduit en Algérie (Almi *et al.*, 2018). Ce ravageur provoque parfois des pertes considérables. Obeidat (2000) ; Ksentini *et al.*, (2011) et Abd-Ella (2015) affirment que le taux d'infestation par *V. livia* peut atteindre environ 50%, Moawad *et al.* (2011) *in Giuseppe et al.*,(2016) notent un pourcentage de 60%.

En Algérie, 64 matières actives insecticides sont utilisées sur les arbres fruitiers (Index des produits phytosanitaires à usage agricole, 2015). Aucun insecticide n'est homologué spécialement au grenadier ni contre *V. livia* quel que soit son hôte.

Malgré l'efficacité de leur utilisation dans la protection des cultures, les pesticides chimiques constituent une source de danger pour la santé humaine et animale (Saadi *et al.* 2014). En effet, depuis plus de 50 ans, les ravageurs des cultures sont combattus majoritairement par les pesticides de synthèse, d'utilisation facile et peu coûteuse. Toutefois, l'usage de ces molécules toxiques présente de nombreux inconvénients qui ne sont plus à démontrer tels que l'apparition de résistances (Brevault *et al.*, 2002) où plus de 600 insectes connus sont devenus résistants aux insecticides (Chaboussou, 2011), la pollution de l'environnement (Carson, 1963), la réduction de la biodiversité dans les agro-écosystèmes, mais également l'impact sur la santé humaine (Vincent et Coderre, 1992), qu'il s'agisse des agriculteurs, premiers exposés à ces substances, ou des consommateurs (Ricci *et al.*, 2013).

Par le fait que les oasis sont des milieux extrêmement fragiles, il est nécessaire d'utiliser des moyens de lutte capables d'assurer le maintien d'un équilibre biologique favorable à une production agricole d'un haut niveau (Toutain, 1979). C'est pourquoi, dans une optique de développement durable, la lutte chimique est de plus en plus remplacée par une lutte intégrée par les biopesticides à avenir prometteur bien qu'ils soient déjà assez anciens (Silvy et Riba, 1993). Ces bio-pesticides peuvent être définis comme des produits phytosanitaires dont le principe actif est un organisme vivant ou l'un de ses dérivés (Regnault-Roger *et al.*, 2005).

*Deudorix (Virachola) livia* est un déprédateur lépidoptère dont les larves sont polyphages, ces dernières peuvent provoquer des dégâts importants sur grenadier et même sur d'autres cultures parmi elles des cultures classées stratégiques (palmier dattier). Ce bioagresseur fait l'objet de certaines études dans le monde (**Muller, 2009 ; Obeidet et al., 2002; Ksentini et al., 2011**). De même, peu de travaux traitent de la biologie de ce ravageur (**Awadhallah et al., 1970 ; Mkaour et al., 2014 ; Mkaouar et Ben Djemaa, 2016**). Cependant, en Algérie, la biologie de *Virachola livia* est encore mal connue sur grenadier ou autres plantes hôtes puisque ce ravageur est nouvellement introduit.

Cependant, la réussite de toute opération de lutte nécessite une bonne connaissance du ravageur (nombre de générations, cycle de vie, stades vulnérables, polyphagie, faune associée ...etc). Pour ce faire, quelques aspects bioécologiques de ce ravageur sont abordés afin de mieux optimiser l'opération de contrôle.

Ainsi, une partie de ce travail est consacrée à une tentative de lutte contre *V. livia* sur grenadier par la bactérie *Bacillus thuringiensis*. Cette bactérie est classée comme un organisme biologique qui a prouvé son efficacité sur plusieurs insectes y compris les lépidoptères **Dhouibi, 1990 ; Doumandji- Mitiche et Doumandji, 1993 ; Mehaoua, 2014 et Bensalah, 2015**. De ce fait, les paramètres étudiés correspondent à la bioécologie du bioagresseur soit la description des symptômes, la période et le taux d'attaque, le cycle de vie, le nombre de générations, la polyphagie et la faune associée.

Le présent travail est réalisé dans trois régions représentant les wilayas du Sud-est algérien (Ouargla, El Oued et Biskra).

Le manuscrit est articulé autour de quatre chapitres. Le premier concerne une synthèse bibliographique sur le matériel biologique. Le second chapitre décrit le milieu d'étude. Le troisième correspond à la méthodologie adoptée alors que l'ultime chapitre correspond à l'analyse des résultats.

---

# **Chapitre I**

## **Synthèse bibliographique**

---

Cette partie est consacrée à la présentation selon la bibliographie puisée, des deux modèles biologiques utilisés à savoir le grenadier (présentation de l'espèce, ses différents ennemis y compris *Virachola livia*), et l'agent choisi pour essai de lutte contre cette dernière soit *Bacillus thuringiensis*.

## I.1- Généralités sur le grenadier

Le grenadier (*Punica granatum* L.) appartient à la famille Punicacées, arbre fruitier des pays subtropicaux supportant parfaitement des températures élevées (Dhouibi 1982 et Hashemi Fesharaki *et al.*, 2011). Il est capable de valoriser les sols pauvres et alcalins (Evreinoff, 1957 ; Dhouibi 1989 et Hmid, 2013). Il présente l'avantage d'être très tôt en production parfois même à partir de la deuxième année de sa plantation. Les fruits de cet arbre ont une grande valeur nutritive et thérapeutique (Nicolas, 1997). Il est cultivé sur tous les rivages de la Méditerranée (Evreinoff, 1957 ; Dhouibi 1982).

Les pays producteurs de grenades sont les pays d'Orient dont l'Iran, la Turquie, la Transcaucasie et l'Inde puis ceux appartenant à la zone méditerranéenne, Tunisie, Maroc, Algérie, Espagne, Italie et Grèce mais également les Etats-Unis (Betioui, 2017). C'est dans les régions à la fois sèches et chaudes que le grenadier fournit les meilleurs fruits mais ceux-ci ne grossissent que si la saison humide coïncide avec leur formation (Chopra *et al.*, 1960).

*Punica granatum* est décrit par Linné et introduit dans sa systématique en 1753. Telle est cette classification rapportée par Spichiger *et al.*, (2004) :

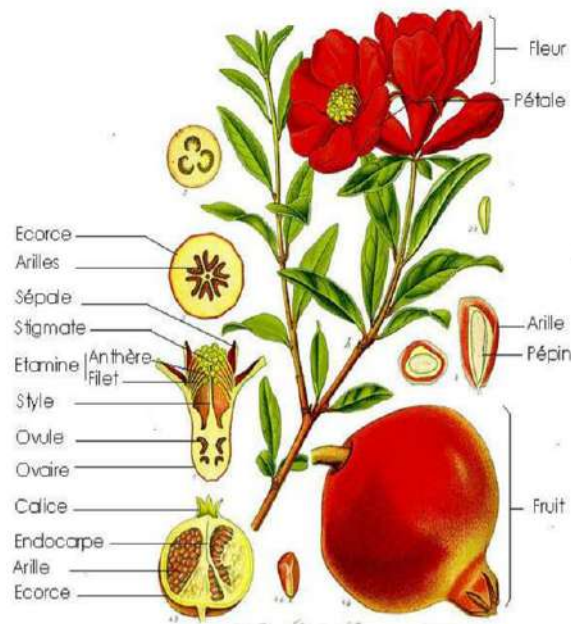
- Règne : Végétal
- Embranchement : Phanérophytes
- Sous-Embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous classe : Gamapétales
- Ordre : Myrtales
- Famille : Punicacées
- Genre : *Punica*

- Espèce : *Punica granatum*

### I.1.1 - Description de la plante

Le grenadier est un arbuste de 2 à 5 m de hauteur, très rameux. Les racines sont très fasciculées. Le tronc tortueux, se ramifie en branches irrégulières, portant des feuilles opposées oblongues, luisantes, simples, entières et non stipulées. Ces feuilles sont glabres sur les deux faces présentant des limbes elliptiques allongés, de 3 à 8 cm de long (fig. 1). Leurs sommets peuvent être obtus ou allongés. Elles sont munies de courts pétioles, de 1 à 5 mm de long.

Les fleurs sont d'une couleur rouge écarlate, grandes (20-25 mm), munies de 5 à 7 pétales. Le calice est en forme d'entonnoir, longuement campanulé coriace, rouge orangé à 5-7 sépales. La fleur possède un ovaire infère et d'innombrables étamines. Le fruit (grenade) est une baie arrondie volumineuse couronnée par la partie supérieure du calice. Il est divisé en compartiments et contient de nombreuses graines entourées d'une pulpe (**Quezel et Santa, 1963 et Nicolas, 1997**).



**Figure 1** – Fleurs et fruits du Grenadier (Flora von Deutschland and Schweiz. 1885 in Hmid, 2013)

Le grenadier est considéré comme une espèce monoïque. Le pourcentage de fleurs mâles est important (plus de 60 à 70 %) et variable selon les variétés et le climat. La proportion de fleurs fertiles varie en fonction de la date d'apparition, des pratiques culturales et du climat, mais est souvent plus importante en début de saison. Les premières vagues de floraison présentent le meilleur potentiel qualitatif (**Chaudhari et Desai, 1993**). La floraison s'étend et a lieu entre mars-avril et juillet-août. Elle s'étale sur 10 à 12 semaines en 3 ou 4 vagues distinctes selon la variété et la situation géographique (**Oukablia et al., 2004**).

La nouaison commence à partir de mi-mai, une période végétative prolongée est nécessaire pour arriver à la maturité complète (**Dhouibi 1982**). Pour la maturité, le grenadier a besoin de beaucoup de chaleur pour un produit qualitatif. Le fruit mûrit 5 à 8 mois après la nouaison. La récolte se fait entre fin-août pour les variétés les plus précoces et mi-novembre pour les plus tardives (**Oukablia, 2004**).

La proportion de l'épiderme représente 28 à 32% du poids total du fruit alors que le taux en graines varie de 55 à 60 % du poids total du fruit (**Al-Maiman et Ahmad, 2002; Oukablia et al., 2004**).

Les densités les plus courantes sont 5 m x 5 m pour un terrain aride et/ou pauvre (400 pieds/ ha) jusqu'à 3 m x 5 m (667 pieds/ha) pour une culture semi-intensive. Des densités plus fortes (jusqu'à 1200 pieds /ha) sont possibles pour des vergers plus intensifs (**Oukablia et al., 2004**).

### **I.1.2 - Bioagresseurs du grenadier**

Le grenadier, espèce fruitière, peut être soumis à certaines attaques parasitaires ou pathogènes. Les ravageurs et les maladies sont l'un des problèmes les plus importants. **Balikai et al. (2011)** évoquent qu'un total de 91 insectes, 6 acariens et 1 escargot nuisible se nourrissent de la culture de grenade en Inde. Ces derniers sont à l'origine de la baisse du rendement et de la qualité des grenades (**Kahramanoglu et Usanmaz, 2013**)

#### **I.1.2.1 - *Alternaria alternata***

Cet agent pathogène entraîne la pourriture des arilles à l'intérieur du fruit. Cette maladie peut apparaître aussi sur les feuilles sous forme de taches brunes qui peuvent se fusionner. Ces symptômes affectent une grande surface foliaire, se terminent par le dessèchement et la chute des feuilles survient (**Cauchard, 2013**).

#### **I.1.2.2 - *Xanthomonas axonopodis***

L'antracnose (*Xanthomonas axonopodis*) provoque des points noirs puis des lésions entraînant l'éclatement du fruit (**Cauchard, 2013**).

#### **I.1.2.3 - Zeuzère (*Zeuzera pyrina*)**

*Zeuzera pyrina* (Lepidoptera: Cossidae) pond ses œufs sur le tronc et les branches. A l'état de larve, cet insecte creuse des galeries sur le tronc et les grosses branches pouvant provoquer leur cassure (Mars, 1995). Il a été signalé en Turquie et en Chine comme un ravageur important (**Ozturk et al. 2005 in Holland et al., 2009**); **Ma et Bai 2004 in Holland et al., 2009**).

#### **I.1.2.4 - Puceron**

Ces insectes (photo 1 et photo 2) sont assez nuisibles (**Mars, 1995**). Ils peuvent entraîner des pourritures lorsque le fruit est mûr ainsi qu'une chute précoce (**Cauchard, 2013**). Ils attaquent aussi les feuilles et les jeunes rameaux. Ils provoquent le froissement et l'enroulement des feuilles (**Mars, 1995**), la déformation et la décoloration, voir une chute prématurée des feuilles et un dessèchement des pousses. Plus de 10% des boutons floraux et jeunes pousses sont attaqués par *Aphis punicae* (**Bouaicha, 2017**). Cet insecte produit également du miellat qui convient à la croissance de moisissures noires. La lutte chimique nécessite des traitements répétés avec des produits variés (**Mars, 1995**).



**Photo 1** - Puceron sur grenadier (Ouargla) **photo 2** - Puceron sur grenadier (Djamâa)

#### **I.1.2.5 - Mouche méditerranéenne (*Ceratitis capitata*)**

Les œufs éclosent rapidement et donnent naissance à des petites larves blanchâtres qui s'attaquent à la pulpe du fruit. Ce dernier se transforme en une masse grisâtre, décomposée, alors que la surface reste intacte. **Kahramanoglu et Usanmaz (2013)** indiquent que 30 unités/ ha de pièges sont efficaces pour contrôler *C. capitata* dans les vergers de grenade.

#### **I.1.2.6 - Acarien (*Tenuipalpus punicae*)**

Les acariens peuvent attaquer les feuilles de grenade. Les dommages peuvent entraîner une défoliation. Ils peuvent parfois entraîner une détérioration sensible de l'aspect des fruits, sans importance pour le jus (**Holland et al., 2009**).

#### **I.1.2.7 - *Leptoglossus clypealis***

Les larves de cette punaise vont se nourrir des grains à l'intérieur du fruit (**Cauchard, 2013**).

#### **I.1.2.8 - *Platynota stultana***

Les larves de ce papillon pénètrent le fruit par le calice laissant une blessure pour l'entrée de pathogènes (**Cauchard, 2013**).

Ainsi, la majorité de ces ravageurs ne peuvent être traités avec des produits phytosanitaires (**Cauchard, 2013**).



### I.1.2.9 - *Ectomyelois ceratoniae*

Le grenadier s'avère l'espèce végétale préférée par *Ectomyelois* (Dhouibi, 1982). Ce ravageur dévore les tissus internes des fruits et facilite l'entrée des champignons et des bactéries qui suivront la pourriture des fruits diminuant ainsi leur qualité (photo 3). Le développement larvaire et nymphal se passe dans le calice du fruit, et en fonction de la succession des générations les larves pénètrent à l'intérieur de la grenade (Dhouibi, 1982). Le taux d'infestation par *Myelois* en Iran est de 5,2 à 9,83% (Hashemi Fesharaki *et al.*, 2011), et 90% en Tunisie (Mars, 1995). La femelle dépose ses œufs dans le calice et/ou à l'intérieur des fissures des fruits au moment où la plupart des fruits sont au stade de maturité (Hoseini *et al.* 2014).



Photo 3 - Larve d'*Ectomyelois ceratoniae* sur grenade

### I.1.2.10 - Papillon du grenadier : *Deudorix (Virachola) livia*, (Klug 1934)

C'est un lépidoptère, Lycaenidae dont les papillons qui appartiennent à cette famille sont souvent caractérisés par de très belles couleurs, le dessous des ailes, plus terne, étant piqué d'un grand nombre de points noirs. Les chenilles sont généralement phytophages, certaines sont myrmécophiles, d'autres franchement carnivores (Roth, 1980).

Par ailleurs, Libert (2004) rapporte que la position systématique du genre *Virachola* est peu claire et doit être revue. En effet, les différents auteurs ne sont guère d'accord que sur un point, leur proximité avec le genre *Deudorix*, il a mentionné aussi que *Virachola*

est un sous-genre de *Deudorix*. D'après **Capinera (2008)**, sa systématique actuelle est la suivante :

Classe : Insecta

Ordre: Lepidoptera

Sub-famille: Theclinae

Famille : Lycaenidae

Genre: *Virachola*

Espèce: *Virachola livia* (Klug, 1834)

Les larves de *Virachola livia* causent des dommages considérables sur grenades (**Mkaouar et al., 2016 ; Bouaicha, 2017 ; Almi et al., 2018, Almi et al., 2020**). Les dégâts des larves correspondent à des perforations au niveau du fruit qui induisent des pertes économiques pouvant engendrer la destruction complète de la production en fin de saison. Ces larves sont caractérisées par leurs polyphagie, elles sont rencontrées sur *Punica granatum*, sur les gousses d'*Acacia farnesiana*, *Prunus salicina*, *Eriobotrya japonica*, *Psidium* spp. et sur *Olea europea* (**Katbeh-Bader et al., 1998**), ainsi que sur les dattes (**Sayed et al., 2007 ; El-Shafie, 2012**).

Plusieurs pays ont signalé la présence de ce ravageur (fig. 2), en Egypte (**Abd-Ella, 2015**), en Tunisie (**Gharbi, 2010; Kesentini et al., 2011, Braham, 2015 et Mkaouar et Ben Djamaa, 2016**), à Oman (**Mokhtar et Al Nabhani, 2016**), au Moyen-Orient notamment au Liban, en Syrie (**Tolman, 2001 in Müller et al., 2005**), en Jordanie (**Obeidat et Akkawi, 2002**), et en Algérie (**Bouaicha, 2017 ; Almi et al., 2018 et Zeghti et al., 2019**). Malgré la vaste distribution de ce ravageur dans le monde, peu de travaux évoquent la biologie de *Virachola livia*, particulièrement sur grenadier.

Les larves de ce lépidoptère qui pénètrent les fruits aux premiers stades de développement de ce dernier, provoquent la pourriture des arilles. Le papillon pond des œufs sur les boutons floraux et le calice des fruits en développement, et en quelques jours les chenilles pénètrent dans le fruit par le calice. Une infestation fongique peut se produire au niveau des trous d'entrée des larves, les fruits pourrissent. Par conséquent, les dommages aux fruits s'étendent au fruit entier, ce qui le rend complètement ou partiellement pourri (**Al-Zidjali head et al., 2011**). Ces foreurs de fruits peuvent causer

la perte d'une récolte entière (Holland *et al.*, 2009 ; Kahramanoglu et Usanmaz, 2013).

Les résultats de l'activité de lutte biologique contre le papillon de grenade *V. livia* menée à Al-Jabal Al-Akhdar (Oman) au cours de la saison 2010 ont montré l'efficacité du parasitisme de *Trichogramma evanescens* de 20% en moyenne. Par contre, le parasitisme du parasitoïde *Telenomus* sp. est de 40% en moyenne (Al-Zidjali *et al.*, 2011).

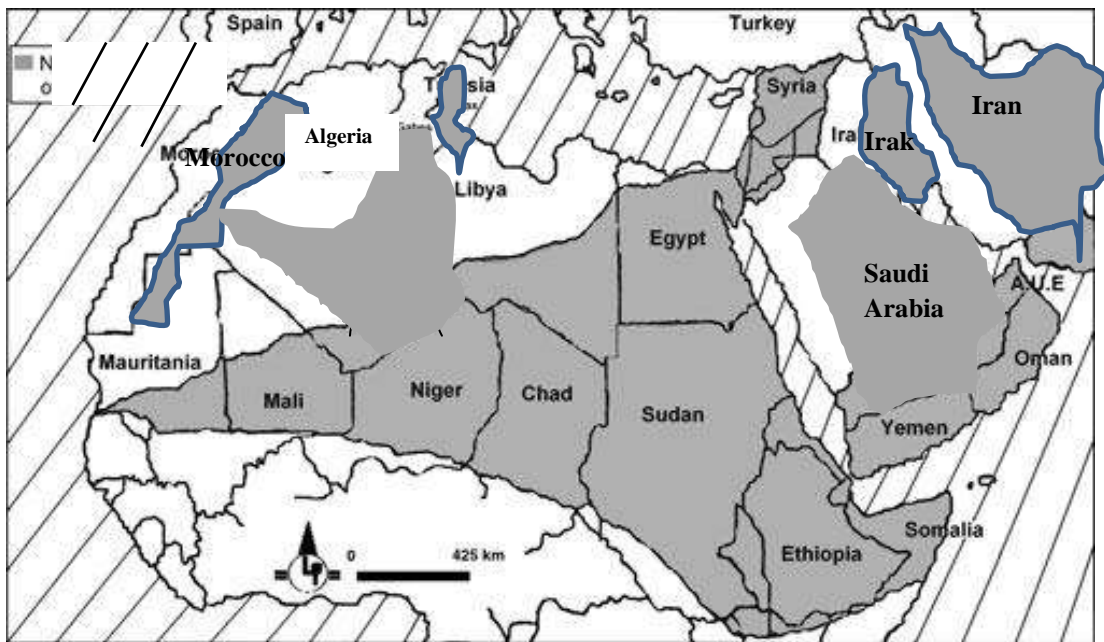


Figure 2 – Distribution de *Virachola livia* dans le monde (Ksentini *et al.*, 2011 modifié par Almi, 2020)

## I.2 - *Bacillus thuringiensis*

Les Bactéries utilisent une grande diversité de matériaux comme nutriments. Les bactéries les plus utilisées pour le contrôle biologique sont de la famille des Bacillaceae. *Bacillus thuringiensis* (Bt) est une bactérie du sol en forme de bâtonnet que l'on trouve dans le monde entier sur plantes, chez les insectes et dans le sol (Hajek, 2004).

Cette bactérie répond aux principaux critères de la lutte biologique (Doumandji-Mitiche et Doumandji, 1993). Le Bt est largement utilisé pour lutter contre des arthropodes en raison de sa forte virulence, de son faible coût, de sa facilité

d'application (**Dhouibi, 1982**). L'activité du Bt est due à des toxines produites par cette espèce. Le Bt a le pouvoir de tuer de nombreux types d'insectes dans différents habitats (**Hajek, 2004**). Plus de 150 espèces sont sensibles au Bt, Piérides, Noctuelles, Carpocapses, Tordeuses vivants sur les cultures maraichères, sur arbres fruitiers ou sur les essences forestières. Il est utilisé dans le contrôle des chenilles des Lépidoptères nuisibles aux plantes cultivées et aux essences forestières (**Habbachi, 2013**).

Les cristaux de Bt ingérés par les chenilles des lépidoptères, subissent un début de digestion qui libère et active les molécules toxiques qu'ils contiennent. La spécificité d'action est liée à la présence constante dans l'intestin de l'insecte, de substances naturelles particulières qui peuvent provoquer la libération des toxines. La toxine libérée provoque une paralysie générale, soit une paralysie alimentaire (**Doumandji-Mitiche et Doumandji, 1993**). Les protéines cristallisées exercent leurs effets sur l'hôte en lésant les cellules épithéliales de l'intestin moyen et en provoquant la paralysie du tube digestif. L'insecte infecté cesse alors de se nourrir et finit par mourir (**Höfte et Whiteley, 1989 ; Lereclus et al., 1993 et Bauer, 1995**). Cette bactérie a la capacité de tuer le ravageur dans quelques jours à quelques mois. Les espèces sensibles meurent dans un à deux jours. *Bacillus thuringiensis* affecte les organismes phytophages et jamais les carnivores (**Hajek, 2004**).

En Algérie, des essais de lutte contre la Spongieuse *Lymantria dispar* et la processionnaire du pin (à Djelfa) *Thaumetopoea pityocampa* ont mis en évidence une très bonne efficacité du Bt. Ce dernier a une efficacité maximale sur les deux premiers stades. Le Bt est largement utilisé contre les divers lépidoptères déprédateurs des arbres forestiers (**Doumandji- Mitiche et Doumandji, 1993**).

---

## **Chapitre II**

### **Présentation du milieu d'étude**

---

La présente étude est réalisée dans trois régions sahariennes : Ouargla, Djamâa et Biskra. Ces régions représentent une portion de la zone septentrionale du Sahara algérien. La connaissance des composantes biotiques et abiotiques de chacune de ces régions permet de mieux les aborder et de les caractériser. Ceci afin de rendre possible une compréhension des interactions entre le vivant et l'inerte. Au cours de ce chapitre, il sera abordé la position géographique des régions étudiées, leurs climats, sols et reliefs ainsi que leurs flores et faunes.

### II.1 - Position géographique

Chacune des trois régions est présentée selon sa position géographique.

#### II.1.1 - Région d'Ouargla

La région d'Ouargla est située au sud-est de l'Algérie, à une distance de 790 km d'Alger. Elle s'étale sur une superficie de 163.000 km<sup>2</sup> à l'est de la partie septentrionale du Sahara algérien (fig. 3). Elle se localise par des coordonnées géographiques soit 31° 56' 57" Latitude Nord ; 5° 19' 30" longitude Est, ayant une altitude moyenne de 138 m. (Salhi, 2017)

#### II.1.2 - Région de Djamâa

La région de Djamâa se situe à 120 km d'El-Oued. Elle s'étale sur 780 km<sup>2</sup>, limitée au nord par El Mghair, au sud par Touggourt, à l'Ouest par Ouled Djellal et à l'Est par El-Oued (fig.3). Djamâa appartient au Bas Sahara et fait partie du chapelet d'oasis d'Oued Righ. Elle est sur une latitude de 33° 32' 01" Nord et 5° 59' 35" Est. Djamâa se trouve à une altitude moyenne de 28 m au-dessus du niveau de la mer (Côte, 2005).

#### II.1.3 - Région de Biskra

Biskra appartient à la région des Ziban, l'une des grandes oasis du Sahara algérien. Elle constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au sud (34° 51' 00" 'N., 5° 43' 59" E.), son

altitude moyenne correspond à 120 m. Elle se trouve à l'est du pays à une distance de 425 km d'Alger et 220 km de Touggourt (fig.3). La superficie de la région de Biskra correspond à 21 509,80 km<sup>2</sup>. Elle est limitée au nord par l'atlas Saharien, au sud par l'oued Righ, à l'est par le Souf et à l'ouest par la région d'El Hodna (Farhi, 2002).

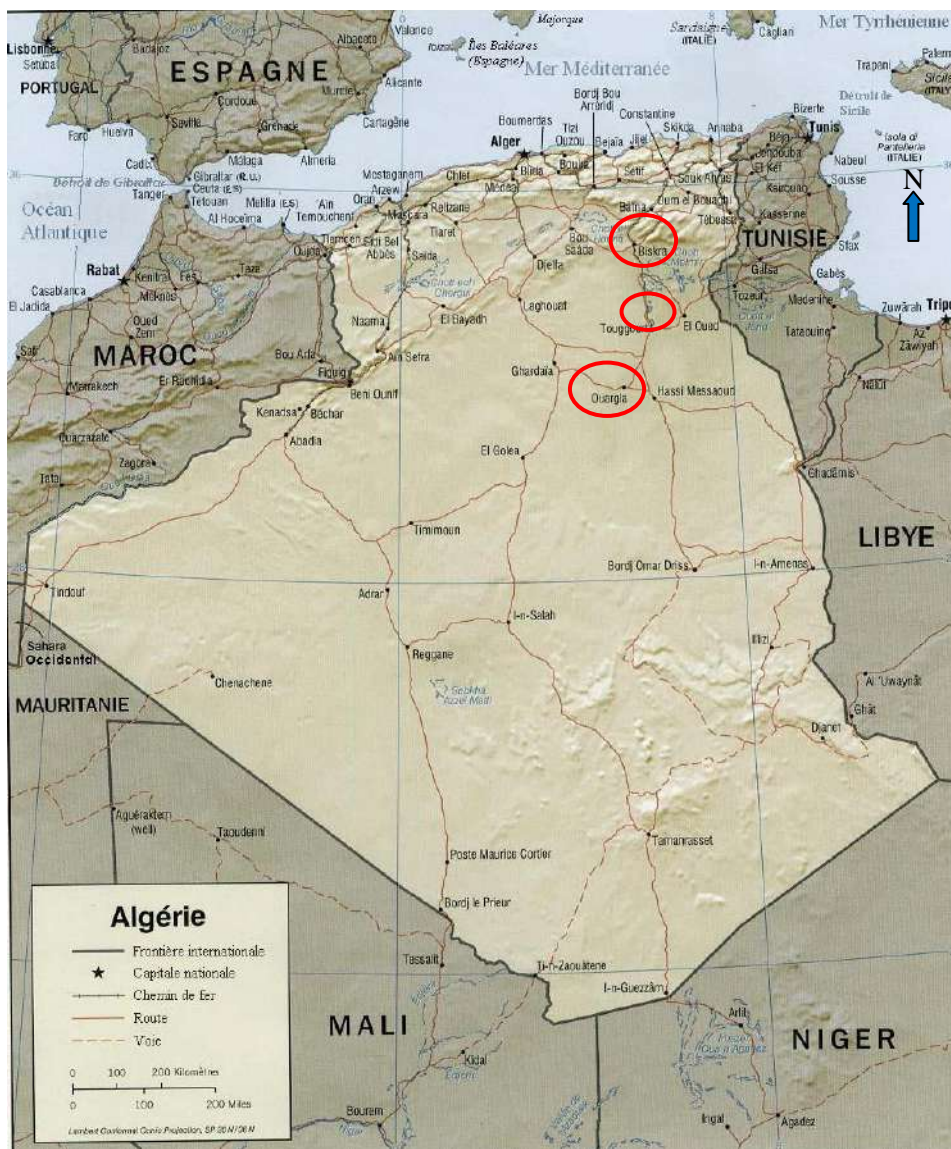


Figure 3 - Limites géographiques des régions d'étude (Google, 2020)

### II.2 - Climat des régions

Températures, pluviométrie, vitesse du vent, humidité relative de l'air et insolation sont les facteurs qui seront développés. Une synthèse bioclimatique vient situer les régions d'étude dans les étages méditerranéens ainsi que la précision de la période de sècheresse climatique.

### **II.2.1 - Température**

La température est considérée comme un facteur écologique fondamental, car elle régule toutes les activités biologiques des êtres vivants (**Brown et al., 2004**). La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 1984**). **Dreux (1980)** précise qu'étant un facteur écologique capital, la température agit sur la répartition géographique des espèces animales. Les valeurs des températures de chacune des régions étudiées sont exposées.

#### **II.2.1.1 - Région d'Ouargla**

Le tableau 1 synthétise les températures minimales, maximales et moyennes enregistrées dans la région d'Ouargla. Il montre que les températures moyennes les plus basses sont enregistrées en décembre avec 12,8 °C et en janvier avec 12,4 °C. Les valeurs les plus élevées se situent en juillet où elles atteignent 36,1 °C.

**Tableau 1-** Températures mensuelles maximales, minimales et moyennes en °C à Ouargla pour la période allant de 2009 à 2018.

T(°C)	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>M.</b>	19,5	21,2	25,7	30,8	35,3	40,4	44	42,4	38,1	31,8	24,6	19,8
<b>m.</b>	5,2	7	10,7	15,4	20	24,8	28,1	27,3	23,5	17,1	10,5	5,9
<b>(M+m)/2</b>	12,4	14,1	18,2	23,1	27,7	32,6	36,1	34,8	30,8	24,5	17,5	12,8

(O.N.M., 2019)

M : Températures mensuelles maximales en °C.

m : Températures mensuelles minimales en °C.

(M+m/2) : Températures mensuelles moyennes (T moy.) en °C.

#### **II.2.1.2 - Région de Djamâa**

En l'absence des données climatiques disponibles concernant cette région, celles de la région de Touggourt, la plus proximale sont présentées. Les deux régions



appartiennent à Oued Righ. Les températures enregistrées à Djamâa traduisent un climat saharien. En effet, la température moyenne du mois le plus froid enregistré pour le mois de janvier 11,8°C (tab.2). Par contre, la température moyenne du mois le plus chaud est inscrite en juillet soit 34,8 °C.

**Tableau 2** - Températures mensuelles maximales, minimales et moyennes à Touggourt pour la période 2009 à 2018.

T(C°)	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>M.</b>	18,5	19,8	24,2	29,2	33,7	38,6	42,4	40,9	36,3	30,5	23,5	18,8
<b>m.</b>	5,1	6,4	10,1	14,6	19,1	23,8	27,1	26,3	22,7	16,6	10	5,4
<b>(M+m)/2</b>	11,8	13,1	17,2	21,9	26,4	31,2	34,8	33,6	29,5	23,6	16,8	12,1

(O.N.M., 2019)

M : Températures mensuelles maximales en °C.

m : Températures mensuelles minimales en °C.

(M+m/2) : Températures mensuelles moyennes (T moy.) en °C.

### II.2.1.3 - Région de Biskra

Les données thermiques calculées sur une période étalée entre 2009 et 2018 sont consignées dans le tableau 3. Les données enregistrées montrent une forte variation saisonnière soit 35°C en juillet (mois le plus chaud) contre 12,7°C en janvier (mois le plus froid).

**Tableau 3** -Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2009 à 2018.

T(C°)	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>M.</b>	18	18,7	23,2	27,7	32,5	37,7	41,6	39,9	35,2	30	23	18,5
<b>m.</b>	7,2	9,9	11,5	15,3	19,7	24,5	28,3	27,5	23,7	18,3	15,3	9,8
<b>(M+m)/2</b>	12,7	13,2	17,4	20,9	26,1	31,1	35	33,8	29,1	24,2	17,6	13,1

(O.N.M., 2019)

## II.2.2 - Précipitation

La précipitation dont fait partie la pluviométrie, varie d'une région à une autre constituant un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres (Faurie *et al.*, 2003). La limite septentrionale du Sahara correspond à une ligne représentée par l'isohyète de 100 mm (plus ou moins 50 mm) de précipitations annuelles (Le Houerou, 2009). Les données récoltées de l'office national de météorologie pour les trois régions sont exposées.

### II.2.2.1 -Région Ouargla

Elle est caractérisée par des pluies rares et irrégulières d'un mois à un autre et suivant les années. Le cumul annuel durant la période 2009 à 2018 n'excède pas 40,9 mm (tab. 4).

