

UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences agronomiques



Pour l'obtention du diplôme de doctorat troisième cycle

Spécialité : Sciences agronomiques

Option : Protection des végétaux

THEME

**Bioécologie, dégâts et essais de lutte contre le papillon
du grenadier *Deudorix livia* (Klug, 1834) dans le
Sahara septentrional-Est algérien (région de Ghardaïa)**

Présentée et soutenue publiquement par :

BELADIS Brahim

Le : 28 février 2024

Devant le jury

Présidente de jury : BISSATI-BOUAFIA Samia, Professeur, Université de Ouargla,

Directeur de thèse : GUEZOUL Omar, Professeur, Université de Ouargla,

Co-encadreur : SOUTTOU Karim, Professeur, Université de Djelfa

Examineurs : SEKOUR Makhoulouf, Professeur, Université de Ouargla,

KORICHI Raouf, Maître de conférences « A », Université de Ouargla

ALIOUA Youcef, Maître de conférences « A », Université de Ghardaïa

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Il est d'usage de commencer une thèse par une page de remerciements car ce travail n'aurait pu aboutir sans la contribution de nombreuses personnes qui ont toujours répondu à mes sollicitations avec indulgence et leurs encouragements m'ont permis d'arriver au terme de ce travail.

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la patience, la volonté, le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.

J'exprime mes profonds remerciements à mon directeur de thèse, M. le professeur

GUEZOUL Omar

qui m'a accordé l'honneur de diriger ce travail, sa précieuse aide et ses conseils et pour l'aide compétente qu'il m'a apporté, pour sa patience et son encouragement pour finir ce travail. Son œil critique m'a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes parties.

*J'exprime ma profonde gratitude à Mme **BISSATI-BOUAFIA Samia**, professeur et doyenne de la faculté des sciences naturelles et de la vie à l'université Kasdi Merbah, Ouargla, d'avoir accepté la présidence du jury de cette thèse. Qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect.*

Mes sincères remerciements s'adressent également à mon co-directeur de thèse M.

SOUTTOU Karim, Professeur à l'université de Djelfa, pour ses précieux conseils et encouragements ainsi que pour ces corrections intéressantes de la thèse.

*Je tiens à remercier Messieurs : **SEKOUR Makhlouf**, professeur à l'université Kasdi Merbah, Ouargla, Monsieur, **KORICHI Raouf**, Maître de conférences « A », Université de Ouargla et Monsieur **ALIOUA Youcef**, Maître de conférences « A » à l'université de Ghardaïa pour avoir bien voulu accepter de faire partie du jury et pour avoir pris le temps d'examiner et de juger ce travail.*

Mes remerciements les plus sincères sont adressés aux propriétaires des jardins phoenicicoles, aux agriculteurs et à la conservation des forêts de Ghardaïa qui ont mis leurs palmeraies et jardins à ma disposition et ont fourni toute l'aide et coopération sans lesquels, cette étude n'aurait pas été révélée

*Mes remerciements vont aussi à madame **BABAHANI Souad**, directrice du laboratoire de recherche « Bioressources » pour son aide afin d'effectuer mon stage au sultanat d'Oman.*

*Je remercie également Messieurs **Salem ETOUBI, Rached ALSHIDI, Abdelhamid ELRRIAMI, Said ELSSAKRI, Hammou BOUKERMOUCHE et Omar BELADIS** pour leurs immenses contributions lors de mon stage sur la lutte biologique contre le papillon du grenadier au sultanat d'Oman.*

*Je tiens à remercier tout particulièrement mes camarades **CHEDAD Abdelouahab, BABAZ Younes et MOUSSAOUALI Bakir** pour leurs différentes aides afin d'achever ce travail.*

Je remercie ma famille, mes parents, mon épouse ainsi que mes frères et sœurs qui m'ont aidé de diverses manières qui ont toujours cru en moi et sans lesquels je ne serais pas parvenu jusqu'ici.

Brahim BELADIS

Table des matières

Table des matières

Liste des tableaux	10
Liste des figures	11
Liste des abréviations	14
Introduction	15
Chapitre I – Monographie bibliographiques sur le papillon du grenadier <i>Deudorix livia</i>	29
1.1. - Position systématique de <i>Deudorix livia</i>	30
1.2. - Origine et distribution géographique	30
1.3. - Description morphologique et bio écologie	31
1.3.1. – Œuf	31
1.3.2. – Larve	32
1.3.2.1. – Tête de la larve	32
1.3.2.2. – Pièces buccales de la larve	33
1.3.2.3. – Thorax de la larve	33
1.3.2.4. – Abdomen de la larve	34
1.3.2.5. – Premier stade larvaire	36
1.3.2.6. – Deuxième stade larvaire	38
1.3.2.7. – Troisième stade larvaire	39
1.3.2.8. – Quatrième stade larvaire	40
1.3.2.9. – Couleur de la larve	41
1.3.2.10. – Glande à sucre	41
1.3.2.11. – Sexe de la larve	41
1.3.3. – Stade pre-chrysalide (pre-pupe)	42
1.3.4. – Nymphé	43
1.3.5. – Adulte	44
1.3.5.1. – Femelle	44
1.3.5.2. – Organes reproducteurs externes féminins	45
1.3.5.3. – Mâle	45
1.3.5.4. – Organes reproducteurs externes masculins	46
1.3.5.5. – Nervation des ailes	48
1.3.5.6. – Oviposition	49
1.3.5.7. – Nombre d'œufs pondus	50
1.4. – Plantes hôtes	50
1.5. – Dégâts	55