**Tableau 4-** Précipitations mensuelles (mm) à Ouargla (2009-2018)

(P : Précipitation mensuelle exprimée en mm)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumul
P (mm)	8,8	4,1	5,6	1,5	2,3	0,8	0,4	0,5	5,4	4,7	3,1	3,7	40,9

(O.N.M., 2019)

Les pluies sont réduites à partir d'avril jusqu'à août correspondant aux mois les moins arrosés (tab. 4). Les plus faibles quantités sont enregistrées au mois de juillet (0,4 mm). Dans cette partie septentrionale, il pleut relativement beaucoup plus en hiver.

### II.2.2.2 - Région Djamâa

Les quantités de précipitations mensuelles de la région de Djamâa sont notées dans le tableau 5. Ces valeurs montrent que les pluies sont rares et irrégulières. En juillet, l'absence totale de pluies est enregistrée. Le mois le plus arrosé est janvier (11mm) alors que le cumul annuel équivaut à 53,6 mm.

**Tableau 5-** Précipitations mensuelles à Touggourt pour la période allant de 2009 à 2018. (P : Précipitation mensuelle exprimée en mm).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumul
P (mm)	11	5,9	7,2	9,9	2,4	0,2	0	1,4	6,0	0,8	6,1	2,8	53,6

(O.N.M., 2019).

### **II.2.2.3 - Région Biskra**

Cette région se caractérise par de faibles précipitations. Elles ne dépassent généralement pas 200 mm par an. Ces pluies tombent d'une manière irrégulière et peuvent être torrentielles (Farhi, 2002). Le tableau 6 comporte les données mensuelles et le cumul annuel.

**Tableau 6-** Précipitations mensuelles (mm) à Biskra pour la période de 2009 à 2018.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumul
P (mm)	10,1	14,1	15,6	19,1	15,3	15,2	0,7	2,5	20,6	27,9	11,1	4,7	156,9

(O.N.M., 2019)

Il existe des variations assez marquées de la pluviométrie durant la période 2009 jusqu'à 2018. En fait, cette région est caractérisée par une faible pluviométrie durant cette période qui est représentée par sa valeur maximale en octobre (27,9 mm), par contre sa valeur la plus faible parvient en juillet sous forme de traces soit 0,7 mm (tab. 6).

### **II.2.3 - Humidité relative de l'air et durée d'insolation**

Le Sahara étant la région du monde possédant l'évaporation la plus forte (Verlet, 1962); l'intensité de l'évaporation est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds comme le sirocco (Toutain, 1979). Le degré hygrométrique de l'air ou l'humidité relative au Sahara septentrional varie de 20 % en été à 50 % ou 60 % en hiver (Vial et Vial, 1974). L'humidité de l'air dépend de plusieurs facteurs dont le nombre de jours de pluie, la température, les vents et la

morphologie de la station considérée (**Faurie et al., 1980**). Les valeurs relatives à l'humidité de l'air et à l'insolation sont analysées.

### **II.2.3.1 - Région d'Ouargla**

A Ouargla, l'humidité de l'air varie sensiblement en fonction des saisons de l'année. Durant l'été, elle chute jusqu'à 22,9% (juillet) sous l'effet des vents chauds. Par contre, en hiver elle s'élève au-dessus de 50% (tab. 7).

**Tableau 7** - Humidité moyenne de l'air (H%) et durée d'insolation (heure) de 2009 à 2018 dans la région d'Ouargla.

<b>Mois</b>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>H %</b>	55,3	48	42,3	36,2	30,7	27	22,9	26,8	35,7	41,5	51,2	58,1
<b>Insolation (heure)</b>	238,4	247,4	266,8	285,3	316,3	317,5	329,3	314,4	268,1	270,7	248,2	239

(O.N.M., 2019)

La région d'Ouargla est caractérisée par une forte durée d'insolation avec un minimum de 238,4 heures en janvier et un maximum de 329,3 heures en juillet pour la période 2009-2018 (tab.7).

### **II.2.3.2 - Région de Djamâa**

Les valeurs du taux d'humidité relative de l'air sont reportées dans le tableau 8. L'air est plus humide en décembre (52,5 %). Cependant, le mois le plus sec correspond à juillet (15,5 %).

**Tableau 8** -Humidité relative moyenne et durée d'insolation durant la période 2009-2018 à Touggourt (HR% : Humidité relative en pourcentage).

<b>Mois</b>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>H%</b>	40,1	49,5	31,5	30	30	24,5	15,5	30	33	39	47,5	52,5
<b>Insolation (heure)</b>	253,4	208,6	246,9	262,3	313,3	241,5	284,5	321,2	281,4	247,9	244,5	272,1

(O.N.M., 2019).

La durée d'insolation est maximale en août (321,2 h) alors qu'elle est minimale en février (208,6 h).

### II.2.3.3 - Région de Biskra

Dans la région de Biskra, le maximum d'humidité relative de l'air est enregistré en décembre avec un pourcentage de 58,6 % (tab. 9). Le minimum s'observe en juillet où l'humidité atteint 27,1%.

**Tableau 9-** Humidité moyenne mensuelle (mm) à Biskra durant la période de 2009 à 2018. (P : Précipitation mensuelle exprimée en mm).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H %	57,2	51,1	45,1	42,3	35,8	31	27,1	33,2	42,9	46,9	55,7	58,6
Insolation (heure)	225	220	257	247	322	331	365,5	338	335	280	237	218,7

(O.N.M. 2019)

Le mois de juillet enregistre la durée d'insolation la plus importante soit 365,5 h (tab. 9) alors que la durée la plus faible est notée en décembre (218,7 h). Durant les autres mois, la durée d'insolation dépasse 200 h.

### II.2.4 - Vent

Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant (Ramade, 1984). Il a parfois une action très marquée sur la répartition des insectes et sur leur degré d'activité (Faurie *et al.*, 1980). Le vent a une action indirecte, en activant l'évaporation, augmentant donc la sécheresse. Ce facteur climatique est analysé du point de vue de sa vitesse de progression au sein des trois régions.

#### II.2.4.1 - Région d'Ouargla

A Ouargla, la vitesse du vent atteint ses valeurs maximales en période printanière soit 10,6 m/s en mai (tab. 10). Par contre, la valeur la plus faible est notée en janvier (8,2 m/s). La vitesse moyenne annuelle de vent est égale à 8,9 m/s.

**Tableau 10** - Vitesse du vent (m/s) moyennes mensuelles des vents à Ouargla (2009-2018)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. annuelle
Vitesse du vent (m/s)	8,2	9,2	9,7	10,3	10,6	10	8,9	8,9	9,1	7,9	7,3	9,6	8,9

(O.N.M., 2019)

#### II.2.4.2 - Région de Djamâa

La lecture de valeurs de la vitesse du vent à Djamâa démontre que ce dernier atteint une vitesse maximale durant les mois de mars, avril et mai (10,2, 10,5 et 10,3 m/s respectivement). La valeur minimale est notée en décembre soit 7,2m/s (tab. 11).

**Tableau 11**- Vitesses moyennes mensuelles (m/s) du vent à Touggourt (2009-2018).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy annuelle
Vent (m/s)	8,6	8,8	10,2	10,5	10,3	9,6	9,2	9,2	8,2	7,9	8,1	7,2	8,98

(O.N.M., 2019)

#### II.2.4.3 - Région de Biskra

La vitesse maximale du vent a été enregistrée au mois de mars soit 4,8m/s (tab. 12), par contre la vitesse minimale a été relevée durant août avec 3 m/s.

**Tableau 12**- Vitesse moyenne mensuelles des vents (m/s) à Biskra pour la période (2009-2018).

Mois	Mois												Moy. annuelle
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Vent (m/s)	4,1	4,4	4,8	4,4	4,3	3,9	3,2	3	3,1	3,1	3,5	3,1	3,74

(O.N.M., 2019)

## II.2.5 - Synthèse bioclimatique

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment. Les plus employés font intervenir la température et la précipitation, qui sont les facteurs les mieux connus et les plus impactant. Ces derniers permettent de définir les limites climatiques d'une espèce donnée (**Lebreton, 1978 et Dajoz, 1996**).

La synthèse bioclimatique est basée sur le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls ainsi que le climagramme d'Emberger établis pour cette région.

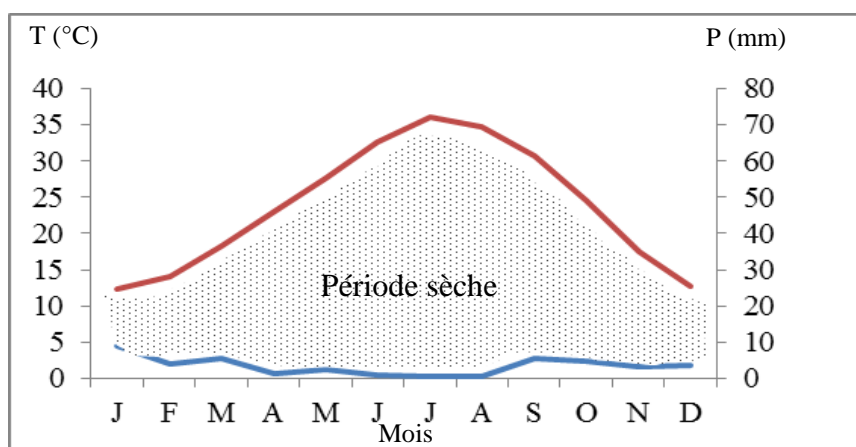
### II.2.5.1 - Digramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls permet de déterminer les périodes sèches et humides durant l'année prise en considération. Un mois est considéré comme sec quand le total des précipitations annuelles exprimées en millimètre, est inférieur ou égale au double de la température moyenne en degré Celsius (**Gaussen et Bagnouls, 1953**).

#### II.2.5.1.1 -Région d'Ouargla

Le diagramme ombrothermique de la région d'Ouargla de la période allant de 2009 à 2018 est établis à partir des données climatiques des tableaux 1 et 5.

Ce diagramme ombrothermique montre une période sèche qui s'étale sur tous les mois (fig. 4). Il est à remarquer que la courbe des précipitations est toujours inférieure à celle des températures.



**Figure 4** - Digramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls pour la période 2009-2018 appliqué à la région d'Ouargla

II.2.5.1.2 - Région de Djamâa

L'analyse du diagramme ci-dessous (fig. 5) démontre que la période sèche s'étale sur la totalité de l'année; elle se distingue plus pendant les mois de juin, juillet et août où sont enregistrées les plus faibles précipitations et les plus fortes températures.

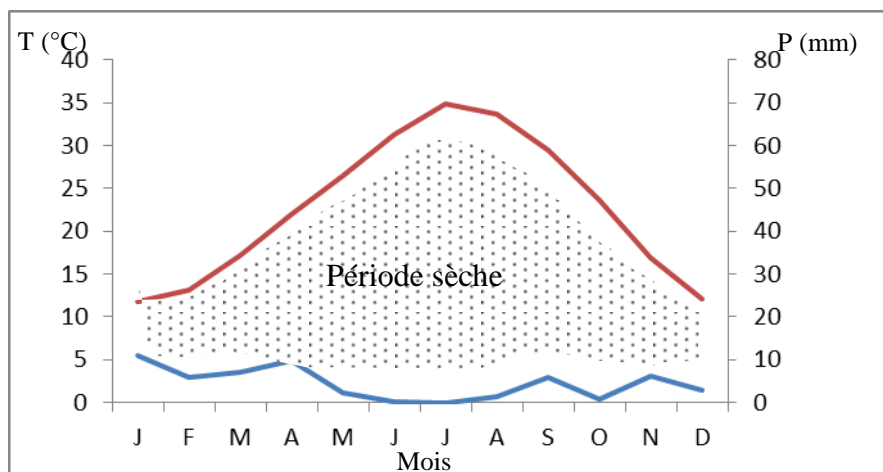


Figure 5 - Digramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls pour la période 2009-2018 de la région de Djamâa

II.2.5.1.3 - Région de Biskra

L'analyse du diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls pour la période allant de 2009 à 2018 établi à partir des données climatiques des tableaux 3 et 6, montre que cette région affiche une période sèche durant toute l'année (fig. 6).

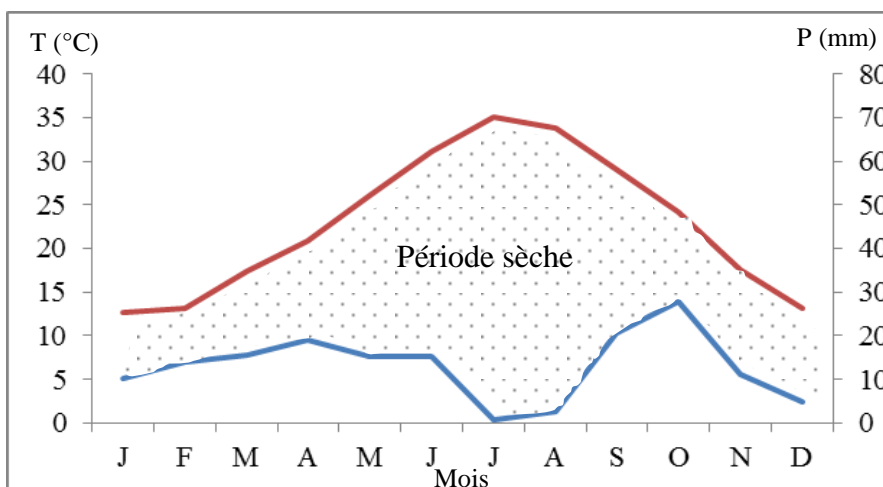


Figure 6 - Digramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls pour la période 2009 à 2018 appliqué à la région de Biskra



### II.2.5.2- Climagramme pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger "Q<sub>2</sub>" est spécifique au climat méditerranéen. Il permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (**Dajoz, 1971**). Le quotient pluviométrique d'Emberger est corrigé par la formule suivante (**Stewart, 1969**) :

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M-m)$$

Q<sub>3</sub>: est le quotient pluviométrique d'Emberger

P: est la pluviosité annuelle en mm

M: est la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C.

m: est la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °C.

Les valeurs de chacune des régions concernées sont exposées.

#### II.2.5.2.1- Région d'Ouargla

La valeur du quotient pluviométrique (Q<sub>3</sub>) de la région d'Ouargla est calculée pour la période entre 2009 et 2018, elle correspond à 3,61. En rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger, accompagnée de la valeur de la température minimale (5,2 °C.) du mois le plus froid, il est à constater que la région d'Ouargla se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré (fig. 7).

#### II.2.5.2.2 - Région de Djamaâ

A partir des données climatiques obtenues durant une période s'étalant sur 10 ans (2009 à 2018), la pluviométrie moyenne annuelle est de 53,6mm, la température moyenne des maxima du mois le plus chaud est de 42,4°C et celle des minima du mois le plus froid de 5,1 °C. De ce fait, la valeur du quotient pluviométrique est de 4,92. En rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger, il est à constater que la région Djamaâ se situe aussi dans l'étage bioclimatique saharien à hivers tempéré (fig. 7).

#### II.2.5.2.3 - Région de Biskra

Le quotient pluviométrique Q<sub>2</sub> de la région de Biskra calculé à partir des données de la période 2009 à 2018, il est égal à 15,64. Cette valeur classe la région de Biskra dans l'étage bioclimatique saharien à hiver chaud (Fig. 7).

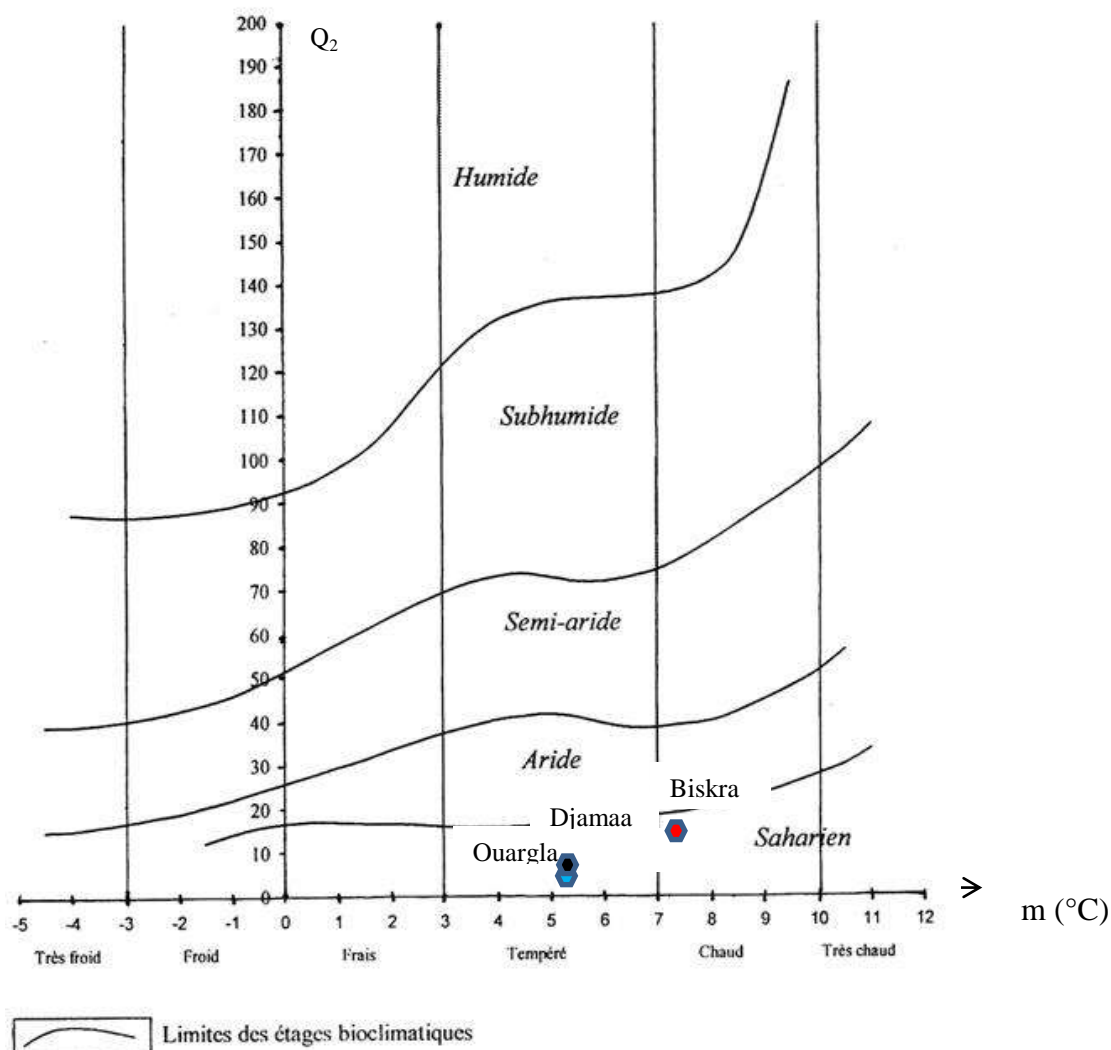


Figure 7 - Situation des régions d'étude (Ouargla, Djamaa et Biskra) dans le climagramme d'Emberger.

### II.3 - Relief

Le relief des trois régions est décrit, la spécificité locale est à souligner.

#### II.3.1 - Région d'Ouargla

Ouargla est le domaine du Bas Sahara. Elle est séparée des zones montagneuses par le plateau calcaire de Tinrhert (Rouvillois-Brigol, 1975; Dubost, 1991). Selon Rouvillois-Brigol (1975), Ouargla se trouve encaissée au fond d'une cuvette très large, la basse vallée de l'Oued M'ya, dont les extrémités sont représentées à l'ouest par

Bamendil et Mekhadma, au nord par Bour-El-Haicha, à l'est par Sidi khouiled et Hassi BenAbdellah et au sud par Beni Thour, Ain Beida et Rouissat. Ouargla abrite des chotts comme ceux de Bamendil et d'Oum Er Raneb. Cette vallée d'Ouargla, s'étend sur une superficie d'environ 100.000 hectares. Elle est orientée sud-ouest/nord-est sur une longueur d'environ 55 km.

D'après l'origine et la structure des terrains trois zones sont distinguées.

- A l'ouest et au sud, il y a des terrains calcaires et gréseux formant une zone déshéritée où rien ne pousse à l'exception de quelques touffes de drin (*Aristida pungens*).
- A l'est, la zone est caractérisée par le synclinal d'Oued-M'ya. C'est une zone pauvre en points d'eau.
- A l'est et au centre, le Grand Erg oriental occupe près des trois quarts de la surface totale de la cuvette (**Passager, 1957**).

### II.3.2 - Région de Djamâa

Dans la région de Djamâa, deux formes naturelles observées (les dunes et les palmeraies) orientent le développement linéaire des agglomérations dans le sens méridien. La région de l'Oued Righ fait partie de l'immense zone subdésertique qui s'étend au sud de l'Atlas Saharien où les phénomènes d'ablation et d'apport se conjuguent constamment de façon intense, dans une région qui évolue dans le cadre de système endoréique traduisant une diversité d'aspects morphologiques dont la plus caractéristique est les dépressions fermées comme les chotts et les sebkhas (**Bouhania et Zehri, 2005**).

### II.3.3 - Région de Biskra

Biskra forme une région de transition du point de vue morphologique et bioclimatique. Ce passage se fait subitement au pied de l'Atlas saharien. On passe d'un relief assez élevé et accidenté au nord à une topographie de plateau légèrement inclinée vers le sud. Le relief de la région de Biskra est constitué de quatre grands ensembles géographiques (**Ferfeche, 2015**):

- Les montagnes: situées au nord de la région presque découvertes de toutes végétations naturelles (El-Kantra, Djemouraet M'Chounech).
- Les plateaux: à l'ouest, s'étendent du nord au sud englobant presque les daïrates d'Ouled Djelal, Sidi Khaled et une partie de Tolga.
- Les plaines: sur l'axe El-Outaya-Daoucen, se développent vers l'est et couvrent la quasi-totalité des daïrates d'El-Outaya, Sidi Okba et Zeribet El-Oued et la commune de Daoucen.
- Les dépressions: dans la partie sud-est de la wilaya de Biskra (Chott Melghigh).

### II.4 - Sol

Les facteurs édaphiques comprennent toutes les propriétés physiques et chimiques du sol qui ont une action écologique sur les êtres vivants (**Dreux, 1980**).

#### II.4.1 - Région Ouargla

Les sols de la région d'Ouargla sont constitués de sable quartzeux. Dans l'ensemble des sols, le squelette sableux est très abondant, constitué en quasi-totalité par du quartz (**Hamdi Aissa, 2001**). Ils possèdent une texture généralement sableuse, avec une structure particulière, faible en matières organiques, un pH alcalin et une bonne aération. D'après l'origine et la structure des terrains trois zones sont distinguées (**Kafi, 1977**).

- A l'ouest et au sud, il y a des terrains calcaires et gréseux formant une zone déshéritée.
- A l'est, la zone est caractérisée par le synclinal d'Oued-M'ya. C'est une zone pauvre en points d'eau.
- A l'est et au centre, le grand Erg oriental occupe près des trois quarts de la surface totale de la cuvette (**Passager, 1957**).

**Rouvillois-Brigol (1975)** précise que d'une part sous la palmeraie, les caractéristiques du sol dépendent du travail humain. A l'origine, les terres sont alluviales ou sont bien drainées. D'autre part, elle provoque l'asphyxie des terres basses de la rive de la Sebkhia par ses apports en sels.

#### II.4.2 - Région de Djamâa

Le sol dans la région de Djamâa est généralement peu évolué, d'origine alluviale sur un relief plat, ancien encroûté essentiellement à la surface par des apports éoliens sableux, à fort degré de salinité et pauvre en matière organique. Le sol présente une structure particulière (**Beggar, 2006**). Les couches arables sont constituées d'un sol généralement sableux à tendance sablo-limoneux de faible profondeur (**Bouhania et Zehri, 2005**).

#### II.4.3 - Région de Biskra

D'après **Halilat (1998)**, les sols de la région de Biskra sont hétérogènes mais ils sont constitués des mêmes catégories rencontrées dans l'ensemble des régions arides de l'Algérie (tab. 13).

**Tableau 13** - Principaux sols de la région de Biskra et du reste du Sahara algérien

Classes	Groupes/Sous-groupes
Sols minéraux bruts	Lithosols ou formations rocheuses Sols minéraux bruts d'ablation ou regs Sols minéraux bruts d'apport
Sols peu évolués	Sols des dayas Sols des buttes à <i>Tamarix</i> Sols des oasis
Sols halomorphes	Sols salés Sols sodiques
Paléosols	Les paléosols calci-magnésiques Les paléosols halomorphes

(**Halilat, 1998**).

#### II.5 - Facteurs biotiques

Dans cette partie, des données émanants de travaux antécédants sur la flore et la faune des régions sont présentées.

### II.5.1 - Données bibliographiques sur la flore des régions d'étude

Le climat rude des régions sahariennes les rend très pauvres en nombre d'espèces végétales (**Ozenda, 1991**).

A l'instar des autres wilayas du sud, c'est la culture du palmier dattier qui est prédominante à Ouargla. La phoeniciculture occupe pas moins de 60 % du potentiel des terres exploitées (**Zenkhri, 2017**), en association avec le palmier dattier, il y a présence de plusieurs espèces fruitières (figuier, grenadier, olivier, agrumes...). L'arboriculture occupe environ 18 % du potentiel des terres exploités (**Zenkhri, 2017**), légumières (tomate, piment, aubergine, laitue...) et fourragères sont enregistrés. **Medjber-Tegug et al., (2014)** ont recensés 12 espèces végétales appartenant à 9 familles dans les palmeraies de la région d'Ouargla, dont les plus importantes sont *Poaceae*, *Maranthaceae*, *Juncacea* et *Plumbaginaceae*. Les espèces les plus abondantes sont *Juncus maritimus*, *Phragmites australis*, *Halocnemum strobilaceum*, *Cynodon dactylon* et *Limonium delicatulum*. Cependant, **Idder-Ighili (2008)** signale que les espèces communes à toutes les palmeraies de la région sont *Tamarix gallica* (Tamaricaceae), *Zygophyllum album* (Zygophyllaceae), *Launaea glomerata* (Astraceae) et *Juncus maritimus* (Juncaceae).

Le nombre d'espèces spontanées inventoriées par **Ould El Hadj et al., (2003)** est 37 espèces. Cependant **Gasmi (2011)** a inventorié 170 espèces, répartis sur 37 familles botaniques différentes, dont la famille Poaceae est représentée par 34 espèces soit 20% du nombre total des espèces. Asteraceae abrite 27 espèces, Brassicaceae 17 espèces et Amarantacées 14 espèces. Les autres familles sont représentées par un nombre d'espèces moins important tel que Renonculaceae, Plantaginaceae, Cistaceae, ...etc.

A Djamâa le palmier dattier *Phoenix dactylifera* est la culture dominante (**Beggar, 2006**), elle possède beaucoup plus de palmeraies coloniales. **Chehma (2006)** a mentionné que cette région possède 26 espèces partagées sur 18 familles botaniques. La famille Asteraceae est la plus riche avec 5 espèces, suivie par Chenopodiaceae (3 espèces). En troisième position vient les familles Apiaceae et Tamaricaceae avec 2 espèces pour chacune. Les autres familles, chacune renferme une seule espèce végétale comme les espèces *Phragmites communis* et *Juncus maritimus*.

Dans la région de Biskra, la phoeniciculture est également la principale spéculation pratiquée. Elle présente 23,15 % du patrimoine phoenicicole national. A partir des années 1990, les cultures légumières ont enregistré un développement considérable. Les espèces fruitières les plus cultivées dans la région sont abricotier, figuier, olivier, grenadier, pommier et agrumes. **Quezel et Santa (1962-1963), Ozenda (1983)** ont mentionnés plusieurs espèces appartenant à des familles différentes, ils citent les poaceae (*Hordeum murinum*, *Avena* sp., *Macrochloa tenacissima* (*Stipa tenacissima*), *Agropyrom junceum* et *Cynodon dactylon*, Apiaceae (*Adonis aestivalis*, *Ranunculus arvensis*, *Thapsia garganica* et *Dacuscarota*), Malvaceae (*Lavateracretica*), Fabaceae (*Medicago lupulina*, *Trifolium fragiferum*), Chenopodiaceae (*Salsola vermiculata*). Dans la région de Biskra **Salemkour et al. (2012)** ont recensé 145 espèces spontanées et 44 familles parmi lesquelles Aizoaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Orobanchaceae, Papaveraceae, Asteraceae et Boraginaceae.

### II.5.2 - Données bibliographiques sur la faune des régions d'étude

**Catalisano (1986)** rapporte que le désert abrite un nombre d'espèces par unité de surface relativement faible par rapport à celui d'autres milieux de la planète.

A Ouargla, **Bekkari et Benzaoui (1991)** relèvent la présence de 130 espèces d'invertébrés, 10 espèces de mammifères, 9 espèces de reptiles, plus de 40 espèces d'oiseaux, 2 espèces de poissons et 2 espèces d'amphibiens. Dans les palmeraies de la région d'Ouargla **Benameur-Saggou (2009)** recense 182 espèces dont 142 espèces d'invertébrées et 40 espèces de vertébrées. **Aliat (1996), Hadjaidji (2002), Ould El Hadj (2002), Bouzid (2003) et Korichi (2008)** citent plusieurs espèces appartenant à différentes familles (*Buthus occitanus*, *Androctonus australis hector*, *Oligonychus afrasiaticus*, *Galeodes* sp. *Geophilus longicornis*, *Lepisma* sp., *Cloeon dipterum*, *Erythromma viridilum*, *Sympetrum danae*, *Anax imperator*, *Blatta orientalis*, *Mantis religiosa*, *Blepharopsis mendica*, *Gryllulus domesticus*, *Pyrgomorpha conica*, *Conocephalus fuscus*, *Nezara viridula*, *Duroniella lucasi*, *Pyrrhocoris apterus*, *Lixus anguinus*, *Scarites gigas*, *Chrysophris* sp...etc.).

**Sadine et al., (2018)** ont recensés 9 espèces de scorpions dont *A. australis* était l'espèce la plus abondante. **Zeghti et al., (2019)** rapportent que l'inventaire réalisé dans 5 stations de palmeraies de la région de Ouargla a permis de retrouver 13 familles de papillons, dont Lycaenidae sont les plus capturées (20%). 62 espèces de lépidoptères ont été enregistrées dans les palmeraies d'Ouargla. Parmi les espèces recensées *Zizeeria knysna*, *Mirificarma interrupta*, *Pieris rapae* et *Cynthia cardui*.

La région de Djamâa compte 131 espèces d'insectes réparties en 15 ordres, parmi lesquels l'ordre des coléoptères abrite 37 espèces. Dans ce même ordre, il a été inventorié 17 familles dont lesquelles la famille Carabidae avec un effectif de 14 espèces. Les Névroptères avec 2 espèces, les Blattoptères avec 3 espèces et les Orthoptères correspondent à 48 espèces (Bekkari et Benzaoui, 1991; Cheradid, 2008).

Dans la région de Biskra, **Deghiche-Diab et al., (2015)**, trouvent 127 espèces d'arthropodes dans un milieu agricole. Le peuplement d'aphidiens s'élève à 33 espèces (**Gagui, 2012**). **Farhi et Belhamra (2012)**, notent 42 espèces avifaunes. D'autres groupes d'animaux sont présents parmi lesquels se retrouve des poissons des sables *Scincus scincus*, des rongeurs (*Gerbillus campestris*), Erinaceidae et Batraciens (Le Berre, 1989). Les arthropodes *Syndaesia* sp., *Buthiscus bicalcaratus*, *Trochosa terricola*, *Gryllus bimaculatus*, *Pimelia payraudi*, *Carabus glabratus*, *Lophyra flexuosa* (**Deghiche-Diab et al., 2015**), *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* (**Moussi et Harrat, 2006**).



---

# **Chapitre III**

## **Matériel et méthodes d'étude**

---

Dans cette partie nous abordons le matériel utilisé sur terrain et au laboratoire ainsi que des aspects concernant la méthodologie à savoir le choix des stations d'étude, la détermination de la période d'apparition et le taux d'infestation de *Virachola livia* sur grenadier, les techniques d'échantillonnages et élevage de ce bioagresseur afin d'étudier des paramètres biologiques ainsi que les techniques d'échantillonnage de la faune associée. Cette partie est consacrée également à la description de la méthode de lutte utilisée contre ce ravageur par la bactérie *Bacillus thuringiensis*.

### III.1 - Choix et présentation des stations d'étude

Le choix des stations est fait après des prospections, prise de contacts et concertations, il est basé principalement sur la présence du ravageur sur grenadier. Des critères d'accessibilité, de sécurité et de physionomie similaire, sont pris en compte. Les stations choisies sont des palmeraies à propriété privée, elles sont présentées comme suit :

#### III.1.1 - Station Saïd Otba (Ouargla)

Située à Ouargla, dans la localité dénommée Saïd Otba 1 dans la commune d'Ouargla, cette station est à environ 4 km au nord-est de la ville d'Ouargla. Les coordonnées géographiques correspondent à 31°58'37.96 N; 5°19'58.81 E à 136 m d'altitude (fig. 8A).



**Figure 8 – Station de Saïd Otba (Ouargla)**

A: vue satellitaire de la station ; B: vue interne de la station

Plusieurs cultures sont présentes dans cette station (fig. 8B). La culture de palmier dattier domine (136 pieds de différents cultivars à dominance *Ghars*). La plantation est alignée et appartenait dans le passé aux domaines autogérés. Plusieurs arbres fruitiers sont plantés entre les palmiers à savoir 21 figuiers, 16 grenadiers dont 3 produisent deux fois par an, 1 abricotier, 1 olivier, 5 pommiers, 1 henné, 1 murier et 1 vigne. D'autres cultures basses sont pratiquées à titre saisonnier, sur de faibles superficies (destinées à une consommation familiale) et représentent la strate basse sous-jacente. Parmi ces cultures figurent oignon, fève, choux fourrager et gombo. La clôture de la palmeraie est à base de palmes sèches (fig. 9). La palmeraie est moyennement entretenue. L'irrigation y est pratiquée par submersion à une fréquence hebdomadaire durant l'été et une fois par quinzaine en hiver.

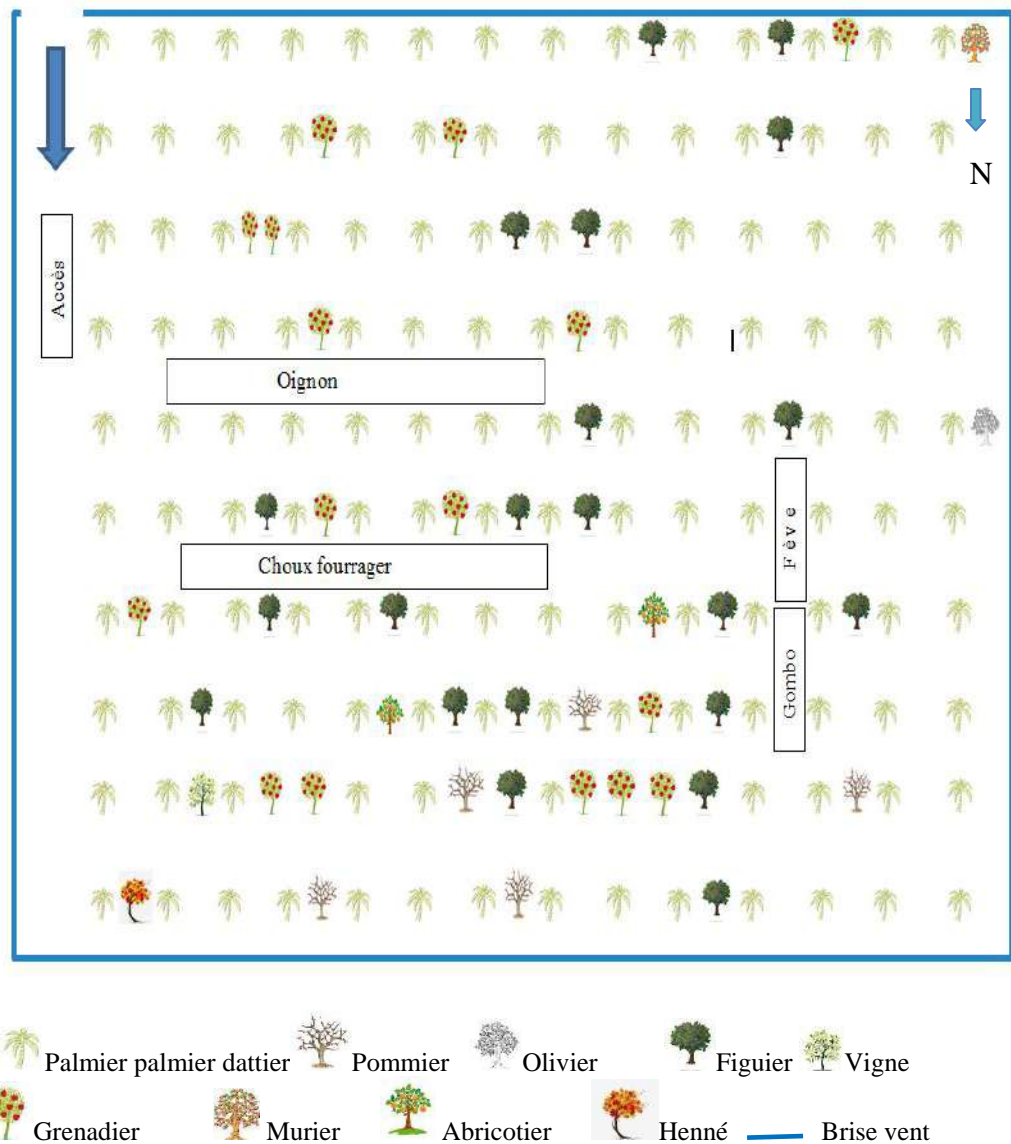
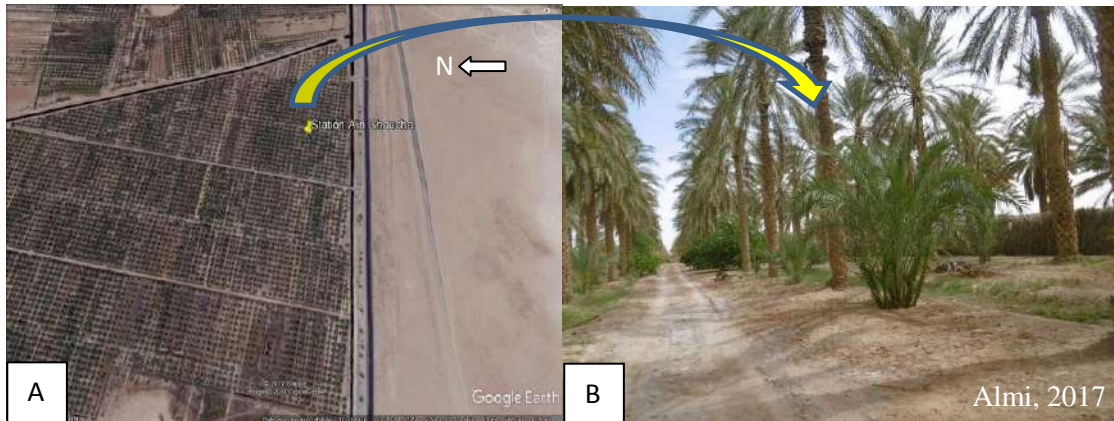


Figure 9 - Schéma parcellaire de la station Said Otba

### III.1.2 - Station Ain Choucha (Djamâa)

Sur une superficie de 1 ha dans le périmètre dit KADRI Lemnaouar, sis dans la région Ain Choucha à 10 km de Djamâa se localise cette palmeraie dont les coordonnées sont 33°25'44.93 N ; 5°58'21.29 E ; altitude de 53 m (fig. 10 A).



**Figure 10** –Station Ain Choucha (Djamâa)

A: vue satellitaire de la station ; B: vue interne de la station

La station Ain Choucha est bien entretenue, abrite diverses cultures. Un total de 97 pieds de palmier dattier est planté depuis 1958, dont 69 *Deglet Nour*, 11 *Degla Beida* et 17 *Ghars*. L'espacement entre pieds équivaut à 10m de longueur et 9 m de largeur est respecté (fig 10 B).

La palmeraie est entourée de palmes sèches (fig. 11). Elle contient aussi des cultures intercalaires fruitières soit 4 abricotiers, 3 figuiers, 4 Hennés, 20 grenadiers (âgés de 20 ans en moyenne), en plus des cultures herbacées (luzerne, oignon, Menthe). L'irrigation se fait par submersion une à deux fois par semaine (suivant la saison météorologique). La palmeraie est menée d'un drain fonctionnel bien entretenu. Le propriétaire n'applique aucun traitement chimique. Le fumier d'origine animale provient d'un élevage sur place.

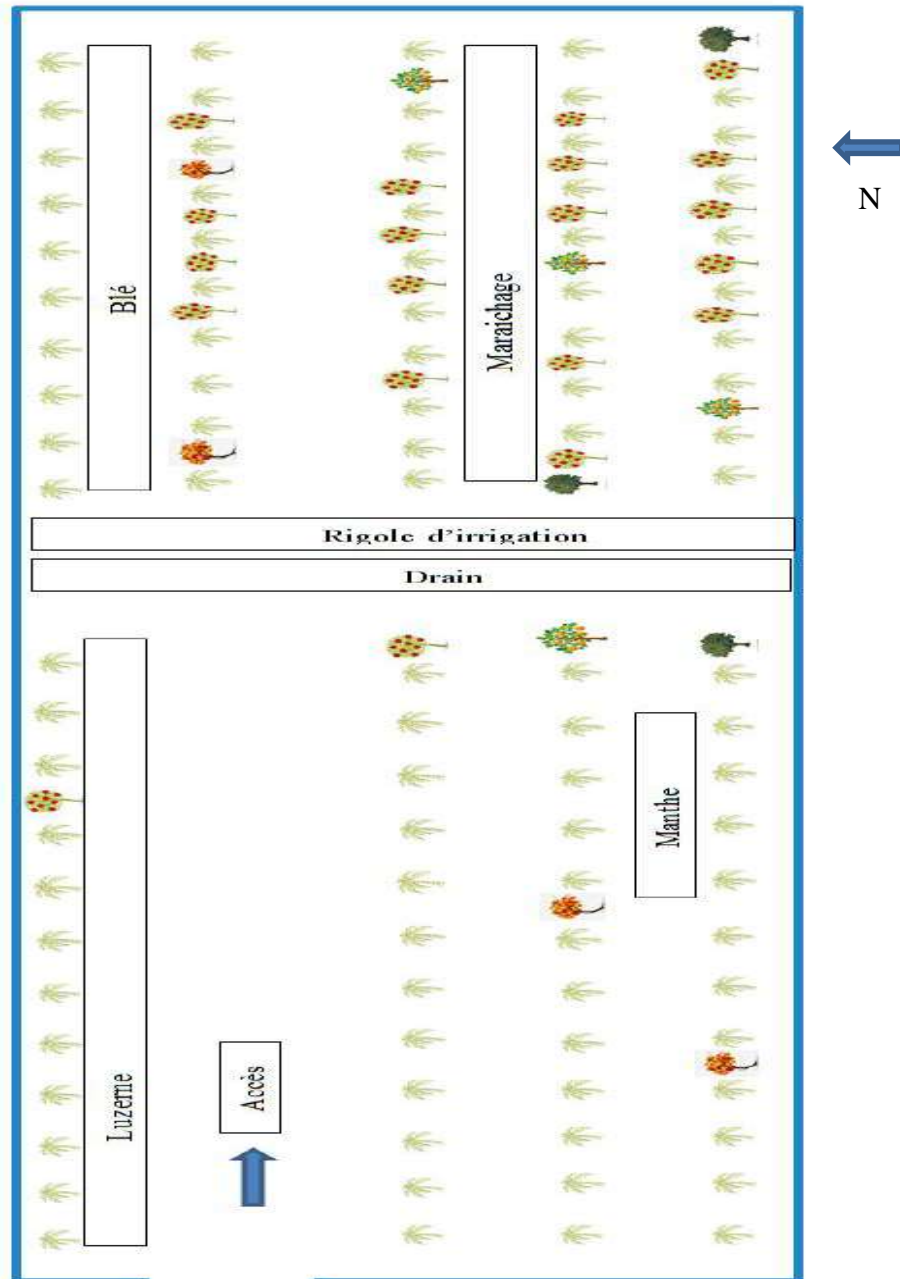
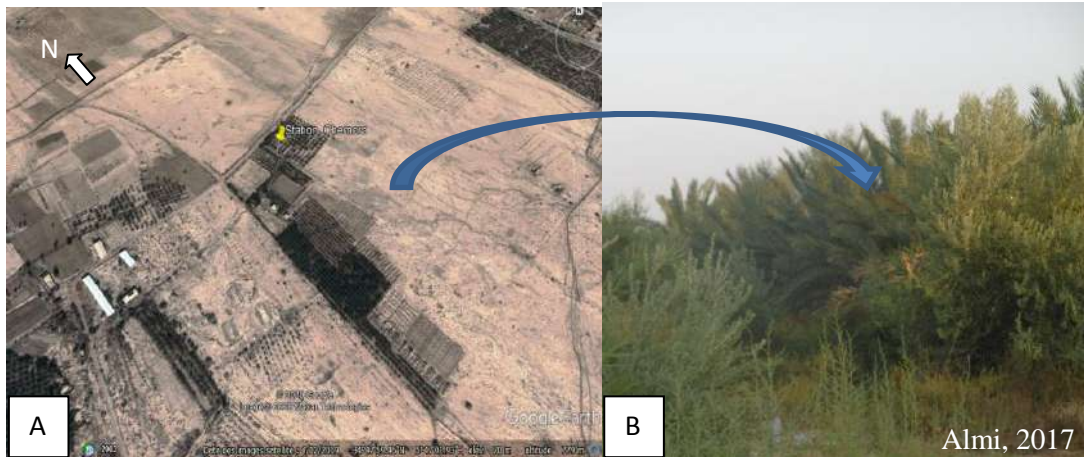


Figure 11 - Schéma parcellaire de la station Ain Choucha (Djamâa).

### III.1.3 - Station Chemorra (Biskra)

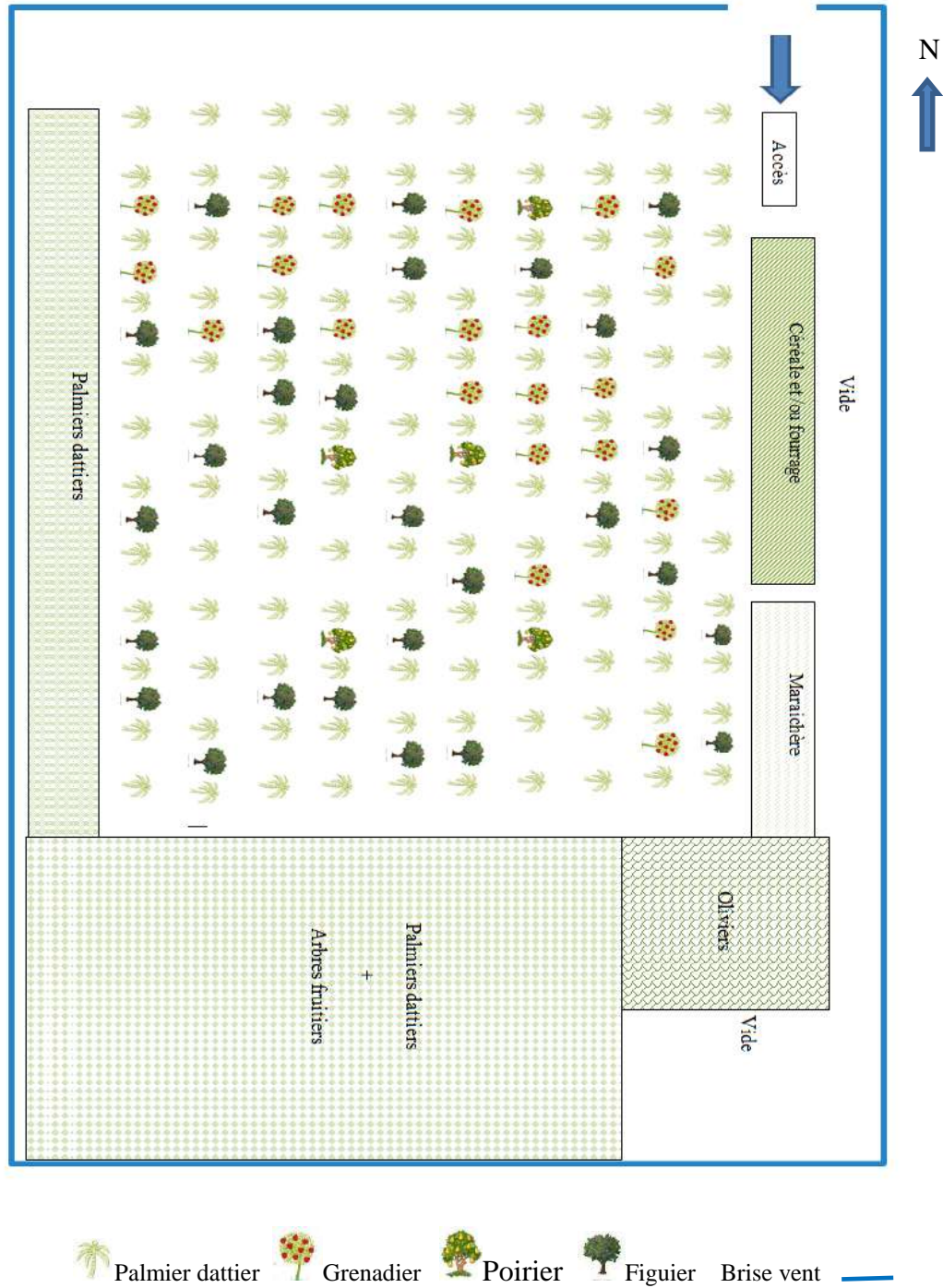
La station est située à 7 km au sud-est de Biskra aux frontières communales de Sidi Okba. Les coordonnées géographiques de cette station sont  $34^{\circ}48'03.77$  N ;  $5^{\circ}46'39.59$  E ; 73 m d'altitude (fig. 12 A). Sa superficie est de 34 ha dont 12 ha cultivés.



**Figure 12** - Aperçu sur la station Chemorra (Biskra)  
A: vue satellitaire de la station ; B: vue interne de la station

Au sein de cette station sont plantés 600 pieds de palmiers dattiers dont 67 *Ghars*, 10 *Dhokkar* et le reste correspond à *Deglet Nour*. Quelques pieds de figuier (150 pieds), 22 grenadiers âgés de 7-8 ans, 10 poiriers sont plantés en intercalaire. L'oléiculture est présente avec plus de 400 pieds. D'autres cultures figurent occasionnellement telles que luzerne, oignon, ail, blé, tomate,...etc (fig. 12B).

Un brise-vent est mis en place, constitué de Sapins et de *Casuarina*. L'irrigation se fait par système de goutte à goutte. La présente étude est réalisée à un hectare qui contient 22 grenadiers plantés entre les palmiers dattiers comme indiqué sur la figure 13.



**Figure 13** - Schéma parcellaire de la station Chemora (Biskra)

### III.2 - Déroulement de l'échantillonnage

L'échantillonnage des spécimens biologiques (grenades, bioagresseur et entomofaune associée) s'est déroulé depuis la floraison de grenadier jusqu'à la maturation des fruits.

L'évaluation du taux d'infestation, la présence de *V. livia* sur d'autres plantes hôtes que le grenadier, la connaissance de l'entomofaune associée des trois stations d'étude ainsi que le suivi des aspects bioécologiques de l'insecte sont développés.

### III.2. 1 - Détermination du taux d'infestation

Le taux d'infestation des grenadiers par *Virachola livia* est calculé pour les trois stations (Said Otba, Ain Choucha et Chemora). Concernant la station Said Otba, le taux d'infestation est évalué chaque deux semaines cependant, le taux d'infestation pour les deux autres stations est calculé une fois par mois à cause de l'éloignement. Le calcul du taux d'infestation par *V. livia* sur grenadier débute dès l'apparition des inflorescences jusqu'à la maturation des fruits pour les trois stations. L'évaluation de l'infestation est calculée pour 50% de l'effectif de grenadiers dans chaque station ; elle consiste à calculer le nombre des fleurs ou des fruits infestés par rapport au nombre total observés (**Kumar et al., 1991**).

$$TI \% = \frac{\text{Nombre de fruits infestés}}{\text{Nombre total des fruits}} \times 100$$

TI : Taux d'infestation

Dans la station Said Otba, trois parmi les 16 grenadiers existant dans cette station, fructifient deux fois par an (production d'été ou première production et production d'automne soit deuxième production). A cet effet, le taux d'infestation des fruits est recalculé au cours de ces deux périodes.

### III.2.2 – Etude des paramètres biologiques

L'étude des paramètres biologiques s'est focalisée essentiellement dans la région d'Ouargla en raison de difficulté de suivre convenablement ces paramètres dans trois régions éloignées. La méthode utilisée par **Ksantini et al., (2008)** ; **Gharbi (2010)** et **Ksentini et al., (2011)**; est adoptée. Parmi la seconde moitié de la population de grenadiers, chaque semaine une grenade par arbre est prélevée aléatoirement des fruits



infestés après observés à l'aide d'une loupe de poche. Le diamètre des fruits collectés est mesuré à l'aide de papier millimétrique, le nombre total des œufs est dénombré ainsi que les œufs fertiles par rapport à ceux non fécondés. La détermination de l'emplacement des œufs dans les différentes parties du fruit est également effectuée avant de les couper à l'aide d'outils tranchants pour le suivi des œufs jusqu'à leur éclosion et par la même pour détecter la présence de larves. Chaque larve trouvée est mesurée (longueur et largeur), la couleur de la larve est également mentionnée. Chaque larve est séparée avec une portion de la grenade, qui assure sa nourriture dans une boîte à part (11x11x7 cm). Les boîtes sont couvertes par un tulle pour assurer l'aération et gardées dans des conditions ambiantes. Sur chaque boîte la date de prélèvement est mentionnée.

Le suivi des larves collectées se fait quotidiennement à travers des observations prolongées et répétées sous loupe binoculaire jusqu'à l'émergence des adultes. Durant cette période, des mensurations des larves (longueur et largeur) sont faites ainsi que l'indication de variation de couleur. La date de chaque nouvelle mue est détectée, la présence d'exuvie et de capsule céphalique est un indice de démarrage d'un nouveau stade larvaire. La date d'entrée en phase chrysalide, sa couleur et la fin de ce stade sont également mentionnées.

Les imagos (mâles et femelles) émergents sont mesurés (longueur et envergures alaire) ainsi que la description complète (couleur des ailes, abdomen, antennes et franges des ailes), longueur (antennes, queue, ...etc) en utilisant un papier millimétrique pour les mesures biométriques. Les dates d'émergence et de mort des adultes sont notées.

Les adultes émergents dans le même jour sont mis ensemble pendant 24 heures pour favoriser l'accouplement puis séparés par couple (mâle-femelle) dans des boîtes couvertes par un tulle (photo 4), ils sont nourris à base d'eau sucrée. Les œufs pendus mis sous des conditions ambiantes, sont observés chaque jour pour l'étude et le suivi des paramètres de développement et de reproduction (nombre d'œufs, taux d'éclosion, période d'incubation, nombre de stades larvaires et durée de chaque stade de développement). Le rapport des sexes est calculé à travers la formule utilisé par **Aron *et al.*, 2009:**

$$\text{Sex ratio} = \frac{\text{nombre de mâles émergents}}{\text{nombre de femelles émergents}} \times 100$$

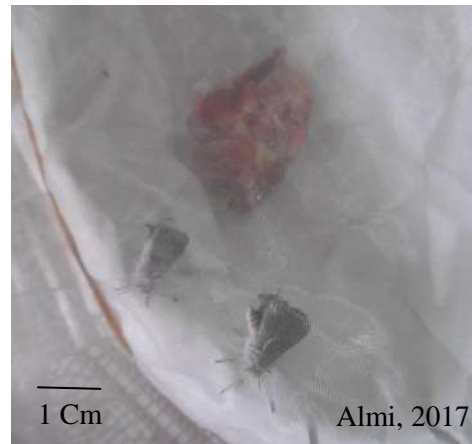


Photo 4 - Boite d'accouplement

Ces paramètres biologiques sont étudiés dans la région de Ouargla durant les périodes estivale (première production) et automnale (deuxième production).

### III.2.3 - Détermination de la répartition spatiotemporelle des œufs et des trous des larves

Le fruit est divisé en plusieurs parties selon le protocole de **Mokhtar et Al Nabhani (2016)** avec subdivision détaillée des parties du fruit (1 jusqu'à 7) comme indiqué sur la figure 14. Chaque mois on détermine la zone où la femelle préfère pondre ses œufs par rapport aux parties indiquées sur la grenade. La même opération est faite pour les trous provoqués par les larves au moment de leurs pénétrations et leurs sorties du fruit.

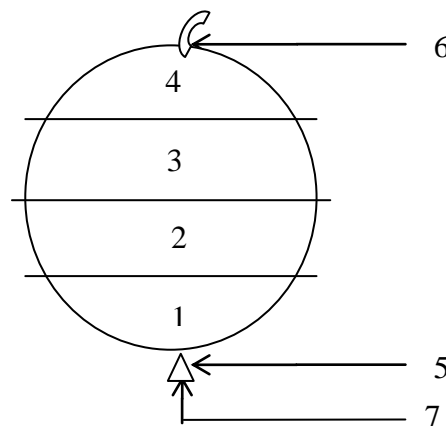


Figure 14- Schéma indiquant les différentes parties de ponte sur grenade.

### III.2.4 - Polyphagie de *V. livia*

Parallèlement au suivi de *V. livia* sur grenadier, un recensement des autres plantes hôtes de ce ravageur est effectué à travers des observations.

### III.2.5 - Faune associée

L'objectif de cet échantillonnage est la recherche d'éventuelles prédateurs, parasites ou parasitoïdes de *V. livia*. A cet effet, plusieurs techniques sont utilisées.

A -**Pièges adhésifs**: à raison de deux pièges par exploitation, changés une fois par mois. Ces pièges sont installés au niveau des grenadiers à une hauteur de 1,50 - 1,70 m à proximité des fruits (photo 5)



**Photo 5** - Piège adhésif en place

B- **Piège delta**: deux pièges par station sont placés sur les grenadiers sur la même hauteur que le piège précédent (photo. 6). Ces pièges sont changés une fois par mois.



**Photo 6** - Piège delta en place

**C- Ensachage des rameaux portant des fruits:** cette technique est inspirée de celle utilisée par **Dhouibi (1989)** sur Myelois attaquant les grenadiers. Elle a pour objectif la recherche des œufs ou des larves parasitées. Elle est appliquée sur cinq rameaux sur des arbres différents situés dans les 4 points cardinaux et au milieu de l'aire échantillonnée (photo 7). Le choix de rameau est basé sur l'infestation, soit le rameau qui porte les fruits les plus infestés et qui renferme différents stades de développement du papillon. Le changement de l'ensachage est effectué après émergence des adultes.



**Photo 7** - Ensachage des rameaux

**D- Ensachage des fruits tombés:** cette technique consiste à ramasser les fruits tombés, les regrouper dans des grandes boîtes couvertes par un tulle à mailles fines afin de rechercher la présence de nymphes ainsi que d'éventuels parasitoïdes de *V. livia*.

**E- Piège coloré (assiettes jaunes)**

Les pièges colorés sont des récipients en plastique de couleur jaune, contenant

---

de l'eau additionnée de produit détergent (**Benkhelil, 1992**). Le détergent agit sur les téguments des insectes et provoque la noyade de ceux qui entrent en contact avec ce liquide. Ces récipients sont placés près de grenadiers, au sol. Il est à mentionner que trois pièges jaunes sont placés durant une semaine par mois pour les stations Ain Choucha et Chemora, à Saïd Otba les pièges sont changés chaque 10 jour. Les contenus de ces pièges sont récupérés séparément dans des boîtes de Pétri, portant le numéro du piège, la date et le lieu de capture.

#### III.2.5 - Etude de genitalia

Les genitalia sont des processus morphologiques de plus en plus utilisés en systématique, au niveau de l'espèce essentiellement, et ils sont parfois les seuls critères possibles de détermination morphologiques. Chez les femelles, il y a moins de différenciation et d'ornementations dans les pièces génitales (**Roth, 1980**). Les genitalia mâles sont des éléments d'une identification précise dont chaque espèce est caractérisée par la présence d'organes génitaux qui permettent son identification précise (**Chambon, 1999**).

Cette opération nécessite de séparer l'abdomen du papillon du reste du corps avec une paire de ciseaux. L'abdomen est mis à éclaircir dans une solution de potasse à 10 %, soit à chaud durant environ 10 à 15 minutes, soit à froid pendant 24 à 36 heures. Une fois l'éclaircissage terminé, extraire les pièces génitales avec des pinces fines (sous binoculaire, dans une coupelle contenant de l'eau ou de l'alcool à 70°) et enlever le reste de tissus mous qui pourraient gêner l'examen. Une fois les pièces génitales prêtes à l'examen, il s'agit d'observer les caractères en suivant une clé d'identification (**Chambon, 1999**).

#### III.2.6 - Traitement par *Bacillus*

La plupart des lépidoptères sont sensibles aux cristaux produits par les souches kurstaki (**Dhouibi, 1990**). A cet effet, lors de la présente étude, *B. thuringiensis* var. kurstaki est utilisé sous forme de poudre (photo 8), il est homologué en Algérie pour le traitement contre les larves des lépidoptères nuisibles aux cultures et aux essences forestières. En outre, il est utilisé contre la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*),

chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) et *Bombyx disparate* (*Lymantria dispar*).



**Photo 8** - Contenant de *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki

L'efficacité de cette bactérie dans la lutte contre des bioagresseurs et sa propriété biodégradable encouragent son utilisation comme essai pour évaluer son effet sur le papillon de grenadier. Pour cela deux doses sont appliquées à raison de 250g/ha et 500g/ha. Il est à noter que cinq arbres sont traités par une dose de 250g/ha, cinq autres arbres traités avec une dose de 500g/ha et cinq arbres laissés sans aucun traitement comme témoin.

Le traitement se fait par pulvérisation des grenadiers par un pulvérisateur à dos, tôt le matin ou en fin de journée en l'absence de vent et de pluies. Ce procédé est appliqué dans les trois stations. La première application de traitement est effectuée pendant la floraison. Une seconde application est opérée en début de la nouaison. Deux autres applications sont répétées à intervalle d'un mois. L'évaluation de l'effet du traitement se fait via le suivi du taux d'infestation et la vérification de l'état de vitalité des larves.

#### III.2.7 - Analyse statistique

L'outil statistique permettra une meilleure exploitation des résultats. A cet effet, l'analyse de la variance, le test de corrélation (Pearson) et la régression sont les principales analyses utilisées dans cette étude pour mettre en valeurs les résultats obtenus. Les analyses statistiques sont faites à l'aide de logiciel SPSS version 22.

---

## **Chapitre IV**

### **Résultats et discussion**

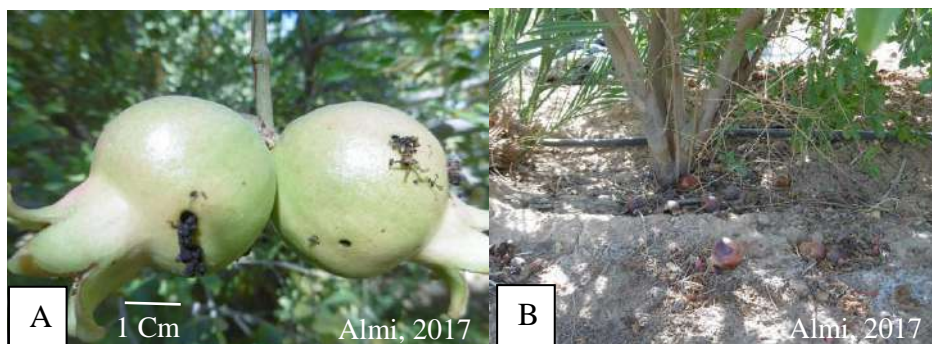
---

## IV.1 - Période d'apparition de *Virachola livia* et symptômes d'attaque sur grenadier

### IV.1.1 - Symptômes d'attaque

Les symptômes d'attaque par *Deudorix (Virachola) livia* y compris les grenades, sont bien apparents et ne requièrent pas un grand effort de détection. Les trous de pénétration sur fruits trahissent la présence de l'insecte.

La larve néonate pénètre dans le fruit après son éclosion ce qui provoque la présence de trous remarquables de différents diamètres sur grenades. La larve y passe la majorité de sa phase larvaire mais elle en sort par moment. Les excréments sont accumulés à l'intérieur du fruit et peuvent s'évacuer à l'extérieur accompagnés par un suintement. Il semble que la blessure du fruit induit par la larve, facilite l'invasion de certains microorganismes tels que les champignons et les bactéries, ce qui provoque la pourriture et par conséquent, la chute du fruit ou du moins il devient inconsommable (photo 9).

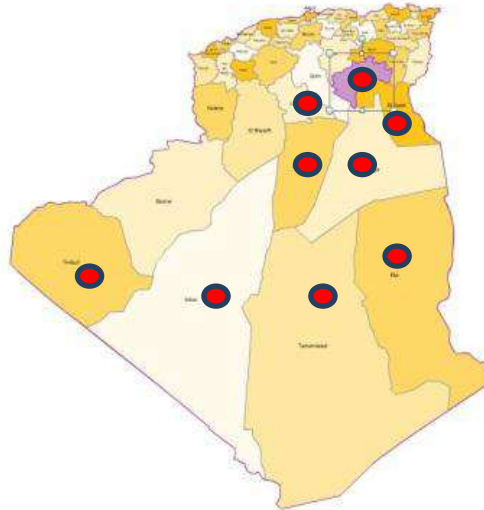


**Photo 9** - Symptômes d'attaque de *V. livia* sur grenadier.  
A: Trous provoqués par *V. livia* ; B: Chute des fruits

Ces symptômes sont similaires à ceux décrits par **Gharbi (2010)**, **Ksentini et al. (2011)** ainsi qu'**Aabd-Ella (2015)**.

Les signes décrits apparaissent dans plusieurs régions en Algérie (Laghouat, Ghardaïa, Ouargla, Illizi, Adrar, Tamanrasset, El Oued et Biskra) comme indique la figure 15. Nos observations montrent aussi que toutes les Daira de la Wilaya d'Ouargla sont touchés par ce bioagresseur.





**Figure 15** -Signalisation de *Virachola livia* en Algérie au sud Algérien jusqu'à 2020.

#### IV.1.2 - Période d'attaque

Le grenadier comme plusieurs autres arbres fruitiers, requiert une période de repos végétatif pendant l'hiver, caractérisé par de basses températures. Au début du printemps, ces arbres entament leur activité végétative. Chez le grenadier, celle-ci commence à partir de la dernière semaine du mois de février où les feuilles réapparaissent. A cette période aucune présence d'œufs de *V. livia* n'est enregistrée alors que les inflorescences débutent à partir de la première décade de mars.

Dans la station Said Otba, c'est à partir du début de la deuxième décade du mois de mars qu'apparaissent les œufs du papillon de grenadier. Cependant, un décalage d'une vingtaine de jour est perçu entre cette station et les deux autres (Aïn Choucha et Chemora). Chez ces dernières, les œufs n'apparaissent sur les inflorescences qu'à partir de la fin de la première décade d'avril. Ce décalage est probablement lié aux conditions climatiques influençant la reprise de l'activité végétative des arbres et par conséquent, la date d'apparition des inflorescences. En effet, Ouargla enregistrerait 1 à 2°C de plus (température moyenne 18,2°C, 23,1°C pour mars et avril respectivement) que Djamâa et Biskra (Djamâa: 17,2 et 21,9°C et Biskra 17,4 et 20,9°C entre mars et avril respectivement) d'après les tableaux 1, 2 et 3. Une différence du taux de l'humidité relative de l'air est également enregistrée entre les trois régions (Ouargla 42,3% et

36,2% ; Djamâa 31,5% et 30% ; Biskra 45,1% et 42,3% pour le mois de mars et le mois d'avril respectivement) d'après les tableaux 4, 5 et 6.

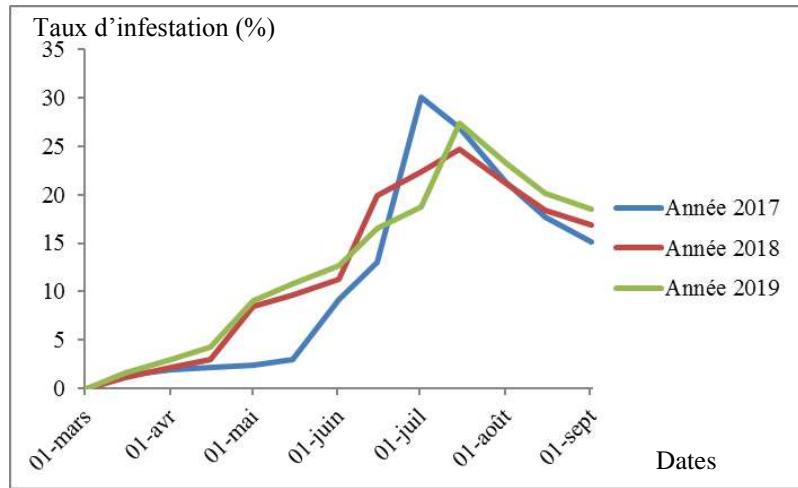
Nos résultats diffèrent de ceux de **Mokhtar et Al Nabhani (2016)** qui signalent que les femelles commencent à pondre des œufs sur grenades au début de la nouaison; de même que ceux de **Mkaouar et al.,(2014)** qui indiquent que la période de réceptivité du grenadier est mi- juin.

### IV.2 - Taux d'infestation

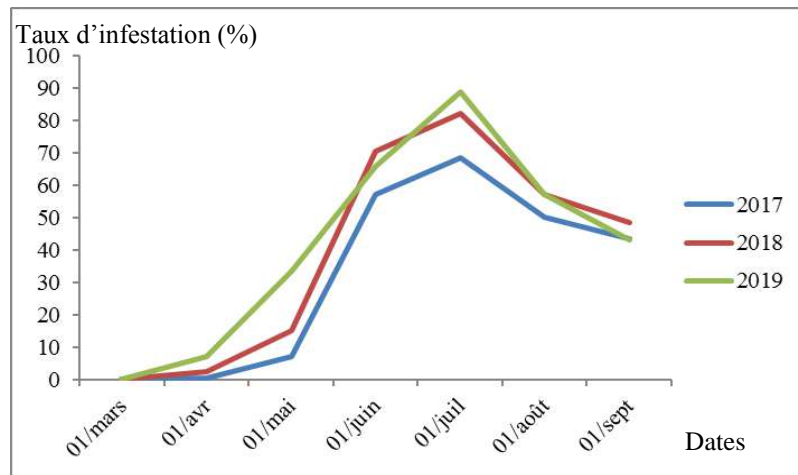
Le suivi de l'infestation par *V. livia* sur grenadier durant les trois ans pour les trois stations d'études a permis d'établir les figures 16 à 18. Ces figures montrent que l'évolution de l'infestation présente la même allure. Dans les trois stations, l'attaque commence avec l'apparition des inflorescences.

A Said Otba, l'attaque débute lors de la deuxième décade de mars où le taux d'attaque atteint 1,39%, 1,09% et 1,65% respectivement pour les années 2017, 2018 et 2019 (fig. 16). Dans les deux stations Aïn Choucha et Chemora, l'attaque débute dès la première décade d'avril où sont enregistrés des taux d'infestation de 0,56%, 2,56% et 7,19% dans la station de Aïn Choucha et 1,81%, 2,02% et 1,08% dans la station de Chemora pour les années 2017, 2018, et 2019 respectivement. Le taux d'attaques augmente rapidement avec le temps et le stade de développement des grenades.

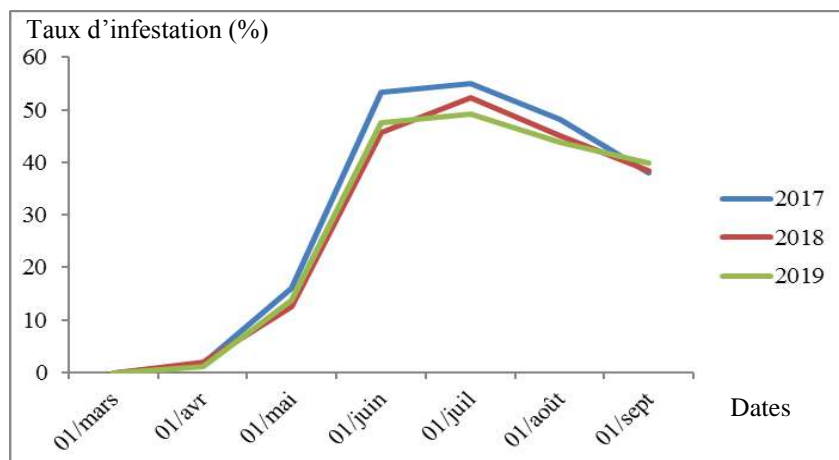
Au niveau de la station de Said Otba, l'infestation s'accélère à partir de mi-mai et atteint sa valeur maximale à la fin du mois de juin et à la mi-juillet soit 29,75%, 22,31% et 18,78% respectivement pour les années 2017, 2018 et 2019. A Aïn Choucha, le maximum d'infestation est enregistré durant la 2<sup>ème</sup> décade de juillet soit 68,59% en 2017; 82,12% en 2018 et 88,88% en 2019 alors qu'il atteint 55,08% 52,32% et 49,13% (fig. 17) pour la station Chemora durant les années 2017, 2018 et 2019 respectivement.



**Figure 16** - Evolution temporelle de l'infestation par *V. livia* à Said Otba au cours des années 2017, 2018 et 2019.



**Figure 17** - Evolution temporelle de l'infestation par *V. livia* à Aïn Choucha au cours des années 2017, 2018 et 2019.



**Figure 18** - Evolution temporelle de l'infestation par *V. livia* à Chemora au cours des années 2017, 2018 et 2019

Une diminution d'attaque s'observe par le taux des fruits infestés chez les trois stations à partir de la fin du mois de juillet, cette diminution se poursuit jusqu'à la maturation complète des fruits dans les trois stations où on a enregistré en fin de la saison, un pourcentage d'infestation de 15,01%, 16,14%, et 18,22% à Said Otba; à Aïn Choucha, il est de 43,54%, 48,42% et 43,18% et atteint 38,08%, 38,33% et 39,43% à Chemora respectivement pour les années 2017, 2018 et 2019.

L'évolution de l'attaque est probablement liée à plusieurs facteurs qui sont en lien avec les conditions climatiques, l'hôte et le ravageur lui-même. En effet, le test de Pearson (corrélations) prouve qu'elle est significative entre la température et le taux d'infestation qui sont corrélés positivement ( $R=0,755$ ), mais aussi entre le taux d'infestation et l'humidité affichant une corrélation négative soit  $R= -0,382$  (tab. 14).

**Tableau 14 - Corrélations infestation-température et humidité**

		Température	Humidité	Taux d'infestation
Température	Corrélation de Pearson	1	-,776**	<b>,755**</b>
	Sig. (bilatérale)		,000	,000
	N	81	81	81
Humidité	Corrélation de Pearson	-,776**	1	<b>-,382**</b>
	Sig. (bilatérale)	,000		,000
	N	81	81	81
Taux d'infestation	Corrélation de Pearson	,755**	-,382**	1
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	
	N	81	81	81

Cette corrélation (taux d'infestation-température-humidité) incite à procéder à une analyse de la régression (tab. 15) pour déterminer la formule qui précise cette relation. Cette analyse montre que le taux d'infestation est lié à 69,7% avec la température et l'humidité alors que 30,3% de l'infestation est lié à d'autres facteurs parmi lesquels le stade de maturation du fruit, l'état d'entretien de la palmeraie, la variété qui ont probablement un impact. Il est à noter également que des données météorologiques stationnelles sont nécessaires afin que l'interprétation soit la plus objective possible.

**Tableau 15** – Coefficient de régression dans les trois régions d'étude

Modèle		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		
		B	Erreur standard	Bêta	t	Sig.
1	Température	<b>1,378</b>	,133	1,131	10,363	,000
	Humidité	<b>-,346</b>	,095	-,398	-3,645	,000

Le tableau 15 indique les coefficients de la température et de l'humidité par lesquels il devient possible de déterminer la formule de calcul du taux d'infestation.

$$\text{Taux d'infestation} = 1,378T - 0,346 H$$

T : Température moyenne  
H : Humidité

Néanmoins, la forte température enregistrée en juillet a probablement une influence sur l'activité du papillon d'une part, et d'autre part sur le durcissement de la chaire des fruits, la richesse des grenades en jus et le changement de la couleur de la chair du fruit. Ces paramètres peuvent induire des signaux indiquant aux femelles que les fruits n'offrent plus les conditions favorables pour la ponte et le développement de leurs progénitures.

**Mokhtar et Al Nabhani (2016)**, indiquent que le schéma de ponte de *V. livia* connaît une forte augmentation dès la 1<sup>ère</sup> semaine après la nouaison et atteint son pic dès la 4<sup>ème</sup> semaine de la saison (de la première semaine de mai à la première semaine de juin); par la suite, l'activité de ponte diminue progressivement (à partir de la deuxième semaine de juin) jusqu'à son arrêt en août. Ces mêmes auteurs rajoutent que la période de vol et de ponte de *V. livia* sur grenade dure de 15 à 16 semaines. Les présents résultats confirment ainsi ces constatations.

**Al-Zidjali et al. (2011)** montrent que le taux de parasitisme des œufs de *V. livia* par *Trichogramma evanescens* oscille entre 50% et 80% durant mi-mai et mi-juillet. Cette période est suivie d'une chute spectaculaire du parasitisme suite au manque de

population d'insectes hôtes sur les grenades de plus en plus mûrs ne répondant plus aux exigences du ravageur. Il est à signaler aussi qu'en cette période, on a commencé à remarquer la présence des œufs de *V. livia* sur d'autres fruits tels que les dattes et les figes. Ceci peut être un indice de migration du ravageur du grenadier vers d'autres cultures aptes à assurer leur alimentation en substitution au grenadier. **Mkaour et Ben Djemaa (2016)** rapportent que sur *Acacia farnesiana*, l'effectif maximal de la population de l'insecte est observé en mai et en juin suivi d'une baisse. La chute des fruits infestés est un autre facteur non négligeable induisant la diminution du taux d'infestation des fruits sur arbre.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que la différence n'est pas significative entre les taux d'infestation pour les trois années (tab. 16), ceci est valable pour l'ensemble des stations (sig.= 0,900 > 0,05). Par contre, en comparant le taux d'infestation entre les stations (tab. 17), il s'avère qu'il y a une différence significative (sig.= 0,002 < 0,05). A cet effet, on a procédé au test de Tukey qui permet d'identifier deux groupes : le premier abrite les deux stations Ain Choucha et Chemoura et le second représente la station de Said Otba.

**Tableau 16** - Analyse de la variance entre les taux d'infestations et les années.

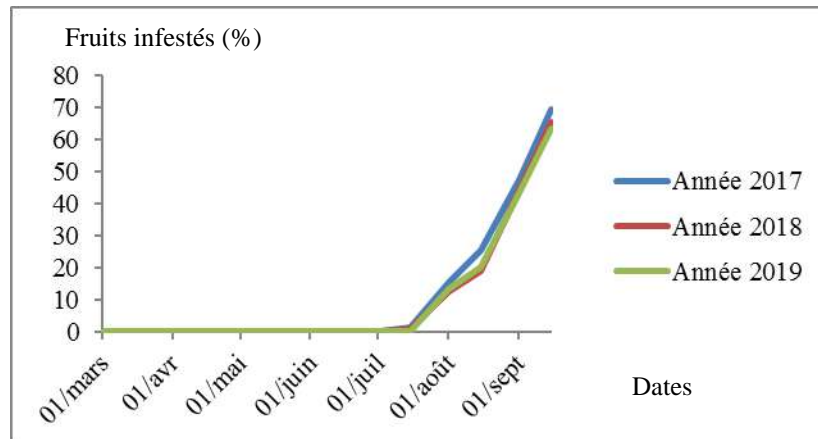
	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	125,217	2	62,609	,105	<b>,900</b>
Intragroupes	35734,466	60	595,574		
Total	35859,684	62			

**Tableau 17** : Analyse de la variance entre les taux d'infestations et les stations.

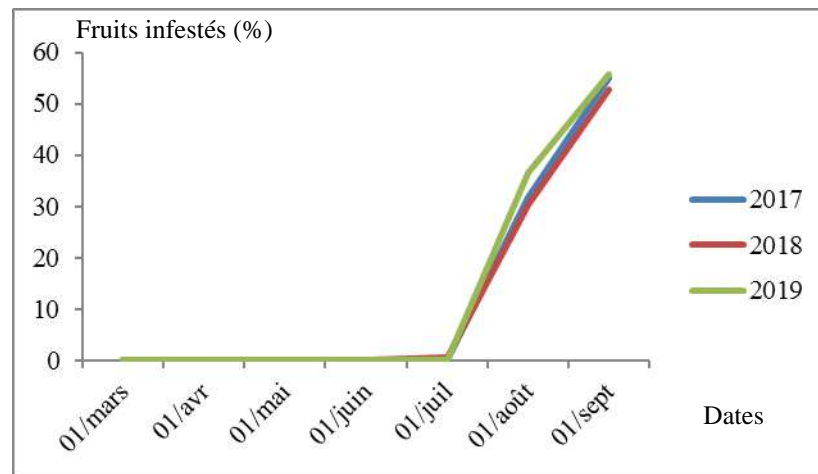
	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	6735,460	2	3367,730	6,938	<b>,002</b>
Intragroupes	29124,224	60	485,404		
Total	35859,684	62			

Le taux de fruits attaqués par le papillon du grenadier a connue par rapport au nombre total des fruits chutés, une évolution progressive à partir de fin juillet jusqu'à la

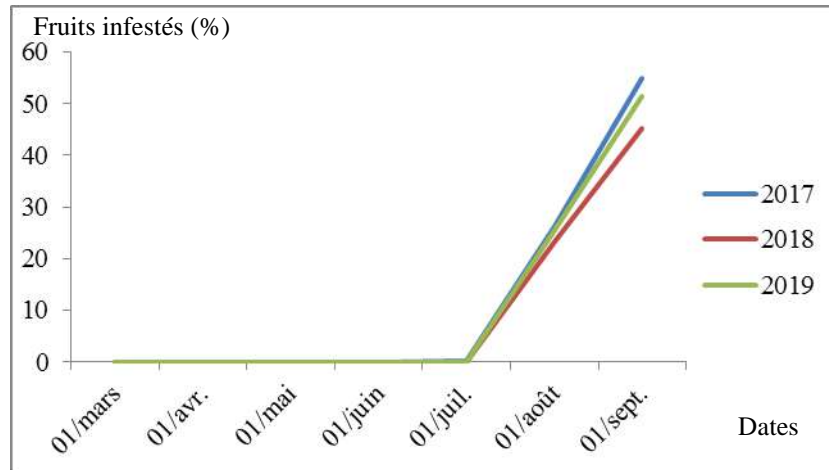
fin de la saison à cause de l'altération des fruits par les attaques des larves suivie par la propagation de microorganismes. Le pourcentage des fruits chutés et infestés par *V. livia* par rapport au nombre total des fruits chutés atteint 1,5%, 1,04% et 0,12% en mi-juillet dans la station Said Otba alors qu'il correspond à 0,21%, 0%, 0% à Aïn Choucha contre 0%, 0,43% et 0% à Chemora pour les années 2017, 2018 et 2019 respectivement (fig. 19 à fig. 21).



**Figure 19** - Pourcentage des fruits infestés par *V. livia* dans les fruits chutés (station Said Otba années 2017, 2018 et 2019)



**Figure 20** - Pourcentage des fruits infestés par *V. livia* dans les fruits chutés (station d'Aïn Choucha années 2017, 2018 et 2019)



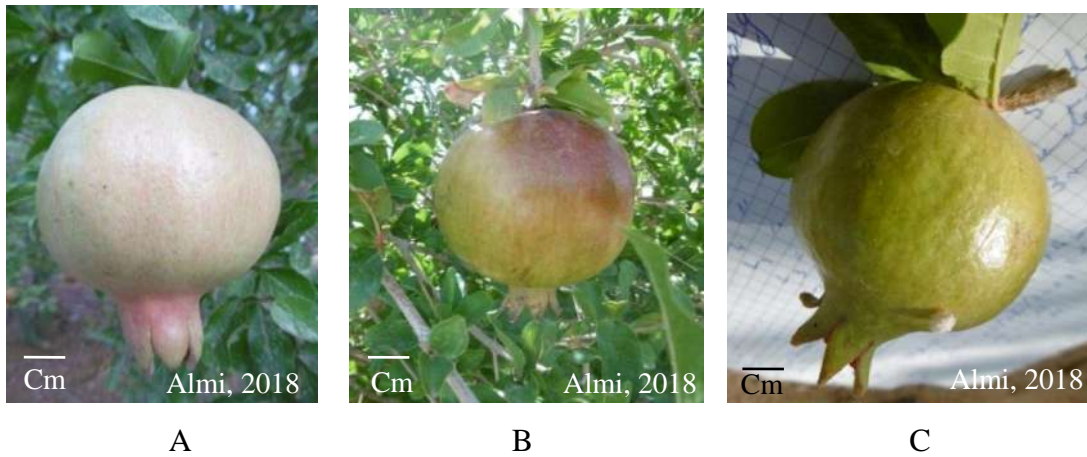
**Figure 21** - Pourcentage des fruits infestés par *V. livia* dans les fruits chutés (station de Chemora années 2017, 2018 et 2019)

Le pourcentage des fruits infestés par rapport au nombre total des grenades chutées augmentent au fur et à mesure du temps jusqu'à la maturation complète des grenades. En fin de la saison, ce pourcentage arrive à 69,38%, 65,34% et 63,22% à Said Otba, il atteint 54,9%, 52,8% et 55,66% à Aïn Choucha et 55%, 45,21%, 51,36% à Chemora pour les années 2017, 2018 et 2019 respectivement (fig. 19 à fig. 21).

Il est à noter aussi qu'à Said Otba, où on a enregistré le plus faible taux d'infestation, ce qui est expliqué probablement par les conditions météorologiques (fortes chaleurs et humidité élevée). On signale que les variétés de grenadiers ne sont pas prises en considération dans cette étude car les agriculteurs eux-mêmes ignorent les variétés cultivées (absence de catalogue référentiel des variétés). Cependant, il est à noter qu'il existe des différences de forme et de couleur chez les fruits de chaque station (photo 10) malgré que la catégorie des grenades dans les trois stations semble être similaire (douce).

**Ksentini et al., (2011) ; Al abdella (2015), et Braham (2015)** ont mis en évidence que *V. livia* a montré différents niveaux de préférence par rapport aux variétés de grenade. Cette sélection pourrait être due à l'épaisseur de la chaire du fruit, au pH des graines et des fruits, ou à leur teneur en sucre.





**Figure 10** - Aspect externe des grenades (A: Said Otba, B: Chemora et C : Aïn Choucha

Nos résultats montrent aussi que le taux d'infestation dans la station Aïn Choucha est légèrement plus important par rapport aux deux autres stations notamment durant les années 2018 et 2019. Ceci peut être la conséquence d'une part des conditions météorologiques favorables (tab. 1 à 3 et tab. 7 à 9) soit températures élevées et faibles humidités durant la période de développement des fruits par rapport aux autres stations, d'ailleurs l'analyse de corrélation confirme une relation positive entre la température et le taux d'infestation, par contre une relation négative entre ce dernier et l'humidité. Et d'autre part, l'augmentation de l'infestation dans cette station peut être liée au nombre de grenades existant dans cette station qui est nettement inférieur comparé au reste des stations. Cette faible production peut être expliquée par le fait que les grenadiers au niveau d'Aïn Choucha sont plus âgés que ceux des autres stations. Le nombre réduit des fruits incite probablement la femelle de *V.livia* à exploiter un maximum de grenades pour pondre ses œufs. D'ailleurs, c'est ce qui a été remarqué au niveau de la station Said Otba durant la production tardive où le nombre de fruit est plus faible que la production précédente. Le nombre de fruits est limité dans cette phase ce qui incite ou oblige la femelle à pondre tous ses œufs sur les grenades disponibles pour assurer la continuité de la population.

Il est à noter que la station Said Otba est dépourvue d'*Acacia* alors que **Hanna (1939)** affirme que le taux d'attaque de *V. livia* sur grenades semble être proportionnel au nombre d'arbres d'*Acacia* présents à proximité, les dommages causés aux grenades sont élevés notamment lorsque les gousses d'*Acacia* sont encore vertes.

Peu de travaux évoquent le suivi de l'infestation par ce ravageur au cours du développement des grenades néanmoins, plusieurs résultats publiés et concernent le taux d'infestation des grenades par *V. livia* en fin de maturation du fruit. En Jordanie, **Obeidat et Akkawi (2000)** a évalué l'infestation des grenades entre 13,1 et 48% selon les variétés. **Ksentini et al., (2011)** notent que le taux d'infestation atteignait 52% en 2006 à Gabes (Tunisie). **Abd-Ella (2015)** trouve que l'infestation par ce ravageur varie entre 1,33% et 52,33% durant les deux années 2012 et 2013. Cependant, **Obeidat et Akkawi (2011) in Giuseppe et al., (2016)** signalent 48% de grenades infestés alors que **Moawad et al. (2011) in Giuseppe et al., (2016)** évoquent que le pourcentage des fruits infestés par le paillon du grenadier variaient entre 3% (Al-Taif) et 60% (Hegazi-Bathan) en Arabie Saoudite. Par ailleurs, **Kahramanoglu et Usanmaz (2013)** déclarent un taux d'infestation équivalent à 14,63% en 2011 et 15,57% en 2012. Enfin, **Braham (2015)** trouve que l'infestation sur grenadier correspond à 20%.

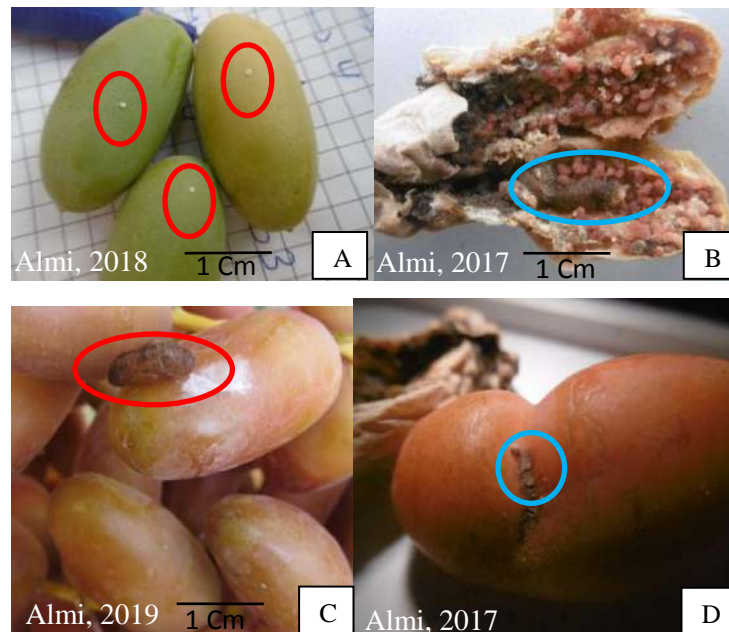
Nos résultats relatifs au taux d'infestation, concordent avec certains de ces résultats évoqués malgré les différences signalés par ces auteurs; il semble que le taux d'attaque des grenades par *V. livia* est soumis à l'influence de plusieurs facteurs tel que : conditions climatiques, cultures avoisinants le grenadier, variétés et stade phénologique du grenadier, pratiques culturales, état d'entretien, présence d'auxiliaires et prédateurs ...etc.

Aucune étude sur le taux d'infestation de *Virachola livia* durant la production automnale de grenadier, n'est trouvée pour pouvoir accomplir des comparaisons.

### IV.3 - Polyphagie de *V. livia*

On considère *Virachola livia* comme un ravageur déprédateur important et dangereux non seulement à cause de ses dommages économiques mais aussi du fait que les larves soient herbivores polyphages se nourrissant de plantes diverses qui peuvent être au sein de la plupart des palmeraies. Durant cette étude, le papillon du grenadier est repéré sur plusieurs cultures dont certaines se trouvent hors de nos stations.

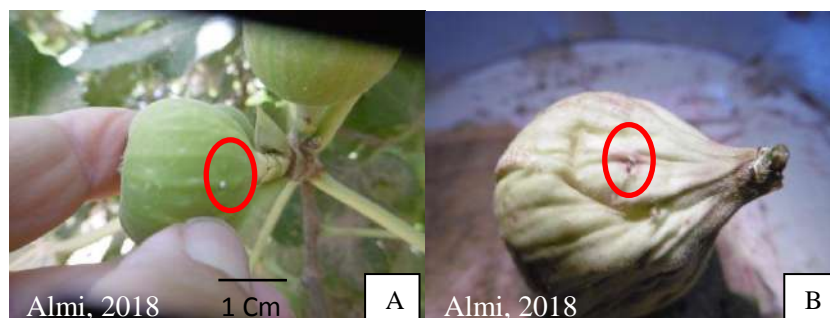
Le plus grand danger de cet insecte c'est qu'il peut infliger des dommages et des pertes économiques sur les dattes, ce fruit qui issue d'une culture principale dans les palmeraies algériennes, constitue une culture stratégique importante pour l'économie du pays. Il est à signaler que l'attaque de *V. livia* sur les dattes dans les trois stations d'études est insignifiante du point de vue quantitatif. On a trouvé quelques œufs éclos durant juillet et août sur le cultivar Deglet Nour au second et troisième stade de maturation. Sa présence est notée également dans les dattes parthénocarpiques (photo 11 B et photo 11D) sur palmier durant l'hiver à la station d'Aïn Choucha. Cependant, on a trouvé *V. livia* sur dattes dans d'autres stations (photo 11 A et C) à Ouargla (Hassi Ben Abdallah, Ain Beida et Ain zougga) où la présence de grenadier est très limitée avec parfois présence d'*Acacia farnesiana*. Ce constat laisse à penser que *V. livia* se dirige probablement vers les dattes sauf dans les cas où son hôte préféré est absent ou insuffisant. Cette idée est soutenue par Hulme (2005) qui évoque que la migration de *V. livia* vers les grenades est causée par le manque de gousses d'*Acacia*. En outre, **Awadallah et al., (1970)**, **Katbeh-Bader et al., (1998)**, **Obeidat et Akkawi (2000)**, **Abdel-Galil et al., (2018)** ainsi que **Abbes et al. (2019)** ont déjà démontré la présence de ce bioagresseur sur dattes.



**Photo 11** - Présence de *V. livia* (A et D: œuf (Grx10), B: larve, et C: chrysalide) sur dattes

La polyphagie de l'insecte facilite son maintien et lui assure ses besoins énergétiques comme elle assure sa présence dans différentes strates végétales et durant une période étalée.

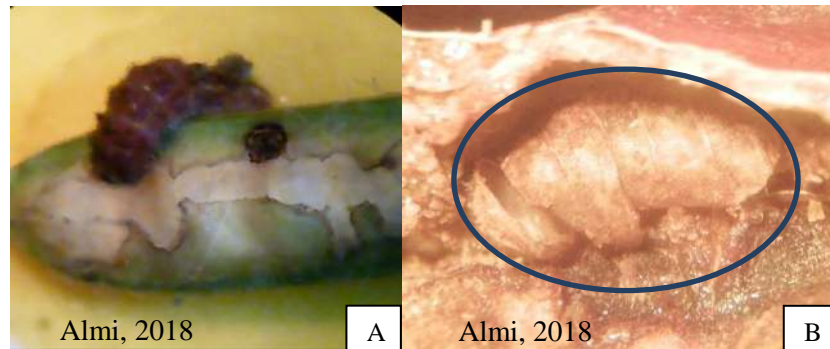
A Sid Otba, la présence de ce ravageur sur figue est à signaler mais en nombre négligeable durant la période où les fruits sont encore verts (photo 12 A, B). **Mkaouar et al., (2014)** notent également cette même constatation.



**Photo 12** - Présence de *V. livia* (A: œuf ; B: trou de pénétration Gr x10) sur figes

Hors nos stations d'étude, *V. livia* est observé également sur des gousses d'*Acacia* (photo 13 A, B), plante utilisée en tant que brise-vent à Ain Zogga (Ouargla).

Awadallah *et al.* (1970), Katbeh-Bader *et al.* (1998), Obeidat et Akkawi (2000), Gharbi (2010) et Mkaouar *et al.*, (2016) mentionnent sa présence sur *Acacia*.



**Photo 13** - Présence de *V. livia*: A: larve (Gx20) ; B: chrysalide (Gx30) sur *Acacia*

Malgré la présence de la culture de fève dans la station Said Otba, nous n'avons enregistré aucun symptôme d'attaque du papillon de grenadier *in situ* par contre, lors d'un essai d'élevage de larves de cet insecte sur des gousses de fève (photo 14), on a remarqué que ces larves ont pu accomplir leur cycle de vie et pris la couleur verte, celle de leur plante hôte. En effet, Obeidat et Akkawi (2000) ainsi qu'Awadallah *et al.*, (1970) mentionnent la fève comme plante nourricière de *D. livia*. De même, Müller *et al.*, (2005) la signalent comme étant une espèce extrêmement polyphage avec ses larves abondantes dans les fruits de plantes aussi diverses, *Acacia*, *Phoenix*, *Punica*, *Eriobotrya*, *Olea* et même sur graines de riz. Mkaouar *et al.*, (2016) rapportent que ce ravageur alterne toute l'année d'un hôte à un autre.



**Photo 14** - Présence de *V. livia* (larve) sur fèves

A: Trous de *Virachola* sur fève (Gx10) ; B: Effet de *Virachola* sur fève (Gx10) et C: Larve de *Virachola* (Gx20)

#### IV.4 - Cycle de vie et autres aspects bioécologiques

La connaissance du cycle biologique et autres aspects de la bioécologie de *V. livia* facilitent l'élaboration d'une stratégie de lutte. Comme tous les lépidoptères, ce papillon passe par les phases œuf, chenille, chrysalide et adulte.

##### IV.4.1 - Œuf

*In Situ* et sur grenadier, les œufs de *D. livia* sont observés dès l'apparition des boutons floraux. La femelle dépose ses œufs sur les boutons floraux et les rameaux (photo 15) proches des fruits (jusqu'au 7 cm autour du fruit), sur les fleurs et sur les différentes zones des fruits (grenades). C'est à partir de cette période que les conditions météorologiques notamment la température et l'humidité conviendraient le mieux à l'apparition et la pullulation de ce ravageur sans oublier la présence du fruit. AAbd-Ella (2015) mentionne que le changement de température et d'humidité relative peut affecter la sensibilité des grenades à l'infestation par *V. livia*.

**Kahramanoglu et Usanmaz (2013)** rapportent que **Morton (1987)** signale que ce papillon pond ses œufs sur les boutons floraux. Cependant, **Mokhtar et Al Nabhani (2016)** notent que la femelle commence à pondre ses œufs sur les grenades au début de la nouaison.



**Photo 15-** Œuf de *V. livia* sur rameau

L'œuf est de *V. livia* est petit et sphérique (photo 16 et photo 17). De même, **Mkaouar et Ben Djamâa (2016)** décrivent cette même forme. Il est rugueux, sa couleur est vert-gris s'il est fertile (photo 17); celui non fécondé est plutôt blanc (photo 16). Ces mêmes remarques sont notés par **Gharbi (2010)**.

Le diamètre d'un œuf est de 0,8 à 1 mm avec une moyenne de  $0,92 \pm 0,11$ mm et une hauteur de 0,6 mm. **Mkaouar et al., (2016)** mentionnent que le diamètre moyen des œufs correspond à  $0,52 \pm 0,001$  mm. La durée d'incubation oscille entre 5 et 9 jours. **Gharbi (2010)** enregistre une durée de 5 jours. L'incubation dure 6 à 25 jours à 25°C alors qu'elle exige 4 jours à 30°C selon **Awadallah et al., (1970)**.



**Photo 16** - Œuf non fertile de *V. livia*  
(Gx10)



**Photo 17** - Œuf fertile de *V. livia*  
(Gx40)

### IV.4.1.1 - Nombre d'œufs par fruit et par mois

Au début, lorsque les fleurs et les boutons floraux sont très abondants, la femelle pond 85,71% de ses œufs à rythme d'un œuf par organe (fleur ou bouton) contre 14,29% représentant deux œufs par organe. Souvent les œufs sont déposés au sommet du bouton floral mais on les retrouve aussi à sa base. Sur fleur, les œufs sont déposés à sa base (photo 18).



**Photo 18** - Œuf de *V. livia* sur bouton florale

La femelle pond généralement ses œufs d'une manière individuelle (isolément) et rarement deux par deux mais elle peut parfois pondre plusieurs œufs sur le même fruit. La densité des œufs par fruit diffère d'un mois à l'autre, elle commence par un œuf par fruit au mois de mars, elle peut arriver jusqu'à 10 œufs par fruit par la suite (photo 19 et photo 20).



**Photo 19** - Plusieurs œufs sur fruit



**Photo 20** - Œufs dans le calice (Gx10)



L'analyse de variance montre une différence hautement significative (sig. < 0,05) entre les mois concernant le nombre des œufs pondus (tab. 18).

**Tableau 18** - Analyse de variance concernant les œufs pondus par rapport aux mois

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	78,963	34	2,322	4,619	<b>,000</b>
Intragroupes	367,071	730	,503		
Total	446,034	764			

L'observation de ces pourcentages liés au nombre d'œufs par fruit, laisse suggérer que le nombre de ces derniers est lié d'une part à la disponibilité des fruits, boutons floraux ou fleurs et d'autre part au stade de maturation du fruit. Au début de la saison, les boutons floraux et les fleurs sont disponibles, ce qui informe la femelle sur la présence de suffisamment de nourriture et par conséquent, l'incite à pondre un seul œuf par fruit dans la plupart des cas, probablement pour assurer un apport nutritif suffisant aux larves, éviter la surcharge des fruits et parer à une éventuelle concurrence alimentaire et même un cannibalisme entre les larves. En effet, ce phénomène est signalé par **Awadallah (1970)** chez les larves de *V. livia*. De ce fait, durant les mois mars et avril, le pourcentage d'un œuf par fruit est de 85,71% (fig. 24 A), ce pourcentage diminue après la chute des fleurs à environ 62% en mai et juin (fig. 24 B et C). Par contre, le pourcentage de 2œufs/ fruit augmente de 14,29% en mars et avril à 18,75% en mai pour atteindre 22,22% en juin (fig. 24C).

La femelle commence à pondre en mai , en juin respectivement. Ceci laisse à penser que cette diminution est induite par la diffusion de signaux chimiques émanant des grenades qui changent en fonction de sa maturité, et que la femelle capte et traduit ces signaux par un nombre variable de ponte d'œufs par fruit.

Peu de travaux abordent le nombre et la densité des œufs de *D. livia* sur grenadier. Cependant, **Mokhtar et Al Nabhani (2016)**, mentionnent que la densité d'œufs la plus élevée est observée au cours de la dernière semaine de mai alors que la densité la plus faible est enregistrée en juillet jusqu'à son arrêt en août. **Al-Zidjali et al. (2011)** indique que le taux de parasitisme chute vers mi-juillet à cause du manque d'œufs de ce ravageur durant cette période. **Awadallah (1970)** ajoute que la plupart des grenades portent un œuf par fruit, la même observation est faite par **Mokhtar et Al Nabhani (2016)**.

Les résultats obtenus montrent l'absence de lien entre le calibre du fruit et le nombre d'œufs pondus par la femelle de *V. livia*. L'analyse de corrélation (Pearson) confirme l'absence d'une relation que ce soit positive ou négative entre le nombre d'œufs pondus et le calibre de grenade (sig. = 0 ,477) aussi bien pour la première production (tab. 19) que pour la seconde (tab. 20) où la signification est égale à 0,112.

**Tableau 19** - Corrélation entre le calibre de fruit et le nombre d'œufs pondus durant la première production.

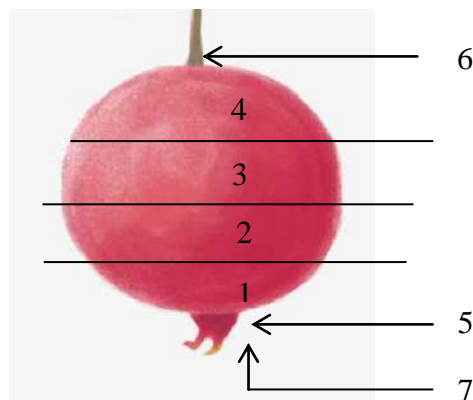
		Diamètre de la grenade	nombre d'œufs par fruit
Diamètre de la grenade	Corrélation de Pearson	1	,003
	Sig. (unilatérale)		,477
	N	745	745
nombre	Corrélation de Pearson	,003	1
	Sig. (unilatérale)	,477	
	N	745	745

**Tableau 20** - Corrélation entre le calibre du fruit et le nombre d'œufs pondus dans la deuxième production.

		Diamètre de la grenade	Nombre d'œufs par fruit
Diamètre de la grenade	Corrélation de Pearson	1	-,076
	Sig. (unilatérale)		,112
	N	260	260
nombre	Corrélation de Pearson	-,076	1
	Sig. (unilatérale)	<b>,112</b>	
	N	260	260

#### IV.4.1.2 - Distribution spatiotemporelle des œufs pondus par rapport aux zones fruit

Sur terrain, la femelle de *D. livia* pond ses œufs dans différentes zones de la grenade. A cet effet, le fruit est divisé en sept parties ou zones (de 1 à 7) comme indiqué sur la figure 26.



**Figure 26** - Différentes zones de ponte sur grenade.

Ainsi, la répartition des œufs de *V. livia* sur les différentes zones d'une grenade diffère d'un mois à l'autre durant la première production. En effet, en mai le pourcentage le plus important d'œufs est focalisé dans la zone 1 des zones 2

En juin, la zone 1 reste celle préférée par la femelle pour pondre ses œufs à raison

A partir des mois juin et juillet coïncidant avec l'élévation de la température, la femelle

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative (sig. < 0,05) entre les zones de ponte sur fruit (tab.21).

**Tableau 21** - Analyse de variance entre les œufs pondus et les zones de ponte sur fruit

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	16,176	4	4,044	7,150	<b>,000</b>
Intragroupes	429,858	760	,566		
Total	446,034	764			

Nos résultats sont en accord avec ceux d'Awadallah *et al.* (1970) qui mentionnent que la femelle dépose ses œufs principalement dans ou à proximité du calice, ainsi qu'avec ceux **Gharbi (2010)** qui indique le même constat rajoutant que la femelle peut pondre à l'intérieur du calice. Par contre, **Mokhtar et Al Nabhani (2016)** trouvent que la zone 1 est celle préférée pour la ponte suivi par la zone 2 puis la zone 3.

Aucune étude n'a abordé cet aspect en cette période de l'année. Cependant, les résultats actuels confirment que la femelle préfère toujours pondre dans la moitié proche du calice et réagit aux changements des conditions météorologiques lors de sa sélection des zones de ponte, ce qui est confirmé par l'augmentation du pourcentage des œufs déposés dans la zone 7 durant les périodes de l'augmentation ou la baisses de température.

### IV.4.1.3 - Taux d'éclosion

Sur terrain, le taux d'éclosion chez les œufs de *V. livia* varie d'un mois à l'autre, cette fluctuation est enregistrée aussi entre la première et la seconde production (tab. 22).

Cette évolution est probablement liée aux stades phénologiques de développement du fruit, à la fertilité des femelles qui augmente, et par conséquent davantage d'éclosion d'œufs avec l'évolution du fruit. Il se peut que le fruit en évoluant progressivement vers la maturation fournis aux futures larves la quantité et la qualité de nutriments nécessaires et convenables assurant leur développement. Lorsque le fruit approche de la maturité avec les changements physico-chimiques qui s'y produisent pendant cette phase, le taux d'éclosion diminue en juillet (tab. 22) respectivement pour les années 2017, 2018 et 2019; le fruit arrive à sa phase finale et ne représente plus un hôte favorable pour les larves.

Ces résultats sont justifiés probablement par les conditions météorologiques qui peuvent être plus favorables en octobre qu'en novembre où la température moyenne commence à baisser et le jour se raccourcit. Sur cet aspect d'évolution du taux d'éclosion des œufs de *V. livia* sur grenadier ou d'autres plantes nourricières ne permet pas une confrontation de résultats. Cependant, **Gharbi (2010)** mentionne un taux d'éclosion de 98% sur grenadier et 96 % les gousses vertes d'*Acacia* dans des conditions contrôlées. **Awadallah et al., (1970)** notent un taux d'éclosion de 87% à 98%.

#### IV.4.1.4 - Période d'incubation et nombre d'œufs issus de l'élevage

**Gharbi (2010)** rapporte que la femelle fécondée pond 24 à 56 œufs avec une moyenne de  $41,9 \pm 10,42$  œufs sur les grenades et  $49,5 \pm 9,07$  œufs sur les gousses d'*Acacia*. **Awadhallah et al., (1970)** évoquent que la femelle fécondée pond 68 à 156 œufs avec une moyenne de 99,3 œufs.

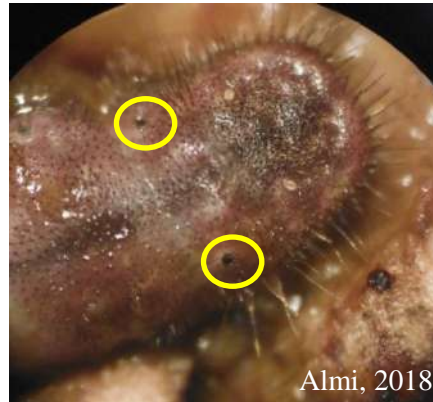
Nos résultats sont proches de ceux annoncés par **Gharbi (2010)** et **Ksantini et al., (2008)**, ces derniers indiquent que la femelle dépose entre 30 et 62 œufs.

Les résultats de cette étude montrent que la période d'incubation des œufs est comprise dans l'intervalle 5 à 9 jours avec une moyenne de  $5,55 \pm 1,30$  jours. Ceci rejoint les propos de **Ksantini et al., (2008)** qui affirment que la durée d'incubation des œufs de *V. livia* est de 5,2 jours, et celles de **Gharbi (2010)** qui note une période d'incubation de  $5,23 \pm 0,32$  jours sur grenades et  $4,99 \pm 0,30$  jours sur des gousses vertes d'*Acacia*. **Awadhallah et al., (1970)** ajoutent que cette durée varie entre 4 et 25,2 jours selon les variations de la température et de l'humidité.

#### IV.4.2 - Stades larvaires

La larve de *V. livia* est éruciforme, cylindrique et poilue. La tête est bien sclérifiée, noire et brillante, elle porte des stemmates, des pièces buccales de type broyeur. Elle a trois paires de pattes thoraciques et cinq paires de fausses-pattes abdominales dont quatre sur les segments abdominales 3, 4, 5, 6 et la cinquième sur le dernier segment anale, ces fausses pattes permettent l'adhérence grâce à des ventouses.

Un léger sillon (*sulcus*) continue de couleur brun clair parcourt le milieu du côté dorsal du corps. Les stigmates respiratoires (ou spiracles) existent sur les deux cotés (gauche et droit tout au long du corps de la larve). Le segment anal est long, aplati et richement poilue (photo 21).



**Photo 21-** Segment anal chez *V. livia* (Gr x40)

La phase larvaire correspond à la plus longue période du cycle de vie (**Almi *et al.*, 2018 ; Almi *et al.*, 2020**). C'est lors de cette phase que l'on peut observer les changements de taille les plus importants (tab. 23). La chenille passe par quatre stades larvaires entrecoupés de mues nécessaires à sa croissance. Tous les stades larvaires se déroulent à l'intérieur des grenades. Pendant cette période de développement, la larve sort du fruit à plusieurs reprises ce qui provoque divers trous de différents diamètres selon sa taille. La même observation est notée par **Ksentini *et al.*, (2011)** chez cette même espèce et par **Khan (2016) ; Chhetry *et al.*, (2015)** chez *Deudorix isorcrates*.

#### **IV.4.2.1 - Larve néonate (L1)**

Pour détecter la zone convenable et probablement la plus fine pour pénétrer au sein du fruit. **Giuseppe *et al.*, (2016) ; Mokhtar et Alnabhani (2016)** indiquent que la L1 pénètre à l'intérieur du fruit, là où elle trouve sa nourriture et s'abrite également contre les intempéries. A ce stade une seule graine est suffisante pour la nutrition de la larve qui peut faire sa mue à l'intérieur de cette graine; cette dernière observation est avancée par **Awadhallah *et al.*, (1970)**.

La L1 nouvellement éclos, est cylindrique, de couleur jaune-verte et poilue (photo 22), ce qui confirme les propos de **Mkaouar et Ben Djamâa (2016)**. La longueur de ces poils noirs est plus importante sur l’anneau post-céphalique et le dernier anneau abdominal. Ce stade constitue le stade le plus long durant la première production.



**Photo 22** - Larve de *V. livia* de premier stade nouvellement éclos (Grx40)

Après son éclosion, la L1 a une longueur moyenne de  $1,27 \pm 0,06$  mm et une largeur moyenne de  $0,31 \pm 0,01$  mm. La larve de premier stade pénètre le fruit à partir de la zone la plus fine pour arriver aux grains en perforant un trou d’environ 0,8 mm de diamètre. Avant sa première mue larvaire, elle atteint une longueur moyenne de  $2,63 \pm 0,003$  mm et une largeur moyenne de  $0,74 \pm 0,01$  mm (tab. 23).

**Tableau 23** - Morphométrie corporelle des stades larvaires

Mesures Stades	Longueur (mm)		Largeur (mm)	
	Début de stade	Fin de stade	Début de stade	Fin de stade
Premier stade	$1.27 \pm 0.06$	$2.63 \pm 0.003$	$0.31 \pm 0.01$	$0.74 \pm 0.01$
Deuxième stade	$3.25 \pm 0.002$	$5.05 \pm 0.004$	$0.9 \pm 0.01$	$1.6 \pm 0.02$
Troisième stade	$6.5 \pm 0.005$	$8.33 \pm 0.002$	$1.66 \pm 0.004$	$2.96 \pm 0.05$
Quatrième stade	$9.58 \pm 0.003$	$15.25 \pm 0.17$	$3.3 \pm 0.03$	$4.7 \pm 0.03$



#### IV.4.2.2 - Deuxième stade larvaire (L2)

Au début du second stade de la phase larvaire, la longueur moyenne du corps est de  $3,25 \pm 0,002$  mm et atteint une largeur moyenne de  $0,9 \pm 0,01$  mm. Ces dimensions augmentent à la fin de ce stade et passent à  $5,05 \pm 0,004$  mm de longueur et  $1,6 \pm 0,02$  mm de largeur (tab. 23). La couleur de la larve au début du stade est miel moucheté à marron et devient marron dominant au fur et à mesure (photo 23).



**Photo 23** - Larve de *V. livia* au second stade (GrX10)

#### IV.4.2.3 - Troisième stade larvaire (L3)

Après chaque mue, la taille de la larve augmente. La longueur moyenne de la chenille au début de ce stade correspond à  $6,5 \pm 0,005$  mm, la largeur moyenne est  $0,9 \pm 0,01$  mm. Ces dimensions atteignent en fin du stade  $8,33 \pm 0,002$  mm de longueur moyenne et  $2,96 \pm 0,05$  mm de largeur moyenne (tab. 23). La couleur de la larve est toujours marron (photo 24).



**Photo 24** - Larve de *V. livia* au troisième stade (Grx30)

#### IV.4.2.4 - Quatrième stade larvaire (L4)

Après la dernière mue larvaire, la larve L4 prend une coloration marron plus foncée (photo 25), ceci confirme les constatations de **Giuseppe *et al.*, (2016)**. La longueur va de  $9,58 \pm 0,03$  mm en début de ce stade à 14 mm et dans certain cas jusqu'à 18 mm avec une moyenne de  $15,25 \pm 0,17$  mm. La largeur de L4 en fin de stade est de  $4,7 \pm 0,03$  mm (tab. 23).



**Photo 25** - Larve de de *V. livia* au quatrième stade (Grx20)

A ce stade on peut remarquer une légère ligne continue de couleur brune au milieu de la face dorsale du corps et la présence parfois de zones jaunes sur les segments thoraciques (photo 25). A l'aboutissement de ce stade, les larves provoquent des trous plus volumineux sur les grenades à cause de leur taille, ces trous mesurent environ 4 mm de diamètre.

Il est à préciser que les couleurs des larves précédemment décrites pour chaque stade larvaire, sont des couleurs des larves nourries à base de grenades pendant l'élevage. Cependant *in situ*, on a remarqué la présence de larves âgées (L4) de couleur verte (photo 26) surtout lorsque les graines ne sont pas encore suffisamment développés et le mésocarpe constitue une part importante des constituants d'une grenade. Probablement que ceci influe sur la couleur de la larve. Nous avons déjà évoqué dans les parties précédentes (polyphagie de *V. livia*) que la larve prenait la couleur verte lorsqu'elle se nourrissait de fève ceci est signalé par **Awadhallah et al., 1970**.



**Photo 26** - Larve de *V. livia* au quatrième stade (couleur verte)

Actuellement, aucun travail sur la morphométrie des stades larvaires de *Virachola livia* nourrit de grenades n'est disponible sauf celui de **Mkaouar et Ben Djamaâ (2016)** dont la plante hôte utilisée correspond à des gousses d'*Acacia*. Ces auteurs déclarent que la larve après son éclosion, mesure 1,48 mm de longueur en moyenne, en fin du dernier stade larvaire elle arrive à 14-18,00 mm ce qui rapprochent nos résultats aux leurs. **Avidov (1958) in Mkaouar et Ben Djamaâ (2016)**, déclare que

la taille des larves varie entre 1,5mm (L1) et 15 à 18 mm (L5). Néanmoins, **Mkaouar et Ben Djamâa (2016)** mentionnent cinq stades larvaires.

Nos résultats concernant le nombre de stades concordent plutôt avec ceux de **Awadhallah et al., 1970 ; Ksantini et al., 2008** et **Gharbi, 2010**.

#### IV.4.2.5 - Durée de chaque stade larvaire

Le tableau 24 résume la durée de chaque stade larvaire pour les deux productions (d'été et d'automne).

**Tableau 24** - Durée des stades larvaires chez *V. livia*.

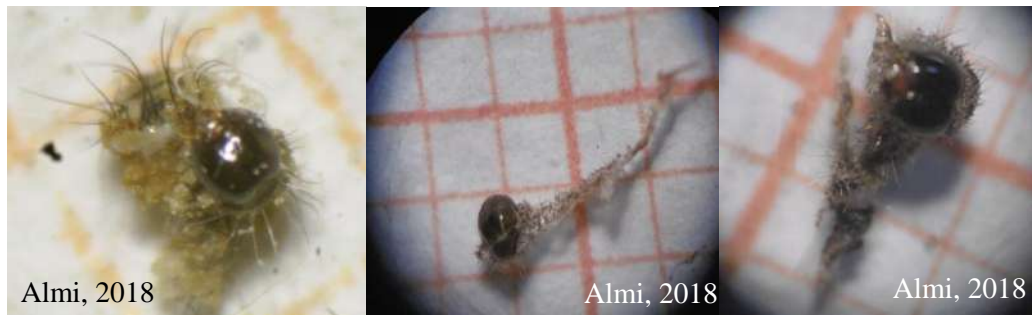
Stades larvaires	Première production			Deuxième production		
	Min. (jours)	Max. (jours)	Moy± ecartype (jours)	Min. (jours)	Max. (jours)	Moy± ecartype (jours)
Premier stade	3	5	4,33 ± 0.04	4	7	5,83 ± 1,16
Deuxième stade	2	4	2,83 ± 0.75	4	6	4,75 ± 0,95
Troisième stade	2	4	2,66 ± 0.81	8	10	9 ± 0,92
Quatrième stade	3	4	3,27 ± 0.45	7	15	7,8 ± 1,30

Durant la première production, le premier stade larvaire constitue le stade le plus long (3-5 jours avec une moyenne de  $4,33 \pm 0,04$  jours). Cependant, au cours de la deuxième production, le troisième stade larvaire est le plus long avec une durée moyenne de  $9 \pm 0,92$  jours (tab. 24). La durée moyenne des stades larvaires (de l'éclosion jusqu'à la fin du quatrième stade larvaire) varie entre 10 et 17 jours durant la première production, et de 23 à 38 jours durant la seconde production. Cette différence de durée est probablement liée aux conditions météorologiques telles que la température, l'humidité, la photopériode. **Candau, (2008)** et **Sauvion et Baaren (2013)** rapportent qu'une température élevée augmente en général la vitesse de développement des plantes et des insectes.

Plusieurs études sont faites sur la période totale de développement des larves et qui montrent une différence entre ces durées qui peut être liée aux conditions climatiques, conditions d'élevage ainsi qu'à la plante hôte. Parmi ces études on cite celle d'**Avidov (1958)** in Mkaouar et Ben Djamâa (2016), qui signale une durée moyenne de 24,2 et 22,5 jours pour le mois d'avril et le mois de mai respectivement. **Awadhallah et al., (1970)**, notent que la durée de développement de quatre stades larvaires correspond à 26,9 jours sur grenade; 18,2 jours sur datte verte; 16,5 sur *A. farnesiana*. Cependant, **Ksantini et al., (2008)** mentionnent une durée totale des quatre stades larvaires de 25,9 jours sur grenades et d'environ 15,8 jours sur *Acacia* sp. Dans des conditions contrôlées, **Gharbi (2010)** déclare que les larves accomplissent leur développement dans une moyenne de  $25,94 \pm 1,13$  jour sur grenade et  $15,83 \pm 1,04$  jour sur des gousses vertes d'*Acacia*. Cependant, **Giuseppe et al., (2016)** trouvent que le développement larvaire est d'environ 44 jours sur grenade et 33 jours d'élevage sur gousses d'*Acacia*. Enfin, **Mkaouar et Ben Djamâa (2016)** rapportent que la période larvaire totale variait de 10 à 20 jours avec une moyenne de  $14,7 \pm 0,02$  jours.

### IV.4.2.6 - Mues larvaires et largeur céphalique

En fin de chaque stade larvaire, la chenille diminue la quantité de nourriture consommée, limite ses activités et sous l'effet de certaines hormones et facteurs de l'environnement (**Wyss et Cherix, 2006**), les mues se déclenchent afin de permettre à la larve de grandir laissant après chaque mue une exuvie avec une capsule céphalique plus grande que la précédente (tab. 25). Ces exuvies sont des indicateurs de passage d'un stade à l'autre. Ces mues peuvent se dérouler à l'intérieur comme à l'extérieur du fruit.



A: Première mue

B: Deuxième mue

C: Troisième mue

**Photo 27** - Différentes mues larvaires de *V. livia*

La larve de troisième stade accomplit sa dernière mue larvaire laissant une capsule céphalique d'une largeur moyenne de (photo 27 C). L'exuvie est souvent dévorée par la chenille, ce comportement n'est pas remarqué chez *Virachola livia*. Après la mue, le prothorax reste incolore pendant des heures (photo 28), il devient noir par la suite. Aucune donnée bibliographique n'évoque cet aspect de morphométrie de la capsule céphalique en fonction des mues larvaires chez *D. livia*.



**Photo 28** - Coloration du prothorax après une mue (Gr x40)

### IV.4.2.7 - Effectif de larves par fruit

Dans cette étude, le nombre de larve par fruit varie entre 1 et 5. Le taux des fruits contenant une unique larve par rapport aux fruits infestés est de 50%, celui contenant deux larves est de 21,43% et 17,86 % pour un fruit accueillant trois larves. Les fruits contenant quatre à cinq larves représentent les pourcentages les plus faibles, soit 7,1 % (4 larves) et 3,57% pour ceux abritant 5 larves (fig. 29). Le nombre moyen de larves par fruit durant la deuxième production correspond à

Le nombre de larve par fruit est probablement lié à la disponibilité des fruits. Lorsque la disponibilité des fruits est assurée, on rencontre une seule larve/fruit pour éviter la concurrence entre larves. Mais lorsque le nombre de fruit devient insuffisant (comme le cas de deuxième production), plusieurs larves se partagent à la fois l'espace et les ressources disponibles.

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux d'**Awadhallah et al., (1970)** qui mentionnent que dans la plupart des cas, le fruit renferme 1 à 2 larves se développant dans chaque gousse ou grenade et de même que ceux de **Bessaci et Sadaoui (2018)** qui indiquent que la moyenne des effectifs de larve par fruit est  $1,5 \pm 1,2$  et le nombre d'individus/fruit varie entre 1 et 4. Aucun cas de cannibalisme n'est enregistré au cours de l'expérimentation même dans le cas où les larves se partagent l'espace et n'étant pas forcément du même stade. En effet, **Awadhallah et al. (1970)** évoquent que le cannibalisme survient lorsque les quantités de nourriture disponibles sont imitées.

### IV.4.2.8 - Taux de mortalité larvaire

Il est à signaler que le pourcentage de larves mortes trouvées sur terrain Cependant, au cours de l'élevage est celui où on a enregistré plus de mortalité chez les larves notamment chez L4 et pré-chrysalide.

Ces résultats indiquent que la mortalité larvaire est plus importante sur terrain qu'en élevage, ceci serait probablement le résultat des fluctuations brusques de paramètres météorologiques parfois défavorables, ainsi que la présence éventuelle de parasites, entre autres.

### IV.4.2.9 - Distribution spatiale des trous provoqués par les larves sur fruit

De l'éclosion de l'œuf jusqu'à la sortie de l'individu pour nymphose, la larve passe cette période à l'intérieur de la grenade, elle sort de temps à autre laissant des trous de différents diamètres selon la taille de la larve. Ces trous sont répartis à travers la surface du fruit facilitant l'accès de bactéries et/ou de champignons provoquant un pourrissement des grenades. **Awadhalla *et al.* (1970)** ainsi que **Gharbi (2010)**, font cette même constatation.

Les trous à diamètres importants sont ceux provoqués par les chenilles du dernier stade larvaire dont le diamètre du trou peut atteindre 5 mm. Les néonates sont responsables des petits trous à diamètre à peine de 0,5 à 0,8 mm.

En se référant à la figure 26 elucidant la répartition spatiale des œufs par rapport au fruit, pour l'étude de la distribution spatiale des trous provoqués par les larves, il ressort que durant les deux périodes de production, les trous provoqués par les larves sont situés dans les zones 1, 2, 3 et 4 alors qu'aucun trou n'est remarqué dans les zones 5, 6 et 7. Ces dernières seraient plus fortifiées par rapport aux autres zones et nécessitent beaucoup plus d'effort pour pénétrer la chair du fruit.

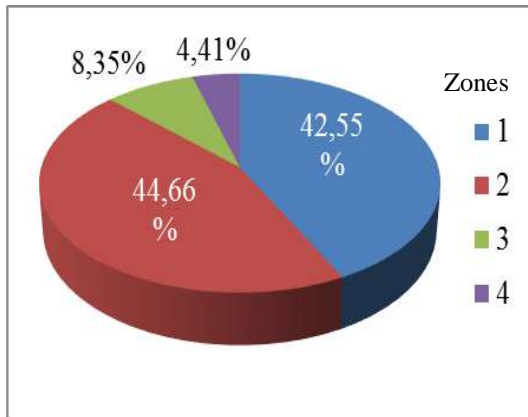


Durant la première production, la zone 2 abrite plus de trous (44,68 %) suivie par la zone 1 qui en contient 42,56 % (fig. 30). Les pourcentages les plus faibles seraient dans les zones 3 et 4 avec un pourcentage de 12,77 % pour les deux zones ensemble (soit 8,35 % et 4,41 % pour les zones 3 et 4 respectivement). Les deux zones 1 et 2 réunis contiennent 87,23 % des trous alors que les zones 3 et 4 en contiennent seulement 12,77 %. De même, durant la deuxième production (automnale), les zones 1 et 2 regroupent les taux les plus élevés (72,70%) comme l'indique la figure 31 (41,76 % et 30,95 % pour les deux zones 2 et 1 respectivement). Un taux de 27,03 % de l'ensemble des trous se trouve dans les zones 3 et 4 ensemble soit 21,22 % (zone 3) et 6,07 % (zone 4).

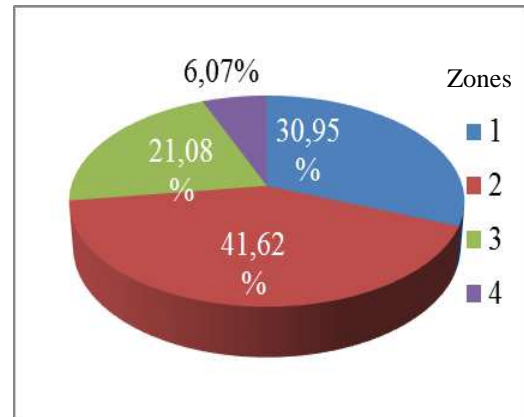
Nos résultats indiquent que la moitié du fruit proche du calice contient plus de 70% des trous provoqués par les larves par rapport à la seconde moitié, ceci est valable pour les deux périodes de production de l'année.

La position du fruit pendant sur l'arbre pourrait expliquer ce constat puisque les zones 1 et 2 moins exposées au soleil, vent, pluies et autres intempéries, dissimulés contre d'éventuels prédateurs, parasites ou parasitoïdes des larves de *V. livia*, ou probablement ce phénomène est lié à l'épaisseur de la chair ou même à la composition chimique de cette partie du fruit.

Malheureusement, aucune étude n'a pris ce côté de comportement des larves de *V. livia* en compte pour permettre une comparaison des résultats. Nous nous bornerons donc à nos propres hypothèses.



**Figure 30-** Distribution spatiale des trous sur fruit durant la 1<sup>ère</sup> production



**Figure 31 -** Distribution spatiale des trous sur fruit durant la 2<sup>ème</sup> production

#### IV.4.3 - Phases pré-chrysalide et chrysalide

L'évolution de la taille corporelle de la larve surtout en dernier stade, est rapide afin d'accumuler un maximum de réserves en préparation à la phase chrysalide. Au cours de l'élevage et à la fin du quatrième stade, la larve quitte le fruit pour s'installer dans un endroit isolé (photo 29 A), ne se nourrit plus et ses mouvements se raréfient avant de s'immobiliser. De même, **Mkaouar et Ben Djamâa (2016)** déclarent que la larve quitte les gousses d'*Acacia*.

Dans cette phase, la pré-chrysalide se rétrécit et sa longueur diminue (photo 29 A), elle mesure en moyenne  $11 \pm 0,09$  mm de long et  $4,4 \pm 0,05$  mm de large (tab. 27). La pré-chrysalide reste figée durant en moyenne  $2,08 \pm 0,66$  jours (pendant la première production) et  $2,6 \pm 0,69$  jours (deuxième production). Gharbi (2010) mentionne pour cette phase une durée moyenne de  $2,44 \pm 0,24$  jours sur grenadier et  $2,38 \pm 0,36$  jours sur des gousses d'*Acacia* quant à **Mkaouar et Ben Djamâa (2016)**, ils notent que cette phase dure environ 2 jours.



**Photo 29** - Pré-chrysalide (Gx5) (A) et début chrysalide (B) de *V. livia* (Gr x3)

Ainsi, la phase pré-nymphale s'achève après la mue nymphale (avant-dernière mue de l'insecte) donnant naissance à une chrysalide. Cette mue donne une couleur blanche au début de la future nymphe comme le montre la photo 29 B. Ceci confirme les résultats obtenus par **Mkaouar et Ben Djamâa (2016)**.



**Photo 30** - Mue nymphale chez *V. livia*

**Tableau 27-** Morphométrie et durée des phases pré-chrysalide et chrysalide chez *V. livia*.

			Pré-chrysalide	Chrysalide	
				Mâle	Femelle
Durée de stade (jours)	1 <sup>ère</sup> production	Max.	3	9	8
		Min.	1	6	6
		Moy± ecartype	2,08 ± 0,66	7,25 ± 1,03	7 ± 0,70
Longueur (mm)	Mâle	Max.	11 ± 0,09	12,5	
		Min.		9	
		Moy± ecartype		11,14 ± 0,08	
	Femelle	Max.		12,2	
		Min.		9,2	
		Moy± ecartype		10,8 ± 0,09	
Largeur (mm)	Mâle	Max.	4.4 ± 0,05	5,4	
		Min.		4	
		Moy± ecartype		4,5 ± 0,05	
	Femelle	Max.		5,1	
		Min.		3,8	
		Moy± ecartype		4,25 ± 0,05	

Après la mue nymphale, l'insecte passe directement au stade chrysalide. Durant cette phase l'insecte connaît des modifications morphologiques à travers la disparition de certains organes locomotifs et digestifs ou autres pour les substituer par d'autres organes (ailes, trompe, antenne,...) plus adaptés au mode de vie de la prochaine phase de vie, celle de l'imago (**Genevieve, 2006**).

Sur terrain, il est remarqué que les chrysalides se localisent dans le calice, sur les grenades ou à l'intérieur des grenades endommagées. Néanmoins, d'autres auteurs indiquent que la chrysalide de *V. livia* est placée sur des tiges sous l'écorce et même sous la surface du sol, c'est le cas de **Giuseppe et al., (2016)**.

La chrysalide est caractérisée d'abord par une couleur beige clair (durant quelques heures) puis elle vire vers une couleur brune avec des taches noires et une ligne longitudinale noircie au milieu de la surface dorsale (photo 31 A). Elle s'attache grâce à une fine couche en soie (photo 31 B) sur sa face ventrale (photo 31 C et D).

La taille de la chrysalide future mâle dépasse à peine celle de la future femelle. En effet, la longueur moyenne de la chrysalide mâle est de  $11,14 \pm 0,08$  mm (minima : 9 mm ; maxima : 12,5 mm) sur une largeur de  $4,5 \pm 0,05$  mm (tab. 27). La femelle présente une longueur moyenne de  $10,8 \pm 0,09$  mm (minima: 9,2mm ; maxima: 12,2mm) et une largeur moyenne de  $4,25 \pm 0,05$ mm. Des résultats similaires sont obtenus par **Mkaouar et Ben Djamâa (2016)** concernant l'aspect de la chrysalide, cependant ces mêmes auteurs mentionnent des longueurs moyennes de  $8,09 \pm 0,007$  mm,  $10,9 \pm 0,007$  mm pour le mâle et la femelle respectivement dont la longueur de la chrysalide variait de 10 mm à 12 mm pour la femelle et 7 à 9 mm pour le mâle.



**Photo 31 - Chrysalide de *V. livia***

A : phase dorsale Gr x20; B: mode d'attachement de la chrysalide Gr x20; C (Gr x30) et D (Gr x40) partie supérieur face ventrale de la chrysalide.

Lors de la première production de grenades, la phase nymphale nécessite pour son achèvement 6 à 9 jours avec une moyenne de  $7,25 \pm 1,03$  jours pour un mâle et de 6 à 9 jours (durée moyenne  $7 \pm 0,70$  jours) pour une femelle. Hors, cette durée serait plus longue durant la deuxième production de grenades où la chrysalide nécessite. Il se pourrait que cette différence de durée nymphale entre la première et la seconde production soit en relation avec les conditions environnementales notamment météorologiques.

Cette hypothèse trouve son appui dans les valeurs minimales et celles maximales notées durant la deuxième production enregistrées respectivement au début de la saison (octobre) et au cours de décembre et janvier.

Aucune donnée sur une estimation des durées de cette phase lors de la production automnale de grenades, n'est disponible pour permettre une confrontation de résultats. Néanmoins, ces résultats qui concernent la durée nymphale durant la première production, sont proches de ceux obtenus par **Ksantini et al., (2008)** qui notent que la durée nymphale est de l'ordre de 9,2 à 10,1 jours ; de ceux avancés par **Mkaouar et Ben Djamâa (2016)** soit  $9,84 \pm 0,02$  jours avec maximum 16 jours et minimum 6 jours sur un hôte différent. Enfin, **Gharbi (2010)** indique que la chrysalide dure  $10,14 \pm 0,74$  jours sur grenadier et  $9,26 \pm 0,63$  sur *Acacia*.

#### IV.4.4 - Phase adulte

Lorsque la série de métamorphoses s'accomplit, le nouvel individu s'extirpant de l'enveloppe de la chrysalide sort sous forme de papillon imago.

### IV.4.4.1 - Heure d'émergence

Entre les deux périodes de production de grenades, une différence dans le temps d'émergence est enregistrée. En revanche, au cours de la première production 76,92% des adultes ont émergés.

L'heure d'émergence des papillons est probablement liée à la période de la journée qui assure la température, l'humidité et la luminosité optimales.

Peu de travaux évoquant l'heure d'émergence des adultes de *V. livia*. Les résultats obtenus concernant l'émergence des mâles durant la première production sont en accord avec ceux de **Awadallah et al., (1970)**. **Gharbi (2010)** note sous des conditions contrôlées des données différentes des nôtres, les mâles émergent le matin alors que les femelles émergent plus tard dans la journée, ceci durant la saison estivale. De ce fait, nos résultats ne concordent pas avec les leurs. En outre, aucune étude n'a pris en considération l'heure d'émergence de *V. livia* durant la période automnale.

### IV.4.4.2 - Taux d'émergence et *sex-ratio*

Egalement pour ces paramètres, une différence entre les deux périodes de production de grenades est enregistrée.

Le taux d'émergence obtenu au cours de la seconde production atteint  $91,67 \pm 3,05\%$  (tab. 28). Ce taux passe à  $93,21 \pm 3,44\%$  durant la première production, passant à  $76,19 \pm 3,31\%$  lorsqu'on prend en compte les mois de juillet et août. Cette diminution s'expliquerait probablement, par le fait que certaines chrysalides durant juillet et août, de taille plus petite par rapport aux autres n'ont pas aboutis à l'émergence. Ceci est dû à son tour peut-être à la qualité nutritionnelle des grains de grenades durant cette période de développement, qui n'assure plus les éléments nécessaires pour leur développement optimal. Les conditions météorologiques en cette période deviennent moins favorables (température moyenne plus élevée, humidité de plus en plus faible, durée d'insolation se prolongeant,...etc.) qui ne semblent plus être propices au bon déroulement du

développement du papillon. Cela n'empêche pas qu'il puisse y avoir dans la nature, une autre stratégie adoptée de l'insecte afin de surpasser ces difficultés.

Quant au rapport des sexes, il indique une différence entre le nombre des mâles et des femelles durant les deux périodes de production de grenades, avec un pourcentage moyen de de femelles durant la première production. Ce rapport montre une priorité aux femelles durant la seconde production

Nos résultats concernant ce paramètre durant la production automnale appuient ceux de **Gharbi (2010)**, qui trouve une priorité aux femelles sur les deux plantes nourricières soit grenades ou gousses d'*Acacia*. Néanmoins **Gruvel (1975)**, indique que la proportion des mâles est modifiée selon la taille de l'hôte chez de nombreuses espèces; **Martel (2004)** soutient que les variations du *sex-ratio* se fait selon les mois.

### IV.4.4.3 - Description de l'adulte

Un dimorphisme sexuel sous un angle morphologique (taille, coloration, ornementation des ailes) est bien observé chez les adultes de *Virachola livia*. Les femelles sont plus grandes que les mâles; elles présentent une envergure de 24 à 34,5 mm (moyenne =  $28,99 \pm 0,74$  mm) contre 23,5 mm à 31 mm (moyenne =  $27,63 \pm 0,48$  mm) chez les mâles. La coloration alaire chez ces derniers est orange vive bordée de marron avec présence d'une grande tache noire sur la face dorsale à la base de l'aile postérieure.



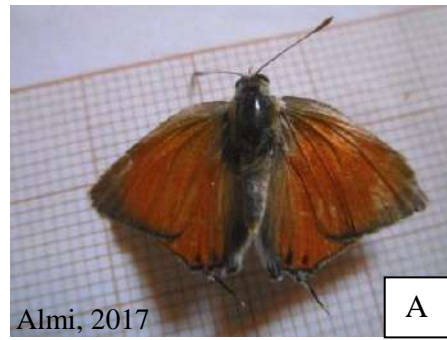


**Photo 32** - Aile postérieure chez un mâle

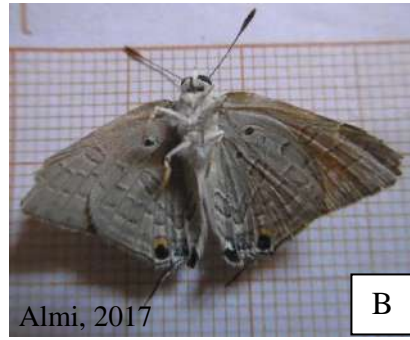
La femelle présente une coloration alaire marron-cuivre avec du violet à la base de l'aile sur la face dorsale (photo 33 C). A la face ventrale, il est difficile de différencier entre les deux sexes malgré que la femelle soit légèrement plus claire que le mâle (photo 33 B, D). Sur cette même face, la couleur des ailes est grise claire avec présente de motifs longitudinaux (lignes sineuses) de couleur beige foncée bordés de blanc. Les ailes sont bordées d'une frange soyeuse beige claire.

Sur la face inférieure et chez les deux sexes, l'extrémité apicale de chaque aile postérieure est décorée de deux grands ocelles noirs entourés de jaune (photo 33 B, C) entre lesquelles il y a une tache mitoyenne moins grande brillante et bleuâtre.

Une queue proéminente proximale aux ocelles est revêtue d'écailles, déborde des ailes postérieures chez les deux sexes de longueur variant de 2,5 à 3,7mm (moyenne  $2,93 \pm 0,45$ mm). D'une part, l'ensemble de ces taches et queue évoque étrangement un museau rappelant celui d'un rongeur et d'autre part rend plus difficile la distinction entre la tête et l'extrémité du papillon. Ceci laisse à penser que l'insecte présente une certaine adaptation morphologique pouvant lui attribuer une stratégie d'intimidation ou de confusion contre ses prédateurs potentiels (Almi *et al.*, 2018).



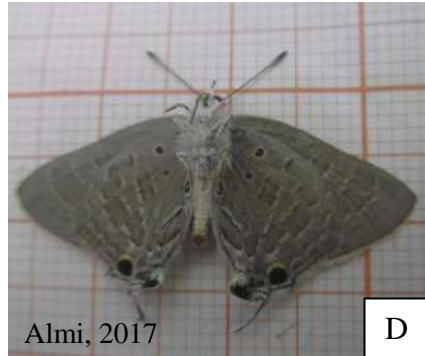
Vue dorsale d'un mâle



Vue ventrale d'un mâle



Vue dorsale d'une femelle



Vue ventrale d'une femelle

**Photo 33** - Adultes mâle et femelle de *Virachola livia*

La base de l'aile postérieure (proche de l'abdomen) est caractérisée par la présence de 1 à 3 ocelles noirs entourés du blanc. Cette description est conforme à ce qu'est mentionné par **Mkaouar et Ben Djemaa (2016)**.

La longueur moyenne du corps du mâle adulte correspond à  $11,07 \pm 0,8$  mm; la femelle mesure  $11,26 \pm 0,97$  mm (tab. 29). L'extrémité abdominale présente des formes différentes entre mâle et femelle (photo 34).

**Tableau 29** - Caractéristiques morphométriques chez l'adulte.

	Envergure (mm)		Longueur de l'abdomen (mm)	
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
Max.	31	34,5	13	13
Min.	23,5	24	10	9
Moyenne $\pm$ ecartype	11,07 $\pm$ 0,8	11,26 $\pm$ 0,97	11,07 $\pm$ 0,8	11,26 $\pm$ 0,97



**Photo 34** - Extrémité abdominale du mâle (Gr x20) et de la femelle (Gr x10)

**IV.4.4.4 - Longévité des adultes**

Une différence est remarquée entre la longévité des adultes durant la première et la deuxième production (tab. 30). La durée de vie des adultes pendant la phase automnale est nettement plus prolongée par rapport à celle enregistrée durant la phase d'été. cette durée baisse (2 à 4 jours) jusqu'à une moyenne de  $3,75 \pm 1,03$  jours durant la première production (tab. 30).

**Tableau 30** - Longévité des mâles et des femelles.

	1 <sup>ère</sup> production	
	Mâle	Femelle
Max. (jour)	4	4
Min. (jour)	2	2
Moyenne $\pm$ ecartype (jour)	$3,75 \pm 1,03$	$3,71 \pm 0,75$

La différence de durée de vie des adultes entre la première et la deuxième production est probablement liée aux conditions météorologiques qui sont possiblement plus favorables à la vie des papillons durant la seconde production.

**Sauvion *et al.*, (2013)** mentionnent que la température élevée a comme conséquence une durée de vie plus courte. Cependant, la longue durée de vie des mâles par rapport à celle des femelles peut trouver explication dans le fait que la vie des femelles est liée à la rapidité avec laquelle la femelle pond ses oeufs.

**Ksantini *et al.*, (2008)** rapportent que la longévité des adultes de *V. livia* s'étale sur 9,3 à 13,9 jours. De même, **Awadhallah *et al.*, (1970)** montrent que cette durée de vie est de 13,3 à 15,9 jours; **Gharbi (2010)** ajoute que la vie des adultes est de  $11,68 \pm 1,69$  à

15,1 ± 1,42 jours sur des gousses vertes d'*Acacia* et de 12,05 ± 1,52 à 15,9 ± 1,13 jours sur grenades.

Ainsi, la durée de vie totale de l'éclosion jusqu'à la mort de l'individu, est de 20 à 33 jours pour les femelles, 20 à 35 jours pour les mâles durant la première production. Cette durée de vie est plus longue durant la deuxième production. Cette prolongation est due probablement à la différence des conditions météorologiques durant les deux périodes de production des grenades.

Ces résultats concernant la période de la première production confirment ceux de **Obeidat et Akkawi (2000)** qui rapportent que la durée de vie des femelles est plus élevée que celle des mâles et qu'elle est limitée entre 36 et 38 jours pour les mâles et 38 à 39 jours chez les femelles. **Gharbi (2010)** trouve une période de vie totale de 32,46 ± 1,23 jours sur des gousses vertes d'*Acacia* et 43,75 ± 1,37 jours et sur des grenades. Aucune étude n'a été faite concernant la durée de vie complète de *V. livia* durant la période de l'année qui coïncide avec la deuxième production des grenades.

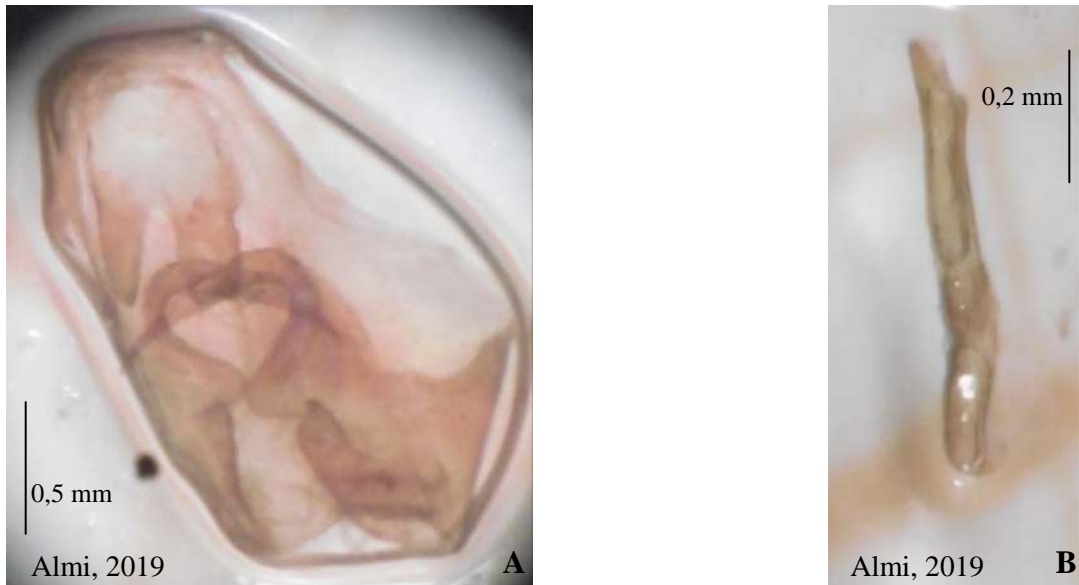
### IV.4.5 - Présentation de genitalia

Le dimorphisme morphologique sexuel observé facilite la reconnaissance des sexes à l'œil nu.

Chez le mâle, l'examen des genitalia montre la présence de tégument bilobé, arrondies et larges. Les valves sont simples soudées en bas. Le phallus est allongé renferme des terminaisons épineuses (photo 35).

La femelle présente à la partie postérieure de l'abdomen une petite dépression circulaire de laquelle sort, un organe sclérifié et rétractile qui est l'ovipositeur; il est fusiforme et terminé par un appendice velu (photo 36).

En l'absence d'une analyse moléculaire, la description morphologique des genitalia est le moyen le plus fiable pour confirmer l'espèce.



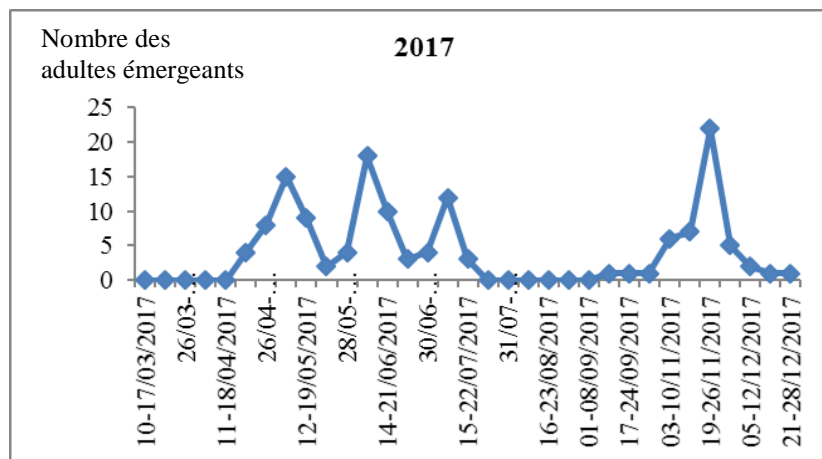
**Photo 35** - Genitalia mâle (A : Aedeagus ; B: Reste de l'armature)



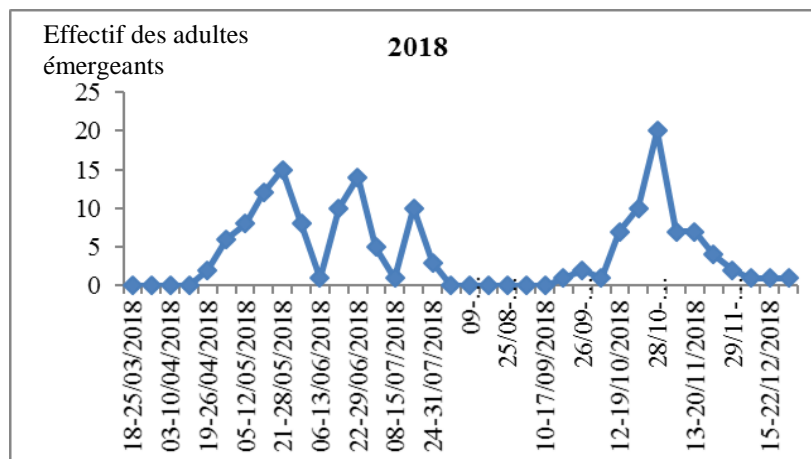
**Photo 36** - Genitalia femelle (A : Montage de l'abdomen ; B: Armature génitale femelle)

IV.4.5 - Nombre de génération

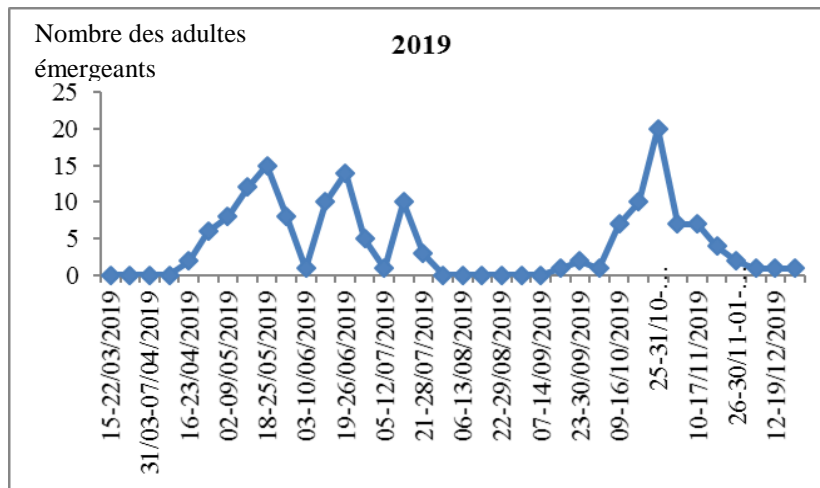
Le suivi hebdomadaire de la fréquence d'émergence, montre la présence de quatre générations sur grenadier. Trois générations durant la première production, une génération durant la deuxième production de l'année (fig. 33 A, B et C).



A



B



C

**Figure 33** - Chronologie des émergences des adultes de *V. livia* (A: année 2017, B: année 2018 et C: année 2019)

La première génération débute au cours de la deuxième quinzaine d'avril, elle persiste jusqu'à la fin mai soit 4 à 6 semaines. De la fin mai jusqu'à la fin juin, une deuxième génération est observée. La troisième génération se déroule entre fin juin et fin juillet. Au cours de la phase automnale de la production de grenades, une génération supplémentaire opère, c'est la génération qui dure le plus longtemps. Elle commence à partir de fin septembre et persiste jusqu'à la fin de novembre.

L'émergence des adultes en présence de la plante nourricière, semble être liée aux conditions météorologiques notamment la température. Les périodes à haute ou à basse température sont les périodes à faible émergence. **Bale et al., (2002)** indiquent que la température est le principal facteur météorologique qui influe sur les fluctuations et l'évolution des insectes. **Ayres et Lombardero (2000)** ajoutent que la température dans certains cas, favorise le développement d'un plus grand nombre de générations par année.

Nos résultats concernant le nombre de génération chez *V. livia* sont en accord avec ceux de **Gharbi (2010)** qui mentionne jusqu'à quatre générations par an sur grenades et deux générations annuelles sur des gousses d'*Acacia*. De même, nos résultats concordent avec ceux **d'Obeidat et Akkawi (2000)** qui mentionnent que ce papillon présente deux ou trois générations sur les grenades pendant la saison.



Mkaouar *et al.*, (2016) trouvent trois générations chez *Virachola livia* alimenté par des gousses d'*Acacia*, qui surviennent entre mai et juillet. Cependant, Awadhallah *et al.* (1970) indiquent la présence de huit générations par an, six sur les gousses d'*A. farnesiana* et *A. arabica*, une sur des grenades et une sur des dattes.

#### IV.5 - Faune associée

L'utilisation de différentes techniques de piégeage a permis de connaître une partie du cortège arthropodologique cohabitant avec *Virachola livia* dans les trois stations d'étude.

##### IV.5.1 - Arthropodes capturés grâce aux pièges jaunes (assiettes jaunes)

Les tableaux 31, 32 et 33 enregistrent les espèces d'arthropodes capturés grâce aux assiettes jaunes dans les trois stations.

**Tableau 31** - Liste des espèces piégées grâce aux assiettes jaunes à Said Otba.

Ordre	Famille	Espèce	Nbr	Abondance relative
Araignées	Salticidae	Salticidae sp.ind.	2	1,50
	Lycosidae	Lycosidae sp.ind.	2	1,50
Collemboles	Collembola F. ind.	Collembola sp.ind.	4	3,01
Orthoptères	Pyrgomorphae	<i>Pyrgomorpha cognata</i>	1	0,75
Dermaptères	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i>	3	2,26
Coléoptères	Tenebrionidae	<i>Asida</i> sp.	4	3,01
		<i>Erodius</i> sp.	2	1,50
	Cetoniidae	<i>Tropinota funesta</i>	8	6,01
	Coccinellidae	<i>Coccinella algerica</i>	2	1,50
		<i>Adonia variegata</i>	1	0,75
	Carabidae	<i>Cymendis leucophitulanus</i>	1	0,75
	Hesteridae	<i>Saprinus</i> sp.	2	1,50
Hyménoptères	Formicidae	<i>Pheidole pallidula</i>	10	7,52
		<i>Camponotus</i> sp.	6	4,51
		<i>Cataglyphis bicolor</i>	8	6,01
		<i>Cataglyphis</i> sp.	4	3,01
		<i>Plageolipis</i> sp.	2	1,50
	Pompilidae	Pompilidae sp.ind.	2	1,50
	Andrenidae	Andrenidae sp.ind.	3	2,26
Scoliidae	Scoliidae sp.ind.	2	1,50	
Lepidoptères	Pyalidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	3	2,26
	Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i>	16	12,03

Diptères	Diptera	Diptera sp.ind.	3	2,26
	Cicidomiidae	Cicidomiidae sp.ind.	12	9,02
	Lauxaniidae	<i>Lauxaniidae</i> sp.ind.	9	6,77
Homoptères	Aphididae	<i>Aphis</i> sp.	4	3,01
	Jassidae	Jassidae sp.ind.	5	3,76
	Aleurodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	12	9,02
Total	22	28	133	99,98

Un total de 28 espèces appartenant à 22 familles et 9 ordres, est capturé dans la station Said Otba (tab. 31). L'ordre le plus riche en espèces est celui des Hyménoptères (8 espèces), suivi par Coléoptères (7 espèces) puis Diptères et Homoptères avec 3 espèces chacun. Les espèces les plus abondantes sont *Tuta absoluta* (12,03%), Cicidomiidae sp. ind., *Bemisia tabaci* (9,02%) et *Pheidole pallidula* (7,52%). Cependant, les espèces les moins abondantes sont *Pyrgomorpha cognata*, *Adonia variegata*, *Cymendis leucophitulanus* avec une abondance relative de 0,75%.

A Ain Choucha, les espèces recensées sont enregistrées sur le tableau 32.

**Tableau 32** - Liste des espèces piégées dans les assiettes jaunes à Ain Choucha.

Ordre	Famille	Espèce	Nbr	Abondance relative
Lepidoptères	Pyralidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	6	3,37
		<i>Ephestia</i> sp.	3	1,69
		<i>Virachola livia</i>	2	1,12
Hyménoptères	Brachonidae	Brachonidae sp.1 ind.	1	0,56
		Brachonidae sp.2 ind.	2	1,12
	Formicidae	<i>Cataglyphis bicolor</i>	40	22,47
		<i>Messor</i> sp.	45	25,28
Homoptères	Jassidae	Jassidae sp.ind.	14	7,86
Hémiptères	Dictyopharidae	<i>Dictyophara europaea</i>	4	2,25
Coléoptères	Cicindelidae	<i>Cicindela flexuosa</i>	15	8,43
	Carabidae	<i>Carabus blethisa</i>	2	1,12
Diptères	Calliphoridae	Calliphoridae sp.ind.	5	2,81
	Drosophilidae	<i>Drosophila melanogaster</i>	6	3,37
Orthoptères	Gryllidae	<i>Gryllus</i> sp.	9	5,06
	Gomphocerinae	<i>Platypterna gracilis</i>	6	3,37
	Acrididae	<i>Acrida turrita</i>	2	1,12
		Acrididae sp.ind.	4	2,25

		<i>Pezotettix giornae</i>	3	1,69
		<i>Sphingonotus rubescens</i>	1	0,56
Araignées	Aranea F.ind.	Aranea sp.ind.	4	2,25
	Saltisidae	Salticidae sp.ind.	2	1,12
	Gnaphosidae	Gnaphosidae sp.ind.	2	1,12
Total	15	22	178	99,99

Neuf ordres sont recensés à Ain Choucha appartenant à 15 familles et 22 espèces. Les ordres les plus abondants sont Orthoptera avec 6 espèces, Hymenoptera (4 espèces) et Lepidoptera (3 espèces). Les espèces les plus abondantes correspondent à *Messor* sp. (25,28%), *Cataglyphisbicolor* (22,47%), *Cicindela flexuosa* (8,43%) et *Jassidae* sp.ind. (7,86%). Cependant, les espèces qui sont à faible abondance sont *Sphingonotus rubescens* et *Brachonidae* sp. ind. (0,56%).

Dans la station de Chemora (tab. 33) on a recensé 7 ordres comprennent 15 familles et 19 espèces. L'ordre Hyménoptères est le plus abondant, il est représenté par 7 espèces suivi par les Coléoptères avec 5 espèces et les Lépidoptères (3 espèces). Les ordres Aranea, Collembola et Homoptera sont représentés par une espèce pour chaque ordre.

**Tableau 33** - Liste des espèces piégées grâce aux pièges jaunes à Chemora.

Ordre	Famille	Espèce	Nbr	Abondance relative
Aranea	Aranea F.ind.	Aranea sp.ind.	2	3,03
Collembola	Collembola F. ind.	Collembola sp.ind.	2	3,03
Coléoptères	Anthicidae	<i>Anthicus floralis</i>	2	3,03
	Carabidae	<i>Cicindela flexuosa</i>	1	1,52
	Coccinellidae	<i>Coccinella algerica</i>	2	3,03
	Cryptophagidae	Cryptophagidae sp.ind.	2	3,03
Hyménoptères	Vespidae	<i>Polistes gallicus</i>	6	9,09
	Formicidae	<i>Pheidole</i> sp.	5	7,58
		<i>Monomorium</i> sp.	7	10,61
		<i>Camponotus</i> sp.	4	6,06
		<i>Cataglyphis</i> sp.	5	7,57
		<i>Tapinoma nigerrimum</i>	4	6,06
Halictidae	<i>Evylaeus</i> sp.	5	7,57	
Lépidoptères	Pyralidae	<i>Ectomyeloisceratoniae</i>	4	6,06
	Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i>	6	9,09
	Nymphalidae.	<i>Vanessa cardui</i>	1	1,52

Diptères	Tephritidae	<i>Bactrocera oleae</i>	4	6,06
	Calliphoridae	<i>Lucilia caesar</i>	2	3,03
Homoptères	Jassidae	Jassidae sp. ind.	2	3,03
Total	15	19	66	100

Les espèces les plus abondantes sont *Monomorium* sp. (10,61%), *Polistes gallicus*, *Tuta absoluta* (9,09%), *Pheidole* sp., *Cataglyphis* sp. et *Evyllaesus* sp. (7,58%). Les espèces à faible abondance sont *Cicindela flexuosa* et *Vanessa cardui* (1,52%).

#### IV.5.2 - Arthropodes capturés grâce aux pièges delta

Les espèces capturées par les pièges delta dans les trois stations sont consignées dans les tableaux 34, 35 et 36.

Au niveau de la station Said Otba (tab. 34), 6 ordres sont retrouvés dans le piège delta, représentés par 7 familles, ces derniers renferment 8 espèces. Les ordres Aranea et Lepidoptera sont les plus nombreux en effectifs chacun parmi eux, est représenté par deux espèces. 24,24% des espèces présentées dans le tableau 34 correspondent à *Ectomyelois ceratoniae*, suivie par *Musca* sp. (21,21%) et *Bemisia tabaci* (15,15%). Aranea sp 2.ind et *Chrysoperla carnea* sont les espèces à faible abondance dans les pièges delta.

**Tableau 34** - Liste des espèces piégées grâce aux pièges delta à Said Otba.

Ordre	Famille	Espèce	Nbr	Abondance relative
Araignées	Aranea F. 1 ind.	Aranea sp. 1 ind.	3	9,09
	Aranea F. 2 ind.	Aranea sp. 2 ind.	2	6,06
Hyménoptères	Formicidae	<i>Tapinoma simrothi</i>	3	9,09
Lépidoptères	Pyalidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	8	24,24
		<i>Ephestia</i> sp.	3	9,09
Hémiptères	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	5	15,15
Neuroptères	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>	2	6,06
Diptères	Muscidae	<i>Musca</i> sp.	7	21,21
Total	7	8	33	99,99

Pour la station d'Ain Choucha (tab. 35), 4 ordres sont recensés comportant 5 familles et 7 espèces. L'ordre Aranea est le plus pauvre en espèces (une espèce par ordre). Cependant, les ordres Coléoptères, Hyménoptères et Lépidoptères sont représentés par deux espèces chacun. *Aranea sp.ind.*, *Tapinoma simrothi* et *Ectomyelois ceratoniae* sont les espèces les plus abondantes parmi les espèces collectées dans cette station par le piège delta soit (18,75% pur chacun), par contre *Ephestia sp.* est l'espèce à faible présence (6,25%).

**Tableau 35** - Liste des espèces piégées grâce aux pièges delta à Ain Choucha

Ordre	Famille	Espèce	Nbr	Abondance relative
Araignées	Aranea F.ind.	<i>Aranea sp.ind.</i>	3	18,75
Coléoptères	Coccinellidae	<i>Coccinella algerica</i>	2	12,5
	Cantharidae	<i>Cantharis lateralis</i>	2	12,5
Hyménoptères	Formicidae	<i>Tapinoma simrothi</i>	3	18,75
		<i>Cataglyphis bicolor</i>	2	12,5
Lépidoptères	Pyralidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	3	18,75
		<i>Ephestia sp.</i>	1	6,25
Total	5	7	16	100

Les espèces capturées dans la station de Chemora sont regroupées dans le tableau 36.

**Tableau 36** - Liste des espèces piégées grâce aux pièges delta à Chemora.

Ordre	Famille	Espèce	Nbr	Abondance relative
Araignées	Aranea F. 1 ind.	Aranea sp. 1.ind.	1	4
	Aranea F. 2 ind.	Aranea sp. 2.ind	3	12
Coléoptères	Coccinellidae	<i>Coccinella algerica</i>	3	12
Hyménoptères	Scelionidae	Scelionidaesp. ind.	3	12
	Formicidae	<i>Tapinoma simrothi</i>	5	20
Lépidoptères	Pylalidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	6	24
		<i>Ephestia</i> sp.	2	8
Hémiptères	Acanthosomatidae	Acanthosomatidae sp.ind.	1	4
	Fulgoridae	Fulgoridae sp.ind.	1	4
Total	8	9	25	100

A Chemora 9 espèces sont capturées par les pièges delta. Ces espèces appartiennent à 8 familles (5 ordres). Les ordres Aranea (16%) et Lepidoptera (32%) sont les plus fréquents. Les Hyménoptères, Lépidoptères et Hémiptères sont représentés par deux espèces pour chacun alors que les coléoptères ne comptent qu'une seule espèce. L'espèce la plus abondante dans les pièges delta est *Ectomyelois ceratoniae* (24%) suivie par *Tapinoma simrothi* (20%), puis *Araneasp* 2.ind (12%), *Coccinella algerica* (12%), Scelionidae sp. ind. avec un pourcentage de 12%. Les espèces à faible présence soit 4% sont Aranea sp1.ind., Acanthosomatidae sp.ind. et Fulgoridae sp.ind.

#### IV.5.3 - Arthropodes capturés grâce aux pièges adhésifs

L'ensemble des espèces capturées par les pièges adhésifs sont rassemblées dans les tableaux 37 à 39.

Dans la station Said Otba (Tab. 37) 8 ordres, 14 familles renfermant 15 espèces sont capturées. Les ordres Aranea et Diptères sont les plus abondants avec trois espèces pour chaque ordre. Ils sont suivis par les ordres coléoptères, Hyménoptères, Hémiptères

soit deux espèces pour chaque ordre. Par ailleurs, les Lépidoptères, Orthoptères et Neuroptères sont représentés par une seule espèce pour chaque ordre.

**Tableau 37** - Liste des espèces piégées grâce aux pièges adhésifs à Said Otba.

Ordre	Famille	Espèce	Nbr	Abondance relative
Araignées	Aranea F.ind.	Aranea sp.ind.	3	6,52
	Sicariidae	Sicariidae sp. 1 ind.	2	4,35
		Sicariidae sp. 2 ind.	2	4,35
Coléoptères	Cantharidae	<i>Cantharis lateralis</i>	2	4,35
	Coccinellidae	<i>Coccinella algerica</i>	2	4,35
Hyménoptères	Vespidae	<i>Vespa germanica</i>	3	6,52
	Braconidae	<i>Phanerotoma flavitestacea</i>	4	8,70
Hémiptères	Acanthosomatidae	Acanthosomatidae sp.ind	2	4,35
	Fulgoridae	Fulgoridae sp.ind.	1	2,17
Diptères	Tephritidae	<i>Ceratitis capitata</i>	6	13,04
	Calliphoridae	Calliphoridae sp. ind	8	17,39
	Dolichopididae	Dolichopididae sp. ind.	1	2,17
Lépidoptères	Pyralidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	5	10,87
Orthoptères	Pyrgomorphidae	<i>Pyrgomorpha cognata</i>	1	2,17
Neuroptères	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>	4	8,70
Total	14	15	46	100

Dans cette station, 46 espèces sont capturées dans les pièges adhésifs. L'espèce *Calliphoridae* sp. ind. est la plus fréquente (17,39%), suivie de *Ceratitis capitata* (13,04%) et *Ectomyelois ceratoniae* (10,87%). Quelques espèces utiles sont présentes dans cette station telles que *Phanerotoma flavitestacea* (8,70%), *Chrysoperla carnea* (8,70%) et *Coccinella algerica* (4,35%). Les espèces à faible présence sont *Pyrgomorpha cognata* (2,17%) et *Fulgoridae* sp.ind. (2,17%).

Par contre dans la station d'Ain Choucha (Tab. 38), 11 familles et 11 espèces appartenant à 6 ordres sont mentionnés.

**Tableau 38** - Liste des espèces piégées grâce aux pièges adhésifs à Ain Choucha

Ordre	Famille	Espèce	Nbr	Abondance relative
Araignées	AraneaF.ind.	Aranea sp.ind.	1	2,33
Coléoptères	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i>	1	2,33
Hyménoptères	Formicidae	<i>Tapinoma</i> sp.	5	11,63
	Braconidae	<i>Phanerotoma flavitestacea</i>	6	13,95
Hémiptères	Acanthosomatidae	Acanthosomatidae sp.ind.	4	9,30
	Aleyrodidae	<i>Trialeurode</i> sp.	3	6,97
Diptères	Diptera	Diptera sp. ind.	1	2,33
	Muscidae	<i>Musca</i> sp.	13	30,23
	Tephritidae	<i>Ceratitis capitata</i>	6	13,95
Lépidoptères	Pyralidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	1	2,33
	Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i>	2	4,65
Total	11	11	43	100

L'ordre de Diptera est représenté par trois espèces, il contient les deux espèces les plus abondantes *Musca* sp. (30,23%) et *Ceratitis capitata* (13,95%). Les ordres Hymenoptera, Lepidoptera et Hemiptera sont présentés par deux espèces pour chaque ordre. *Phanerotoma flavitestacea* représente 13,95%. Les espèces à faible présence sont *Aranea* sp. ind. *Coccinella septempunctata*, *Diptera* sp. ind. et *Ectomyelois ceratoniae* avec le même pourcentage soit 2,33%.

Dans la station de Chemora (tab. 39), on a dénombré 14 espèces appartenant à 14 familles (7 ordres). L'ordre des Diptères renferme deux familles et deux espèces. Les ordres Aranea, Neuroptères et Homoptères abritent une seule espèce par ordre. L'espèce la plus abondante capturée par ce piège est *Ectomyelois ceratoniae* (15,79%), suivie d'*Evylaeus* sp. (13,16%), *Diptera* sp. ind., *Tuta absoluta* et Acanthosomatidae sp.ind. qui présentent un même pourcentage de présence (10,53%).



sont moins abondantes telles que Jassidae sp. ind., *Apis mellifera*, *Vanessa cardui* et *Bactrocera oleae* (tab. 39).

**Tableau 39** - Liste des espèces piégées grâce aux pièges adhésifs à Chemora.

Ordre	Famille	Espèce	Nbr	Abondance relative
Araignées	Aranea F.ind.	Aranea sp. ind.	2	5,26
Coléoptères	Anthicidae	<i>Anthicus floralis</i>	2	5,26
	Coleoptera F. ind.	Jassidae sp. ind.	1	2,63
	Coccinellidae	<i>Coccinellas eptempunctata</i>	2	5,26
Hyménoptères	Braconidae	<i>Phanerotoma flavitestacea</i>	3	7,89
	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	1	2,63
	Halictidae	<i>Evyllaesus sp.</i>	5	13,16
Lépidoptères	Pyralidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	6	15,79
	Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i>	4	10,53
	Nymphalidae	<i>Vanessa cardui</i>	1	2,63
Diptères	Diptera F. ind.	Diptera sp. ind.	4	10,53
	Tephritidae	<i>Bactrocera oleae</i>	1	2,63
Neuroptères	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>	2	5,26
Homoptères	Acanthosomatidae	<i>Acanthosomatidae sp.ind.</i>	4	10,53
Total	14	14	38	99,99

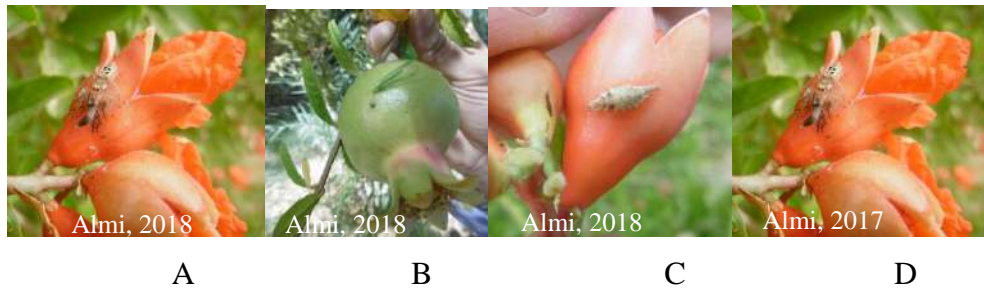
L'utilisation des fruits chutés et l'ensachage des rameaux portant des fruits, comme techniques d'échantillonnage d'éventuelles auxiliaires n'ont aboutie à la capture d'aucune espèce utile. Néanmoins, cette technique a contribué à l'étude de certains paramètres biologiques de *V. livia*.

Le tableau 40 résume l'ensemble des insectes utiles capturés dans les trois stations d'étude par les différentes techniques d'échantillonnage utilisées lors de cette étude.

**Tableau 40** - Arthropodes à statut "utile" pouvant contribuer au contrôle de *V. livia*

Espèce	Said Otba	Ain Choucha	Chemora
Salticidae sp.ind.	+	+	-
Lycosidae sp.ind.	+	-	-
<i>Cicindela flexuosa</i>	-	+	+
<i>Carabus blethisa</i>	-	+	-
<i>Forficula auricularia</i>	+	-	-
Brachonidae sp.1 ind.	-	+	-
Brachonidae sp.2 ind.	-	+	-
<i>Polistes gallicus</i>	-	-	+
<i>Coccinella algerica</i>	+	+	+
<i>Adonia variegata</i>	+	-	-
<i>Cymendis leucophitulanus</i>	+	-	-
<i>Monomorium</i> sp.	-	-	+
<i>Pheidole pallidula</i>	+	-	-
<i>Pheidole</i> sp.	-	-	+
<i>Camponotus</i> sp.	+	-	+
<i>Cataglyphis bicolor</i>	+	+	-
<i>Cataglyphis</i> sp.	+	-	+
<i>Plageolipis</i> sp.	+	-	-
Pompilidae sp.ind.	+	-	-
<i>Chrysoperla carnea</i>	+	-	-
Aranea sp.ind.	-	+	-
Gnaphosidae sp.ind..	-	+	-
<i>Tapinoma simrothi</i>	+	+	+
Tapinoma sp.	-	+	-
Aranea sp. 1 ind.	+	+	+
Aranea sp. 2 ind.	+		+
<i>Phanerotoma flavitestacea</i>	+	+	-
<i>Coccinella septempunctata</i>	-	+	-

Nos résultats concernant la faune associée ne révèlent pas la présence d'un organisme de lutte biologique spécifique dans les stations d'étude. (photo 37 A) ainsi que d'autres insectes suspects d'être prédateurs généralistes y compris de *V. livia* (photo 37). Toutefois, la recherche d'espèces auxiliaires contre *V. livia* que ce soit prédateurs, parasites ou parasitoïdes nécessite une autre étude plus étalée dans le temps et plus focalisée afin de découvrir des organismes de lutte biologiques contre ce déprédateur dans l'agroécosystème palmeraie.



**Photo 37** - Insectes prédateurs dans le milieu de *V. livia* A: *Tapinmoma* sp.; B: *Chrysoperla carnea*; C: Larve de *Chrysopa*; D: *Salticidae* sp.

#### IV.6 - Evaluation du traitement *in situ* sur *V. livia* par *Bacillus thuringiensis* var. **Kurstaki**

La pulvérisation du grenadier par *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Btk), a permis d'évaluer l'impact de ce larvicide sur *V. livia* dans les trois stations d'études (photo 38).



**Photo 38** - Traitement de grenadier par *B.thuringiensis*

Les figures 34 à 36 montrent l'efficacité du *B. thuringiensis* dans les trois stations, durant les quatre traitements et quelle que soit la dose utilisée.

Le taux d'infestation enregistré chez les témoins est toujours plus élevé par rapport aux taux d'infestations enregistrés après le traitement par le *Bacillus* dans toutes les stations et durant tous les traitements. La dose 500g/ha donne le meilleur effet par rapport à la dose de 250g/ha dans tous les essais de traitement et chez les trois stations.

Le taux d'infestation sous l'effet du *B.t* (500g/ha) ne dépasse pas  $16,22 \pm 0,45\%$  dans les trois stations au cours de toute la période de traitement. L'infestation la plus forte notée après le traitement par le *B.t* avec la dose 250g/ha est de  $22,31 \pm 0,74\%$  à Ain Choucha après le 4<sup>ème</sup> traitement où le taux d'infestation chez le témoin atteint 85,78%.

A Said Otba, après le 1<sup>er</sup> traitement, le taux d'infestation est nul sous l'effet de *B.t* à 500g/ha (fig. 34), ce taux s'élève après le traitement par la dose 250g/ha ( $0,73 \pm 0,07\%$ ) alors que chez le témoin l'infestation atteint 1,45%.

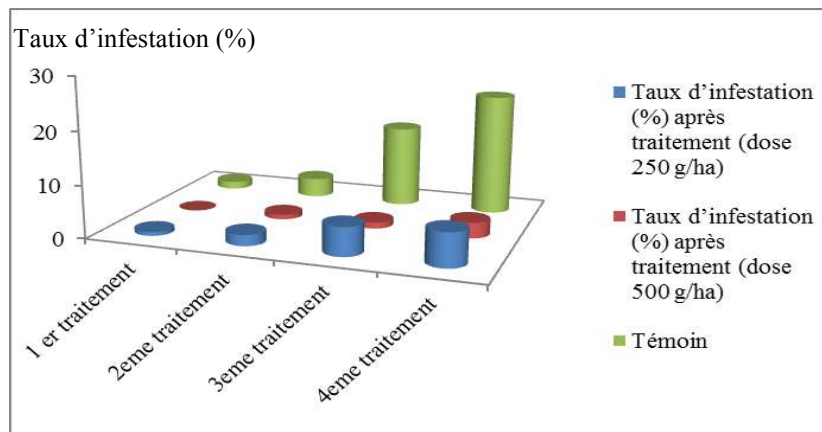


Figure 34 - Effet du traitement par *B. thuringiensis* sur *V. livia* dans la station Said Otba

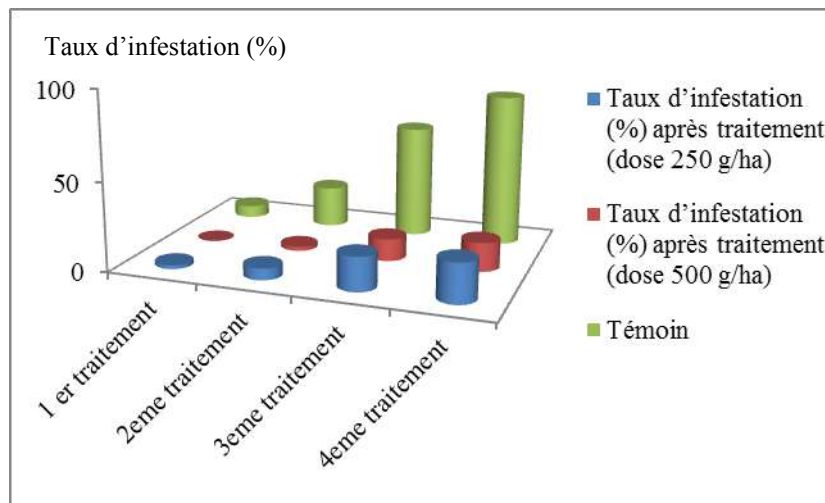
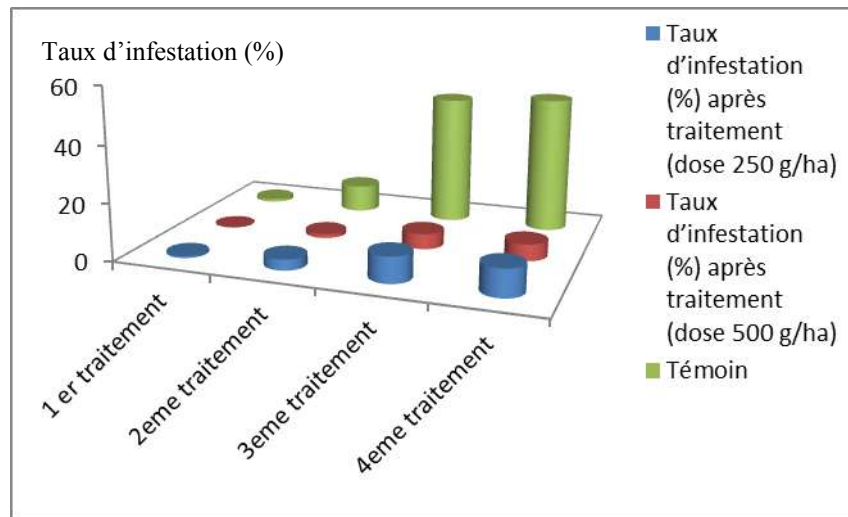


Figure 35 - Effet du traitement par *B. thuringiensis* sur *V. livia* dans la station Ain Choucha



**Figure 36** - Effet du traitement par *B. thuringiensis* sur *V. livia* dans la station Chemora

Après le 4<sup>ème</sup> traitement qui coïncide avec la phase de durcissement de la chair du fruit, le taux d'infestation sans aucun traitement est de 22,92% alors qu'à dose 250g/ha et 500g/ha il n'excède  $6,42 \pm 1,08$  % et  $2,97 \pm 0,76$  % respectivement. Ainsi, l'infestation par *V. livia* dans la station Said Otba ne dépasse pas 6,5% après recours au traitement par *B.t*.

A Ain Choucha, l'infestation chez le témoin est plus importante par rapport aux autres stations. L'effet de *Bacillus* est nettement remarquable (fig. 35) où le taux d'infestation est atténué après le 3<sup>ème</sup> traitement pour atteindre  $19,14 \pm 0,79$ % pour la dose 250g/ha et  $12,54 \pm 0,78$ % avec la doses 500g/ha; la moyenne est de 63,67% pour les grenadiers qui n'ont subi aucun traitement. La même constatation est faite au 4<sup>ème</sup> traitement soit  $22,31 \pm 0,74$ % et  $16,22 \pm 0,45$ % respectivement chez la dose 250g/ha et 500g/ha. Par ailleurs, le taux d'infestation chez le témoin est de 85,78%. Au premier traitement  $2,1 \pm 0,55$  et  $0,98 \pm 0,71$ % respectivement pour les doses 250g/ha et 500g/ha, représentent les pourcentages des fruits attaqués par le papillon. Chez le témoin, l'attaque correspond à 6,89 %.

Pour la station Chemora, *Bacillus* donne aussi des résultats encourageant, ceci est valable pour l'ensemble des traitements et des doses utilisées (fig. 36). L'infestation est nulle à la dose 500g/ha et atteint  $0,65 \pm 0,63$ % avec la dose la plus faible mais enregistre 1,03% chez le témoin. Ainsi, au dernier traitement le taux d'infestation le

plus important enregistré dans cette station correspond à  $5,92 \pm 0,87\%$  (dose 250 g/ha) et  $9,75 \pm 0,78\%$  (dose 500g/ha), ces taux sont nettement inférieurs à celui enregistré chez le témoin (48,43%).

Les résultats obtenus montrent que l'impact de *Bacillus thuringiensis* sur les grenades infestées est marquant d'une manière générale, son effet est d'autant plus efficace que l'infestation est moins forte. L'analyse de la variance des résultats obtenus après le traitement par le *Bacillus* montre des différences significatives dans les trois stations d'étude (tab. 41, 42 et 43).

**Tableau 41** - Analyse de variable concernant le traitement par le *Bacillus* à Said Otba

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Sig
Intergroupes	4332,3450	12	361,0288	907,6167	< <b>0,0001</b>
Intragroupe	19,0933	48	0,3978		
Total	4351,4383	60			

**Tableau 42** - Analyse de variable concernant le traitement pa le *Bacillus* à Ain Choucha

Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne des carrés	F	Sig
Intergroupes	66692,2670	12	5557,6889	15198,7846	< <b>0,0001</b>
Intragroupe	17,5520	48	0,3657		
Total	66709,8190	60			

**Tableau 43** - Analyse de variable concernant le traitement pa le *Bacillus* à Chemora

Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne des carrés	F	Sig
Intergroupes	24174,9555	12	2014,5796	3580,0164	< <b>0,0001</b>
Intragroupe	27,0110	48	0,5627		
Total	24201,9665	60			

L'examen des grenades traitées par le *B. thuringiensis* laisse apparaitre une mortalité surtout chez les jeunes larves (photo 39). Ceci est expliqué par l'effet de la

bactérie qui agit par sa toxine. Cet organisme lorsque ingéré par la chenille, altère son système digestif. La larve cesse de se nourrir, puis meurt dans quelques jours (**Lambert, 2010**). De son côté, **Chaufaux (1994)** appui cette vision en mentionnant que *Bacillus thuringiensis* est plus efficace lorsqu'il est appliqué sur les jeunes larves. Il explique que l'intoxication provoqué par le *Bt* se manifeste rapidement par des lésions intestinales et une paralysie du tube digestif. **Ghy (1971)** observe que la plupart des mortalités du criquet migrateur se produisent entre le deuxième et le sixième jour qui succèdent au traitement par *B.t*.



**Photo 39** - Effet de *B. thuringiensis* sur les larves de *V. livia* (Gr x10)

Les résultats obtenus concernant le traitement de *V. livia* par le *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, sont en accord avec ceux de **Blumenfeld et al., (2000)** et ceux de **Singh et Singh (2000)** qui rapportent que *B.t* est un agent de contrôle efficace contre *V. livia*. De même, **Sayed et al., (2015)** affirment que le traitement par cette bactérie fait diminuer le taux d'infestation du grenadier par *V. livia* à 16%. Les résultats de **Ali (2017)** indique la diminution du taux d'infestation jusqu'à 17,8%. Enfin, **Kahramanoglu et Usanmaz (2013)** montrent que le traitement par cette même bactérie contre *V. livia* est le plus efficace où les dommages s'abaissent en-dessous de 5%.

---

---

## **Conclusion**

---

---



La connaissance des paramètres biologiques d'un bio-agresseur de culture est primordiale pour concevoir une stratégie de lutte

La présente étude a permis d'abord, de déterminer la période d'apparition de *Virachola livia* sur grenadier dans trois régions de sud-est algérien (Djemâa, Ouargla et Biskra), ensuite de décrire les symptômes provoqués sur grenadier ainsi que les caractéristiques morphométriques de l'ensemble des stades, puis quelques aspects de son comportement, ses fluctuations de populations dans la région d'Ouargla.

Il a été démontré que *V. livia* déclenche son activité dès l'apparition des boutons floraux et des fleurs sur grenades (mi-mars à Ouargla et début avril à Djemâa et Biskra) durant la production d'été, en fin octobre pour la production d'automne. La polyphagie de ce papillon est trahi par ses attaques sur plusieurs fruits dans la palmeraie (grenade, datte, gousse d'*Acacia* et fève). La larve acquiert ainsi la couleur de son substrat alimentaire.

L'infestation sur grenadier diffère d'une région à l'autre. Durant la première production de grenades (en été), Ouargla reste la région la moins infestée (15,01%, 16,14% et 18,22% pour les années 2017, 2018 et 2019 respectivement), alors que Djamaa est la plus infestée (43,54%, 48,42% et 43,18% respectivement pour les années 2017, 2018 et 2019), cependant le taux d'infestation dans la station de Chemora (Biskra) atteint 38,01% (année 2017), 38,33% (2018) et 39,83% (2019).

A Ouargla, l'observation durant les trois années d'étude, a permis d'identifier trois générations au cours de la production d'été du grenadier et une seule génération durant la production automnale de la même culture.

L'élevage a montré que la femelle de *V. livia* dépose en moyenne œufs. L'œuf stérile est blanc alors que celui fertile est vert-gris. Il mesure en moyenne  $0,92 \pm 0,11$  mm. La période d'incubation s'étale sur 5 à 9 jours ( $5,55 \pm 1,30$  jours). Le taux d'éclosion varie entre les deux productions (d'été et d'automne) et en fonction des mois aussi dans la même saison.

Le nombre d'œufs déposés par fruit diffère d'un mois à l'autre, la femelle préfère d'une manière générale la ponte d'un œuf par fruit mais elle peut en déposer jusqu'à 10 par fruit en fonction des conditions météorologiques et du stade de développement des grenades. Le nombre d'œuf déposé sur fruit n'est pas corrélé avec le calibre des fruits.

L'étude des paramètres biologiques de ce papillon ravageur révèle aussi que ce dernier passe après l'éclosion par quatre stades larvaires, près-chrysalide, chrysalide et phase adulte. La durée du cycle de vie des mâles fluctue entre 20 et 35 jours pour la production

Après son éclosion, la larve passe de  $1,27 \pm 0,06$  mm de longueur et  $2,63 \pm 0,003$  mm de largeur jusqu'à une taille moyenne de  $15,25 \pm 0,17$  mm de longueur et  $4,7 \pm 0,03$  mm de largeur en fin du quatrième stade larvaire. Après chaque mue, la larve se débarrasse de sa capsule céphalique. La durée totale des stades larvaires varie de 10 à 17 jours pour la production d'été. Durant cette période, les larves provoquent plusieurs trous d'entrée et de sorties au niveau des grenades.

Avant de devenir chrysalide, la larve passe une phase pré-chrysalide qui dure entre 1 et 3 jours durant la première production et de 2 à 3 jours durant la seconde. La chrysalide est marron, mesure  $11,14 \pm 0,08$  mm de longueur et  $4,5 \pm 0,05$  mm de largeur pour le futur mâle, et  $10,8 \pm 0,09$  mm de longueur  $4,25 \pm 0,05$  mm largeur pour la future femelle. La durée de cette phase varie en fonction de la période de production du grenadier et du sexe. Cette durée est en moyenne de  $7,25 \pm 1,03$  jours pour les mâles et  $7 \pm 0,70$  jours pour les femelles durant la première production.

Le rapport sex-ratio indique une différence entre le nombre des mâles et des femelles durant les deux périodes de production de grenades. Ce rapport affiche en moyenne 56,25 % de mâles contre 43,75% de femelles durant la première production.

Chez les adultes, le dimorphisme sexuel est apparent. La femelle est plus grande que le mâle; elle présente une envergure de 24 à 34,5 mm (moyenne =  $28,99 \pm 0,74$  mm) contre 23,5 mm à 31 mm (moyenne =  $27,63 \pm 0,48$  mm) chez le mâle. Ce dernier présente une coloration alaire orange vive avec présence d'une grande tache noire sur la face dorsale à la base de l'aile postérieure. La femelle a une couleur marron cuivre. La durée de vie des adultes mâles et femelles varie selon la saison de production des grenades.

L'essai de lutte contre *Virachola livia* sur grenadier par *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki, montre l'efficacité de cette bactérie même à faible dose (250g/ha) durant quatre traitements et dans les trois stations. Cependant, la dose 500g/ha donne de meilleurs résultats par rapport à la dose 250g/ha dans les trois stations.

Après chaque traitement par *B.thuringiensis*, le taux d'infestation diminue par rapport au témoin. Après le dernier traitement, le taux d'infestation chute jusqu'à  $6,42 \pm 1,08\%$  et  $2,97 \pm 0,76\%$  pour les deux doses 250g/ha et 500g/ha respectivement par rapport au témoin (22,92%) aussi bien à Said Otba (Ouargla), qu'à Ain Choucha (Djamâa) soit 85,78%. Ce taux diminue après le traitement jusqu'à  $22,31 \pm 0,74\%$  et  $16,22 \pm 0,45\%$  pour les deux dose 250g/ha et 500g/ha respectivement. A Chemora (Biskra), le taux d'infestation diminue à  $9,75 \pm 0,78\%$  (à 250g/ha) et  $5,92 \pm 0,87\%$  (à 500g/ha) par rapport au témoin (48,43%).

Enfin, pour rendre les résultats actuels plus exploitables, on propose les recommandations suivantes:

- Dépistage de *Virachola livia* dans d'autres régions en Algérie et réalisation d'une carte de distribution de ce bioagresseur.
- Identification de variétés résistantes chez le grenadier.
- Identification d'autres plantes hôtes de *Virachola livia*.

- Etude des paramètres biologiques de ce ravageur sur d'autres plantes nourricières.
- Recherche d'ennemis naturels dans les palmeraies algériennes.
- Essais de lutte notamment biologique.

---

---

## **Références bibliographiques**

---

---

1. **AABD-EIA A., 2015** - Efficacy of emamectin benzoate, pyridalyl and methoxyfenozide on pomegranate butterfly, *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera: Lycaenidae) in cultivated and reclaimed lands, *Journal of Phytopathology and Pest Management*. 2: 32-42.
2. **ABBES K., ZOUBA A., HARBI A., GHRISSI N., KSANTINI M. et CHERMITI B., 2019** -The pomegranate butterfly *Deudorix livia* (Lepidoptera: Lycaenidae):an emerging pest on dates in Tunisia. *EPPO Bulletin*. (0) 1–6
3. **ABDEL-GALIL F. A., MOUSA S. E., RIZK M. A., HAGAG G. H. A. et HESHAM A., 2018** - Morphogenetic traits of the egg parasitoid *Trichogramma* for controlling certain date palms lepidopteran insect pests in the New Valley Governorate. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. (2018) 28:88.
4. **ALI E. A., 2017**- Integrated Control of Some Pests Infesting Pomegranate Trees in Northern Western coast. *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci. (F. Toxicology & Pest control )* Vol.9 (1):59-72
5. **ALIAT B., 1996** - *Recherche d'un indice craniométriquediscriminantde quatre espèces de Gerbillidés* (*Gerbillus gerbillus*, *G. pyramidium*, *G. campestris*, *G. nanus*) sympatriques dans la région d'Ouargla (Algérie). Mémoire Ing. agro., Inst. nati. form. supér. agro. saha., Ouargla, 32 p.
6. **AL-MAIMAN S. et AHMAD D., 2002** - Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit maturation. *Food Chemistry*. 76(4):437-441
7. **ALMI A., BRADAI L., BISSATI-BOUAFIA S. et KORICHI R., 2018** - Appearance of *Virachola livia* (klug, 1834) (lepidoptera: lycaenidae) and study of some biological parameters in an arid region of Algeria. *Ciência técnica vitivinicola*. 33 (10): 85-96
8. **ALMI A., KORICHI R., BRADAI L., et BISSATI-BOUAFIA S., 2020** - Première étude de la biologie d'un nouveau déprédateur *Deudorix livia* (Lepidoptera, Lycaenidae) sur grenadier en Algérie. *IOBC-WPRS Bulletin*. Vol. 151: 97-104.

9. **AL-ZIDJALI N. M. , MOULDI B'CHIR M., RASHID H. S. A. AL MANTHARI I. M., AL-NAABI S. J., AL SIABI A. S., AL-SELUALIMI H. A., AL HAMADANI M. H., AL HAMADANI I. S. K., AL-WARDI S. S., AL-YAHIAI A. S., et AL-MALKI M. S., 2011-** Biological control of pomegranate butterfly *Virachola livia* (lycaenidae: lepidoptera) in Al- Jabal Al-akhdar. 126-131p. Agricultural and livestock research - annual report (Oman) 2010/2011. 284 p.
10. **AMMARI Y. et MEZIANI L., 2008 -** *Contribution à l'étude des zones humides des Zibans, cas de Gueltat Oum Larwah.* Mém. Ing. Eco. Env. Univ. Biskra, 112 p.
11. **ANDAUI N., 2008 -** Impacts du changement climatique sur les insectes ravageurs des forêts méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne t. Xxix, n° 2.* 145-154
12. **ARON S., PASSERA L., et PASTEELS J., 2009 -** *Les sociétés animales : évolution de la coopération et organisation sociale.* Ed. Boeck Université, Bruxelles. 336 p.
13. **AWADALLAH A. M., AZAB A. K. et EL-NAHAL A. K. M., 1970 -** Studies on the pomegranate butterfly, *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera-Rhopalocera:Lycaenidae). *Bulletin de la Societe Entomologique d'Egypte.* Vol.54. 545-567 p.
14. **AYRES M. P. et LOMBARDEO M. J., 2000 -** Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *Sci. Total environ.* 262 : 263-286.
15. **BAGNOULS F. et GAUSSEN H., 1953 -** Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse,* 88 : 3 - 4.
16. **BALE J. S., MASTERS G. J., HODKINSON I. D., AWMACK C., BEZEMER T. M., BROWN V. K., BUTTERFIELD J., BUSE A., COULSON J. C et FARRAR J., 2002 -** Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob.Change Biol.* 8: 1-16.
17. **BALIKAI R. A., KOTIKAL Y. K., et PRASANNA P. M., 2011 -** Status of pomegranate pests and their management strategies in India. *Acta Horticulturae.* 890: 569-583

- 18. BAUER, L.S., 1995** - Resistance: a threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Florida Entomol.* 78(3): 414- 442.
- 19. BEGGAR H., 2006** - *La biomasse phoenicicole ; un savoir-faire local à promouvoir « cas de la région de l'oued Righ*. Mém. Ing. Université Kasdi Merbah. Ouargla. Algérie. 126 p.
- 20. BEKKARI A. et BENZAOUI S., 1991** - *Contribution à l'étude de la faune des palmeraies de deux régions du Sud-Est algérien (Ouargla et Djamaa)*. Mém. Ing. agro., Inst. nati. form. supér. agro. Saha., Ouargla, 134 p.
- 21. BENAMEUR-SAGGOU H., 2009** - *La faune des palmeraies de Ouargla Interactions entre les principaux écosystèmes*. Mémoire de Magister, Université de Ouargla 184p.
- 22. BEN KHEDHER S., ZOUARI N. et JAOUA S., 2008** - Etude de la production et de la toxicité de bioinsecticides à base de souches de *Bacillus thuringiensis* asporogéniques et oligosporogéniques. Biotechnologies végétales et gestion durable des résistances face à des stress biotiques et abiotiques p. 82. XIes Journées Scientifiques du réseau "Biotechnologies végétales / Amélioration des plantes et sécurité alimentaire" de l'Agence universitaire de la Francophonie. 30 juin-3 juillet 2008. Rennes, France.
- 23. BENKHELIL M. L., 1992** - Les techniques de récoltes et de piégeages utilisées en entomologie terrestre. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 68 p.
- 24. BENSALAH M. K., 2015** - *Evaluation des caractéristiques biologiques d'Ectomyelois ceratoniae (Zeller, 1839) (Lepidoptera, Pyralidae) dans les conditions naturelles et contrôlées. Stockage, conservation et lutte*. Doctorat En Sciences Agronomiques. Université Mohamed Khider Biskra. 116 p.
- 25. BESSACI N. et SADAOUI K., 2018** - *Importance des ravageurs et leurs préjudices sur quelques arbres fruitiers en zones sahariennes (Cas d'Ouargla)*. Mém. Master Agro., Univ. Kasdi Merbah Ouargla, 91 p.



- 26. BESSAOUD O., PELLISSIER J. P., ROLLAND J. P. et KHECHIMI W., 2019-** Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. 82 p. Consulté sur le site <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02137632/document> le 08/10/2019
- 27. BETIOUI M., 2017-** *Etude de la possibilité d'amélioration de la culture et de la production du Grenadier commun, Punica granatum L. dans la région de Tlemcen.* Mémoire de master en ageonomie. Université de Telmcen. 79 p.
- 28. BLUMENFELD A., SHAYA F. et HILLEL R., 2000** - Cultivation of pomegranate. *Options Mediterranean SeriesA42*: 143–147.
- 29. BOUAICHA R., 2017** - *Analyse du complexe parasitaire du Grenadier Punica granatum (Linné, 1753) dans la région de Touggourt.* Mém. Master agro. Université de Ouargla. 95p.
- 30. BOUHANIA R. et ZEHRI S., 2005** - *Etude comparative de deux types d'engrais phosphatés sur céréales à pailles (orge) dans la région d'Oued Righ (Station El-Arfiane).* Mém. Ing. Universite de Ouargla. P. 71.
- 31. BOUZID A., 2003** - *Bioécologie des oiseaux d'eau dans les chotts d'Ain El Beida et Oum El Raneb (Région d'Ouargla).* Thèse Magister, sci. agro., Inst. nati. agro. El Harrach, 136 p.
- 32. BRAHAM M., 2015** - Insect larvae associated with dropped pomegranate fruits in an organic orchard in Tunisia, *Journal of entomology and nematology*. 7: 5-10.
- 33. BREVAULT T., BEYO J., NIBOUCHE S. et VAISSAYRE M., 2002** - La résistance des insectes aux insecticides: Problématique et enjeux en Afrique centrale. Actes du colloque du Garoua, Cameroun. – Montpellier, 27 - 31 mai. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00142447/document>.
- 34. BROWN J. H., JAMES F., GILLOOLY A., ALLEN P. SAVAGE VAN M., et GEOFFREY B. W., 2004** -Toward a metabolic theory of ecology. *Ecological Society of America*. 85(7), 1771-1789.
- 35. CAPINERA J. L., 2008** - *Encyclopedia of Entomology*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands. 4411p.

36. **CARSON R., 1963** - *Silent spring*. Ed. Fawcett publications. New York. 155p.
37. **CATALISANO A., 1986** - *Le désert saharien*. Ed. Dursus, Paris, 127 p.
38. **CAUCHARD L., 2013** - *La grenade : Organisation de la filière, opportunités et contraintes pour son développement*. Mém. Ing. Institut Supérieur des Sciences Agronomiques France. 40 p.
39. **CHABOUSSOU F., 2011** - *Les plantes malades des pesticides*. Ed. Utovie. Paris, 303 p.
40. **CHAMBON J. P., 1999** - *Atlas des genitalia mâles des lépidoptères tortricidae France et Belgique*. Ed. I.N.R.A. Paris. 20 p.
41. **CHAUDHARI S. M., DESAI U. T., 1993** - Effects of plant growth regulators on flower sex in pomegranate (*Punica granatum L.*). *Indian J Agric Sci.* 63: 34–35
42. **CHAUFAUX J., 1994** - Utilisation de bio-pesticides contre les ravageurs des cultures : le point sur *Bacillus thuringiensis*. *Journal insectes et cultures*. p.2-6.
43. **CHEHMA A., 2006** - *Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien*. Labo. Eco.Sys., Univ. Ouargla, 140p.
44. **CHERADID Z., 2008** - *Inventaire de la faune orthoptéroïdes dans la région de Djamàa*. Thèse Ing. Inst. Tech. Agro. Sahar., Ouargla, 136 p.
45. **CHHETRY M., GUPTA R. et TARA J. S., 2015** - bionomics of *Deudorix isocrates fabricius* (lepidoptera: lycaenidae), a new potential host of sweet orange, *citrus sinensis* l. osbeck in j&k, india. *I.J.S.N.*, 6 (2) 2015: 238-241.
46. **CHOPRA I. C., ABROL B. K. et HANDA K. L., 1960** - *Les plantes médicinales des régions arides*. Ed. Oberth. 99 p.
47. **CHOUIA A., GUERFI A., et SADINE S. E., 2018** - Contribution to the Study of a New Date Palm Pest *Oryctes Agamemnon* in the Palm Groves of El-Oued, Algeria. *Tunisian Journal of Plant Protection*. 13 (si): 159-170.
48. **CÔTE M., 2005** - *La ville et le désert : le Bas-Sahara algérien*. Ed. Karthala Paris. 305 p.

- 49. DAJOZ R., 1996** - *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 551p.
- 50. DEGHICHE-DIAB N., DEGHICHE L. et BELHAMRA M., 2015** - Inventory of Arthropods in an agro-ecosystem Ziban oasis, Ain Ben Noui, Biskra, Algeria. *Journal of entomology and zoology studies*. 3(4): 229-234.
- 51. DHOUBI M. H., 1982** - *Bio-écologie d'Ectomyelois ceratoniae Zeller (Lepidoptera, Pyralide)*. Thèse Doctorat d'Etat. Scien.Natur. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 145 p.
- 52. DHOUBI M. H., 1990** - *Lutte intégrée pour la protection du palmier dattier en Tunisie*. Ed. Centre de Publication Université. 140 p.
- 53. DOUMANDJI- MITICHE B. et DOUMANDJI S., 1993** - *la lutte biologique contre les déprédateurs des cultures*. Ed. Office des publications universitaires. 94 p.
- 54. DREUX P., 1980** - *Précis d'écologie*. Ed. Presses Univ. France (P.U.F.), Paris, 231 p.
- 55. DUBOST D., 1991** - *Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes*. Thèse Doctorat, Univ. Tours, 545 p.
- 56. EILENBERG J. et HOKKANEN H. M. T., 2006** - *An ecological and societal approach to biological control*. Ed. Springer, Netherlands, 322 p.
- 57. EL-SHAFIE H. A. F., 2012** - List of arthropod pests and their natural enemies identified worldwide on date palm, *Phoenix dactylifera* L. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 3(12): 516-524
- 58. EVREINOFF V. A., 1957** - Contribution à l'étude du Grenadier. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*. vol. 4 (3): 124-138.
- 59. F. A. O., 2009** - L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. 66 p.
- 60. FARHI A., 2002** - Biskra : de l'oasis à la ville saharienne. *Méditerranée*. 3(4) : 77-82.

- 61. FARHI Y. et BELHAMRA M., 2012.** - Typologie et structure de l'avifaune des Ziban (Biskra, Algérie), Typology and structure of the Ziban's avifauna (Biskra, Algeria). *Courrier du savoir*, N°13, 127-136.
- 62. FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J. et HEMPTINNE J. L., 2003** - *Ecologie approche scientifique et pratique*. Ed. Lavoisier, Paris, 407 p. 23.
- 63. FERFECHE I., 2015** - *Monographie de la Wilaya de Biskra*. Mémoire de mastère, université Constantine, 80p.
- 64. GAGUI F., 2012** - *Faune aphidienne associée au milieu naturel dans la région de Biskra*. Mém. Mag. Biol. Anim., univ. Khider Med., Biskra, 47p.
- 65. GASMI D., 2011** - Inventaire des arthropodes associés à la luzerne dans la région de Hassi Ben Abdellah. Thèse Ing. Inst. Tech. Agro. Sahar., Ouargla, 117p.
- 66. GAUSSEN H., et BAGNOULS F., 1953** - Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat.* Toulouse 88: 193-239.
- 67. GENEVIEVE L., 2006** - L'origine de la métamorphose chez les insectes. *Antennae*. 13 (3): 15-17
- 68. GHARBI N., 2010** - Laboratory Rearing of the Pomegranate Fruit Butterfly *Virachola livia* on Two Host Plants in Tunisia, *Journal of Plant Protection*. 5: 195-200.
- 69. GHY J., 1971-** *Action de la Toxine Soluble Thermostable de Bacillus thuringiensis sur la Croissance et le développement du criquet migrateur africain Locusta migratoria Migratrioides (R. et F.) (Orthoptera, Acrididae)*. Thèse Doctorat 3ème Cycle, Biologie Animale.O.R.S.T.O.M., Université Paris-Sud. 75p.
- 70. GIUSEPPE E., COCUZZA M., MAZZEO G., RUSSO A., LO GIUDICE V. et BELLA S., 2016** - Pomegranate arthropod pests and their management in the Mediterranean area. *Phytoparasitica*. 44: 393-409.
- 71. GRUVEL j., 1975** - Structure des populations de *Glossina tachinoides* W. à la Réserve de Kalamaloué. *Rev. Elev. Méd. Vét.* 28 (2): 195-215

- 72. GUENAOUI Y., 2008** - Nouveau ravageur de la tomate en Algérie. Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008. *Phytoma-La Défense des Végétaux* 617, p. 18-19.
- 73. HABBACHI W., 2013** - *Etude des Blattellidae (Dictyoptera) : Essais Toxicologiques, Synergie et Résistance aux Insecticides et aux Biopesticides*. Thèse Doctorat en Biologie Animale. Université d'Annaba. 170 p.
- 74. HADJAIDJI F., 2002** - *Contribution à l'étude de l'avifaune nicheuse des palmeraies de la cuvette d'Ouargla*. Thèse Magister, Inst. nati. agro. , El Harrach, 187 p.
- 75. HAJEK A., 2004** - *Natural Enemies An Introduction to Biological Control*. Ed. Cambridge. 378 p.
- 76. HALILLAT. M. T., 1998** - *Etude expérimentale de sable additionnée d'argile .Comportement physique et organisation en condition saline et sodique*. Thèse doctorat. I.N.A.P.G, Paris, 250p.
- 77. HAMDI-AISSA, B., 2001** – *Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approche micromorphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale*. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique, Paris Grignon, 307p.
- 78. HANNA A. D., 1939** - The Pomegranate Fruit Butterfly *Virachola livia* Klug. *Morphology, Life-History and Control*. Ministry of Agriculture, Egypt, 54 p.
- 79. HASHEMI FESHARAKIA S., KARIMIZADEHB J., JALALZANDC A.R., BESHARATNEJADB M. H., MEHRDAD M., 2011**- Studying on Damage of Carob Moth in Three Pomegranate Cultivars of Isfahan (Iran). *Procedia Environmental Science*. 8 (2011) 257 – 261.
- 80. HMID I., 2013** - *Contribution à la valorisation alimentaire de la grenade marocaine (Punica granatum L.) : caractérisation physicochimique, biochimique et stabilité de leur jus frais*. Doctorat de Sciences agronomiques, l'Université de Béni Mellal (Maroc) ,177 p.

- 81. HÖFTE H. et WHITELEY H. R., 1989** - Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol. Rev*, 53: 242-255.
- 82. HOLLAND D., HATIB K. et BAR-YA'AKOV I., 2009** - Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. *Horticultural Reviews*, vol. 35.
- 83. HOSEINI, S. A., GOLDANSAZ S. H., SADEGHHASANI S. et MOUSAVI S. G., 2014** - A field screening of 10 high yield pomegranate cultivars for resistance to the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae*, in the climate condition of Karaj, Alborz, Iran. *In Proceedings of 21th Iranian Plant Protection Congress, Urmia, Iran*, p. 754. Iranian Research Institute of Plant Protection, Iran.
- 84. HULME P. E., 2005** - Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat. *Journal of Applied Ecology* 42, 784–794
- 85. IDDER-IGHILI H., 2008** - *Interactions entre la pyrale des dattes Ectomyelois ceratoniae Zeller (Lepidoptera-Pyralidae) et quelques cultivars de dattes dans les palmeraies de Ouargla (Sud-Est algérien)*. Mém. Magister Agro., Univ. Kasdi Merbah Ouargla, 103 p.
- 86. INDEX DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES A USAGE AGRICOLE, 2015**
- 87. KAFI M., 1977** - *Rapport sur quelques caractéristiques des sols d'Ouargla*. Ed. Agence nati. ressour. hydraul., Ouargla 8 p.
- 88. KAHRAMANOGLU I. et USANMAZ S., 2013** - Management strategies of fruit damaging pests of pomegranates: *Planococcus citri*, *Ceratitis capitata* and *Deudorix (Virachola) livia*. *African Journal of Agricultural*. Vol. 8(49): 6563-6568.
- 89. KATBEH-BADER A., AMR Z. S. et ISMA'EL S., 1998** - The butterflies of Jordan. *Journal of Research on the Lepidoptera*. 37: 11-26
- 90. KHAN M. M. H., 2016** - Biology and management of fruit borer *Virachola Isocrates* (Fab.) infesting guava. *J. Agril. Res.* 41(1): 41-51.
- 91. KORICHI R., 2008** - *Impact des Mantodea dans les équilibres des milieux cultivés et naturels dans la région de Ouargla*. Thèse Magister, Université Ouargla, 260 p.

- 92. KSANTINI M., BOULILA M., BRAHAM M., GHARBI N., RHOUMA A., TRIKI M. A. et HIBAR K., 2008** - Etude de la bioécologie des lépidoptères du grenadier *Virochola livia* et *Ectomyelois ceratoniae* et développement d'une stratégie de lutte intégrée P. 93. Rapport d'activités année 2008 et programme 2009. P.145.
- 93. KSENTINI I., JARDAK T. et ZEGHAL N., 2011** - First report on *Virachola livia* Klug. (Lepidoptera: Lycaenidae) and its effects on different pomegranate varieties in Tunisia. *EPPO Bulletin*. 41, 178–182
- 94. KUMAR R., SOUBRIER M., JACQUET P., 1991** - *La lutte contre les insectes ravageurs : la situation de l'agriculture africaine : l'agriculture en régions tropicales*. Ed. Karthala, Wageningen paris. 310 p.
- 95. LAMBERT N., 2010** - *Lutte biologique aux ravageurs : applicabilité au québec* : Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.). Sherbrooke, Québec, Canada. 87p.
- 96. LE BERRE M., 1989** - *Faune du Sahara – Poissons – Amphibiens - Reptiles*. Ed. Lechevalier - R. Chabaud, Paris, coll. "Terres africaines", T. 1, 332 p.
- 97. LEBRETON P., 1978** - *Initiation aux disciplines de l'environnement*. Ed. Inter-éditeurs, Paris, 239 p.
- 98. LE HOUEROU H. N., 2009** - *Bioclimatology and Biogeography of Africa*. Ed. Springer. Montpellier. 240 p.
- 99. LERECLUS D., DELECLUSE A., LECADET M. M., 1993** - Diversity of *Bacillus thuringiensis* toxins and genes. In: *Bacillus thuringiensis*, an Environmental Biopesticide: theory and practice (Edited by P.F. Entwistle, J.S. Cory, M.J. Bailey and S. Higgs). Wiley, New York, 37-69.
- 100. LIBERT M., 2004** - *Révision des Deudorix africains (Lepidoptera, Lycaenidae)*, Lambillionea, 200 p., 16 pl. coul.

- 101. MARS M., 1995** - La culture du grenadier (*Punica granatum* L.) et du figuier (*Ficus carica* L.) en Tunisie. *Options méditerranéennes*. Ed. CIHEM Montpellier. N°13. 85- 95 p.
- 102. MARTEL V., 2004** - Allocation optimale des sexes chez les guêpes parasitoïdes. *Antennae*. Vol. 11 N° 1
- 103. MEDJBER-TEGUIG T., KADIK L. et GOUDJIL A., 2014** - Contribution à l'étude floristique et écologique de quelques palmeraies de la région de Ouargla (Cas de Mekhadma et Bamendil). 1 e r Congrès international sur le milieu aride – Ghardaïa 2014. Université De Ghardaïa Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre 09-10 Décembre 2014 Ghardaïa, Algérie
- 104. MEHAOUA M. S., 2014** - *Abondance saisonnière de la pyrale des dattes (Ectomyelois ceratoniae Zeller., 1839), bioécologie, comportement et essai de lutte.* Thèse Doctorat Scien. Agro. Univ. Mohammed Khaider Biskra, 109 p.
- 105. MKAOUAR R., SAADAOUI E., BEN JAMAA M. L., 2014** - Premières observations sur le papillon du grenadier *Virachola livia* sur les brise-vents d'Acacia au sud tunisien. *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35 (3/2014)* - Actes du 4ème Meeting International "Aridoculture et Cultures Oasisennes : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides. 1749-1753 p.
- 106. MKAOUAR R. et BEN JAMAA M. L., 2016** - Study on Biology of Pomegranate Playboy *Deudorix Livia*, (Klug, 1834) in *Acacia farnesiana*. *Indian journal of applied research* 6: 159-161
- 107. MKAOUAR R., DHAHRI M. et BEN JAMAA L., 2016** - Some biological aspects of *Virachola livia* on *Acacia farnesiana* in the South of Tunisia, *Turkish Journal of Forestry*, 17: 48-50.
- 108. MOKHTAR A. M., et Al NABHANI S., 2016** - Distribution of *Virachola livia* (Lepidoptera: Lycaenidae) Eggs and Influence of Conspecific Aggregation and Avoidance Behavior. *J. Agr. Sci. Tech.* 18: 1593-1604.



- 109. MOUSSI A. et HARRAT A., 2006** - Aperçu sur la faune acridienne dans deux régions : sahariennes (Biskra) et semi- aride (Constantine). *Actes journées études internat. Désertifi. Dévelop. dur. Biskra du 10-12 juin 2006, C.R.S.T.R.A Biskra : 271-272.*
- 110. MOUSSI A., 2012.** - *Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra.* Thèse Doct. Biol. Animal, Univ. Mentouri, Constantine, 113p.
- 111. MÜLLER G. C., KRAVCHENKO V. D., PHILLIPS A., SHWARZ-TZACHOR R. et BENYAMINF D., 2009** - Flie first record of the Eremic Lycaenid *Deudorix livia* (Klug, 1834) in Europe. *Atalanta*, 36: 9-112.
- 112. NICOLAS J. P., 1997** - *Plantes médicinales du Nord de Madagascar.* Ed. Jardins du monde. Brasparts. 296 p.
- 113. OBEIDAT W. et AKKAWI M., 2002** - Bionomics and Control of Pomergranate Butterfly *Virachola (Deudorix) livia* (Klug) (Lepidoptera: Lycaenidae) in Northern Jordan. *Dirasat Agricultural Sciences* 29: 1-12
- 114. OUKABLIA M., BELLAJI A., CHAHBAR A., ELKACEMI M., LAHLOU M. et ALLABOU M., 2004** - Comportement de clones locaux et de variétés étrangères de grenadier (*Punica granatum* L.) conduits dans la région de Meknès. *AL AWAMIA*.no 111: 87-100
- 115. OULD EL HADJ M. D., 2002** - Etude du régime alimentaire de cinq espèces d'acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette de Ouargla (Algérie). *l'Entomologiste*, 58 (3 - 4) : 197 - 209.
- 116. OULD EL HADJ M. D., HADJ-MAHAMMED M., ZABEIROU H., 2003** - place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de ouargla (sahara septentrional est). *Courrier du Savoir*. 03 : 47-51
- 117. OZENDA P., 1991** - *Flore de Sahara.* (3<sup>ème</sup> édition mise). Ed. C.N.R.S. Paris, 662 p.

- 118. PASSAGER P., 1957** - *Ouargla (Sahara Constantinois). Etude historique, géographique et médicale*. Inst. Pasteur d'Alger, 35 (2) : 99-200.
- 119. QUEZEL P. et SANTA S., 1963** - *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. T.II. Ed. C.N.R.S. France, 569 p.
- 120. RAMADE F., 1984** - *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed. Mc Graw Hill, Paris, 397 p.
- 121. RAPPORT DU MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL, 2019. 25 p.**
- 122. REGNAULT-ROGER C., FABRES G., et PHILOGENE B., 2005** - *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. Ed. Lavoisier Tec et Doc, Paris, 749 p.
- 123. RICCI P., BUI S. et CLAIRE L., 2013** - *Repenser la protection des cultures, innovations et transitions*. Ed. Quae, Paris, 249 p.
- 124. ROTH M., 1980** - *Initiation la morphologie, la systématique et la biologie des insectes*. Ed. ORSTOM. Paris. 213 p.
- 125. ROUVILLOIS-BRIGOL N., 1975** - *Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique*. Ed. Publications Univ. France, Paris, 316 p.
- 126. SAADI L., MATALLAH R., LEBAILI N., 2014** - La nécessité deremplacer les insecticides par des biopesticidesdans le domaine d'agriculture. *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35 (3/2014)* - Actes du 4ème Meeting International Aridoculture et Cultures Oasisennes : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides. 1861-1866 p.
- 127. SADINE S. E., BISSATI S. et IDDER M. A., 2018** - Diversity and structure of scorpion fauna from arid ecosystem in Algerian Septentrional Sahara (2005-2018). *SERKET The Arachnological Bulletin of the Middle East and North Africa*. 16 (2): 51-59

- 128. SALEMKOUR N., CHALABI K., FARHI Y. & BELHAMRA M., 2012** - Inventaire floristique de la région des Ziban. *Journal Algérien des Régions Arides* n° 09/10/11- 2012
- 129. SALHI A., 2017** - *Transformations spatiales et dynamiques socio-environnementales de l'oasis de Ouargla (Sahara algérien). Une analyse des perspectives de développement.* Thèse de Doctorat en Géographie. Univ. Marseille. 476 p.
- 130. SAUVION N. et BAAREN J. V., 2013** - *Impacts des changements climatiques sur les interactions insectes-plantes* p.p. 589-620 cité par SAUVION N., CALATAYUD P. A., THEIRY D. et MARION-POLL F., *-Interactions insectes-plantes.* Ed. IRD. Quae. Marseille. 784 p.
- 131. SAYED A. A., TEMERAK S. A., BEKHEIT H. K. ET GAMEEL S.M.M., 2007-** Actinomycete natural metabolites to combat *Virachola livia* inhabited date palm fields at dakhla oasis, new valley, Egypt. Séminaire «Integrated crop management of date palm and its impacts for producing clean and safety dates», Agricultural research center, Giza – Egypt. 18p.
- 132. SAYED S. M., ELSAYED G., MAHMOUDS. F. ET ELZHRANY O.M., 2015** - Efficacy of *Bacillus thuringiensis* and Indigenous *Trichogramma turkistanica* for Controlling Lepidopterous Pests on Taify Pomegranate Fruits. *African Entomology* 23(2): 443-450.
- 133. SILVY C. et RIBA G., 1993** - Biopesticides contre maladies, insectes, mauvaises herbes. Les dossiers de l'environnement N°19. Disponible sur: <http://www7.inra.fr/dpenv/sribad19.htm> (consulté: 12/10/2018)
- 134. SINGH S.B. et SINGH H. M., 2000** - Bioefficacy and economics of different pesticides against pomegranate butterfly, *Deudorix livia* (Fabricious) (Lycaenidae:Lepidoptera) infesting aonla. *Indian Journal of Plant Protection.* 28 (2):173–175.
- 135. SPICHIGER R. E., FIGEAT-HUG M., JEANMONOD D., 2004** - *Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des*

- Angiospermes des régions tempérées et tropicales*. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes. Troisième édition. 413 p.
- 136. STEWART P., 1969** - Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique, quelques réflexions. *Bull. Doc. Hist. natu. agro.* : 24 - 25.
- 137. TOUTAIN G., 1979** - *Eléments d'agronomie saharienne (de la recherche au développement)*. INRA, Paris, *Ann. agro. saha.* 276p.
- 138. VERLET B., 1962** - *Le Sahara*. Coll. *Que sais-je ?* Ed. Presses universitaires de France, Paris, 127 p.
- 139. VIAL Y. et VIAL M., 1974** - *Sahara milieu vivant. Guide du Voyageur naturaliste*. Ed. Hatier, Paris, 224 p
- 140. VINCENT C. et CODERRE D., 1992** - *La lutte biologique*. Ed. Gaëtan morin, Canada, 671 p.
- 141. WYSS C. et CHERIX D., 2006** - *Traité d'entomologie forensique : les insectes sur la scène de crime*. Ed. Lausanne suisse. 317 p.
- 142. ZEGHTI S., BOURAS A, KHERBOUCHE Y, SEKOUR M, 2019** - Assessment of the diversity of Lepidoptera and the importance of useful and harmful species in palm groves (Algeria). *World J. Environ Biosci.* 8, 1:11-20.
- 143. ZENKHRI S., 2017** - *L'agriculture saharienne : Du système oasien traditionnel à l'établissement d'une conception d'économie de marché et de développement durable*. Thèse de doctorat en sciences filière: sciences agronomiques. Université Abdelhamid Ibenbadis – Mostaganem. 243p.

---

---

# Résumés

---

---

## Etude de quelques aspects bioécologiques de *Virrachola livia* Klug, 1834 (Lepidoptera:Lycaenidae) dans la palmeraie du sud-est algérien et essai de lutte.

### Résumé :

L'étude s'intéresse à *Virrachola livia* ravageur sur grenadier, elle est réalisée dans trois palmeraies du sud-est algérien: Said Otba (Ouargla), Ain Choucha (Djamaa) et Chemora (Biskra). Ce ravageur déclenche son activité dès l'apparition des boutons floraux et des fleurs. Ce lépidoptère attaque plusieurs autres fruits (datte, gousse d'Acacia et fève). Ouargla est la moins infestée (15,01%, 16,14% et 18,22% pour les années 2017,2018 et 2019 respectivement), alors que Djamaa est la plus infestée (43,54%, 48,42% et 43,18% respectivement pour les années 2017, 2018 et 2019), le taux d'infestation à Biskra atteint 38,01% (année 2017), 38,33% (2018) et 39,83% (2019). A Ouargla, trois générations existent au cours de la production estivale et une seule génération durant la production automnale. La femelle dépose en moyenne  $34,5 \pm 8,81$  œufs. L'œuf fertile est vert-gris et mesure en moyenne  $0,92 \pm 0,11$ mm. La période d'incubation est de  $5,55 \pm 1,30$  jour. Durant la production d'été, le taux d'éclosion le plus faible est enregistré en juillet ( $67,13 \pm 7,22$  %) alors que le plus élevé l'est en juin ( $90,75 \pm 3,47$ %). Pour la production automnale. La femelle préfère déposer ses œufs sur la moitié de la grenade la plus proche du calice. Son cycle de développement comporte 4 stades larvaires. La durée du cycle de vie des mâles fluctue entre 20 et 35 pour la production d'été. Cependant, celle des femelles varie entre 20 et 33 jours durant la production d'été. La larve passe de  $1,27 \pm 0,06$  mm de longueur jusqu'à une taille moyenne de  $15,25 \pm 0,17$ mm en fin du quatrième stade larvaire. La durée totale des stades larvaires varie de 10 à 17 jours pour la production d'été. La phase pré-chrysalide dure entre 1 et 3 jours durant la première production et 2 à 3 jours durant la seconde. La chrysalide est marron, mesure  $11,14 \pm 0,08$ mm pour le futur mâle, et  $10,8 \pm 0,09$ mm de longueur pour la future femelle, la durée de cette phase est  $7,25 \pm 1,03$  jours pour les mâles et  $7 \pm 0,70$  jours pour les femelles durant la première production;. Le rapport des sexes indique une prédominance des femelles (52,5%) durant la seconde production. Chez les adultes, le dimorphisme sexuel est apparent. La femelle a une envergure moyenne de  $28,99 \pm 0,74$  mm contre  $27,63 \pm 0,48$  mm chez le mâle. Ce dernier présente une coloration alaire orange vive. La femelle a une couleur marron cuivre. Les mâles vivent de  $3,75 \pm 1,03$  jours à durant la production d'été. La longévité chez les femelles est de  $3,71 \pm 0,75$  jours (période d'été). Les 4 traitements par deux doses de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (250g/ha et 500g/ha), montrent l'efficacité de cette bactérie même à faible dose. Après le dernier traitement, le taux d'infestation chute jusqu'à  $6,42 \pm 1,08$ % et  $2,97 \pm 0,76$ % pour les deux doses 250g/ha et 500g/ha respectivement par rapport au témoin (22,92%) à Said Otba, A Ain Choucha soit 85,78%. Ce taux diminue après le traitement jusqu'à  $22,31 \pm 0,74$ % et  $16,22 \pm 0,45$ % pour les deux dose 250g/ha et 500g/ha respectivement. A Chemora, le taux d'infestation diminue à  $9,75 \pm 0,78$ % (à 250g/ha) et  $5,92 \pm 0,87$ % (à 500g/ha) par rapport au témoin (48,43%).

**Mots clés :** *Virrachola livia*, Grenadier, paramètres biologique, sud-est algérien, *Bacillus thuringiensis*, palmeraie.

---

**Study of some bioecological aspects of *Virrachola livia* Klug, 1834 (Lepidoptera: Lycaenidae) in the palm grove of south-eastern Algeria and attempt to control it.****Summary:**

The study is interested in *Virrachola livia* pest on pomegranate, it is carried out in three palm groves in south-eastern Algeria: Said Otba (Ouargla), Ain Choucha (Djamaa) and Chemora (Biskra). This pest triggers its activity when flower buds and flowers appear. This moth attacks several other fruits (date, *Acacia* pod and bean). Ouargla is the least infested (15,01%, 16,14% and 18,22% for the years 2017, 2018 and 2019 respectively), while Djamaa is the most infested (43,54%, 48,42% and 43,18% respectively for the years 2017, 2018 and 2019), the infestation rate in Biskra reaches 38,01% (year 2017), 38,33% (2018) and 39,83% (2019). In Ouargla, three generations exist during summer production and only one generation during autumn production. The fertile egg is gray-green and measures on average  $0,92 \pm 0,11$ mm. The incubation period is  $5,55 \pm 1,30$  days. The female prefers to lay her eggs on half of the pomegranate closest to the calyx. Its development cycle includes 4 larval stages. The life cycle duration of males fluctuates between 20 and 35 days. However, that of females varies between 20 and 33 days during summer production. The larvae pass from  $1,27 \pm 0,06$  mm in length to an average size of  $15,25 \pm 0,17$  mm in length at the end of the fourth larval stage. The total duration of the larval stages varies from 10 to 17 days for summer production. The pre-chrysalis phase lasts between 1 and 3 days during the first production and 2 to 3 days during the second. The chrysalis is brown, measures  $11,14 \pm 0,08$ mm for the future male, and  $10,8 \pm 0,09$ mm in length for the future female, the duration of this phase is  $7,25 \pm 1,03$  days for the males and  $7 \pm 0,70$  days for females during the first production. The sex ratio indicates 56.25% males. In adults, sexual dimorphism is apparent. The latter has a bright orange wing coloring. The female has a copper brown color. Males live from  $3,75 \pm 1,03$  days to  $14,90 \pm 3,61$  days during summer. Longevity in females is  $3,71 \pm 0,75$  days (summer period). The 4 treatments with two doses of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (250g / ha and 500g / ha), show the effectiveness of this bacteria even at low doses. After the last treatment, the infestation rate drops to  $6,42 \pm 1,08\%$  and  $2,97 \pm 0,76\%$  for the two doses 250 g / ha and 500 g / ha respectively compared to the control (22,92%) to Said Otba, A Ain Choucha or 85,78%. This rate decreases after treatment to  $22,31 \pm 0,74\%$  and  $16,22 \pm 0,45\%$  for the two doses 250g / ha and 500g / ha respectively. In Chemora, the infestation rate decreased to  $9,75 \pm 0,78\%$  (at 250g / ha) and  $5,92 \pm 0,87\%$  (at 500g / ha) compared to the control (48,43%).

**Keywords:** *Virrachola livia*, Pomegranate, biological parameters, south-eastern Algeria, *Bacillus thuringiensis*, palm grove.

دراسة بعض الجوانب البيواكولوجية لفراشة الرمان (*Virachola livia* 1834 (Lepidoptera: Lycaenidae) في بساتين النخيل بجنوب شرق الجزائر وتجربة لمعالجتها.

ملخص:

تهتم الدراسة بفراشة الرمان ، ويتم إجراؤها في ثلاث بساتين نخيل في جنوب شرق الجزائر: سعيد عتبية (ورقلة) ، عين شوشة (جامعة) و الشمرة (بسكرة). تبدأ هذه الآفة نشاطها عندما تظهر براعم الزهور والزهور. تهاجم هذه العثة العديد من الفواكه الأخرى (التمر، الفول وثمار الاكاسيا). ورقلة هي الأقل إصابة بهذه الآفة (15,01% و 16,14% و 18,22% للأعوام 2017 و 2018 و 2019 على التوالي) ، في حين أن جامعة هي الأكثر إصابة (43,54% و 48,42% و 43,18% على التوالي للأعوام 2017 و 2018 و 2019) ، يصل معدل الإصابة في بسكرة إلى 38,01% (عام 2017) و 38,33% (2018) و 39,83% (2019). توجد في ورقلة ثلاثة أجيال أثناء الإنتاج الصيفي وجيل واحد فقط أثناء إنتاج الخريفي. البيضة الخصبة رمادية خضراء ويبلغ قياسها  $0,92 \pm 0,11$  مم. فترة الحضنة  $5,55 \pm 1,30$  يوم. تفضل الأنثى وضع بيضها على نصف الرمان الأقرب إلى الكأس. تتضمن دورة تطورها 4 مراحل يرقية. تتراوح مدة دورة حياة الذكور بين 20 و 35 يوماً للإنتاج الرمان الصيفي . اما الإناث فتتراوح بين 20 و 33 يوماً أثناء الإنتاج الصيفي. تمر اليرقات من  $1,27 \pm 0,06$  ملم في الطول إلى متوسط حجم  $15,25 \pm 0,17$  ملم في نهاية المرحلة اليرقية الرابعة. تتراوح المدة الإجمالية لمراحل اليرقات من 10 إلى 17 يوماً للإنتاج الصيفي. مرحلة ما قبل العذراء تكون ما بين 1 و 3 أيام خلال الإنتاج الصيفي و 2 إلى 3 أيام خلال الإنتاج الخريفي. الخادرة بنية اللون ، معدل طولها  $11,14 \pm 0,08$  ملم للذكر ، و  $10,8 \pm 0,09$  ملم بالنسبة للإناث، مدة هذه المرحلة  $7,25 \pm 1,03$  يوم للذكور و  $7 \pm 0,70$  يوماً للإناث خلال الإنتاج الأول. خلال الإنتاج الأول تظهر نسبة الجنس  $56,25\%$  من الذكور. عند البالغين، يظهر الاختلاف الشكلي بين الجنسين. يبلغ متوسط طول جناحي الأنثى  $28,99 \pm 0,74$  ملم مقارنة بـ  $27,63 \pm 0,48$  ملم في الذكور. هذا الأخير له لون برتقالي مشرق. الأنثى لها لون بني نحاسي. يعيش الذكور من  $3,75 \pm 1,03$  يوماً خلال الصيف. طول العمر عند الإناث  $3,71 \pm 0,75$  يوماً (فترة الصيف). العلاجات الأربعة بجرعتين من *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (250 غرام / هكتار و 500 غرام / هكتار) أظهرت فعالية هذه البكتيريا حتى عند الجرعة المنخفضة. بعد العلاج الأخير، ينخفض معدل الإصابة إلى  $6,42 \pm 1,08\%$  و  $2,97 \pm 0,76\%$  للجرعتين 250 غرام / هكتار و 500 جم / هكتار على التوالي مقارنة بالمجموعة الشاهدة (22.92%) لسعيد عتبية ، عين شوشة أو 85.78%. ينخفض هذا المعدل بعد العلاج إلى  $22,31 \pm 0,74\%$  و  $16,22 \pm 0,45\%$  للجرعتين 250 غرام / هكتار و 500 غرام / هكتار على التوالي. في الشمرة، انخفض معدل الإصابة إلى  $9,75 \pm 0,78\%$  (عند 250 غرام / هكتار) و  $5,92 \pm 0,87\%$  (عند 500 غرام / هكتار) مقارنة بالمجموعة الضابطة (48,43%).

الكلمات المفتاحية: فراشة الرمان ، رمان، جوانب بيواكولوجية ، جنوب شرق الجزائر ، *Bacillus thuringiensis* ، بستان النخيل.