1.6. – Ennemis naturels	56
1.7. – Moyens de lutte	58
1.7.1. – Moyens de lutte culturaux	58
1.7.2.- Moyens de lutte mécaniques ou physiques	58
1.7.2.1. – l’ensachage des fruits	58
1.7.2.2. – L’enlèvement des œufs à partir des fruits	58
1.7.3. – Moyens de lutte biologiques	59
1.7.4. – Moyens de lutte chimiques	59
Chapitre II - Matériel et méthodes	60
2.1. - Matériel animal	61
2.2. - Matériel végétal	61
2.2.1. Grenadier	61
2.2.2. Palmier dattier	63
2.2.3. <i>Vachellia farnesiana</i>	64
2.3. - Choix et description des stations d’étude (Région de M’Zab)	65
2.3.1. – Site 1 : Babaouaissa	66
2.3.2. – Site 2 : Bande verte de Noumérat	66
2.3.3. – Autres sites	67
2.4. - Méthodes adoptées sur le terrain et au laboratoire	67
2.4.1. - Méthodes utilisées sur le terrain	67
2.4.1.1. – Suivi de la dynamique des populations, lieu de ponte, lieu de pénétration des larves et leur hibernation	68
2.4.1.2. – Lieu de nymphose	69
2.4.1.3. – Taux de parasitisme	70
2.4.1.4. – Estimation du taux d’infestation	70
2.4.1.5. – Essai de quelques moyens de lutte contre le papillon du grenadier	72
2.4.1.5.1. – Lutte chimique	72
2.4.1.5.2. – Lutte physique	73
2.4.1.6. – Evaluation de l’effet répulsive par les hydrolats des plantes Aromatiques	74
2.4.1.7. – Test de l’effet de sucre sur la stimulation de la défense du grenadier	74
2.4.2. – Techniques employées au laboratoire	75
2.4.2.1. – Suivi du cycle biologique	75

2.4.2.2. – Méthode d'extraction de l'hydrolat	76
2.4.2.3. – Analyse statistique des résultats	76
Chapitre III – Résultats	77
3.1. – Actualisation de la répartition géographique de <i>Deudorix livia</i> en Algérie	78
3.2. – Plantes hôtes de <i>Deudorix livia</i> identifié en Algérie	79
3.3. – Bioécologie de <i>Deudorix livia</i> en Algérie	82
3.3.1. – Dynamique de populations (nombre de générations)	82
3.3.2. – Comportement de ponte chez les femelles	83
3.3.2.1. – Comportement de ponte sur les grenades	83
3.3.2.2. – Comportement de ponte sur les gousses de <i>V. farnesiana</i>	86
3.3.3. – Comportement de pénétration des larves	88
3.3.4. – Hivernation de <i>Deudorix livia</i>	88
3.3.5. – Lieu de nymphose de <i>Deudorix livia</i>	89
3.3.6. – Taux d'éclosion et causes de létalité des œufs de <i>Deudorix livia</i>	90
3.3.7. – Ennemis naturels et taux de parasitisme	92
3.3.8. – Hypothèse sur la stratégie de survi de <i>D. livia</i> à l'intérieur des palmeraies pendant chaque année de la période d'étude	96
3.4. – Dégâts provoqués par <i>Deudorix livia</i>	99
3.4.1. – Attaques dues aux <i>D. livia</i> sur <i>Punica granatum</i>	99
3.4.2. – Estimation des dégâts sur les dattes dus au <i>D. livia</i>	101
3.4.3. – Dégâts sur les gousses de <i>Vachellia farnesiana</i>	103
3.5. – Essais de lutte contre <i>Deudorix livia</i>	105
3.5.1. – Essai par la lutte chimique	105
3.5.2. – Essai de lutte Physique	106
3.5.3. – Effet répulsive par les hydrolats des plantes aromatiques	107
3.5.4. – Test de l'effet de sucre sur la stimulation de la défense du grenadier	109
3.5.5. – Proposition d'un programme de lutte intégrée (IPM) contre <i>Deudorix livia</i>	110
Chapitre IV – Discussion	112
4.1. – Discussion sur la répartition géographique de <i>Deudorix livia</i> à la limite de la partie Nord du Sahara septentrional algérien	113
4.2. – Discussion sur les plantes hôtes de <i>Deudorix livia</i> identifiées en Algérie	113
4.3. – Discussion sur la bioécologie de <i>Deudorix livia</i> en Algérie	114
4.3.1. – Discussion sur la dynamique de populations (nombre de générations)	114
4.3.2. – Discussions sur le comportement de ponte chez les femelles	115

4.3.2.1. – Discussions sur le comportement de ponte sur les grenades	115
4.3.2.2. – Discussions sur le comportement de ponte sur les gousses de <i>V. farnesiana</i>	116
4.3.3. – Discussions sur le comportement de pénétration des larves dans les grenades	117
4.3.4. – Discussions sur la forme d’hivernation de <i>Deudorix livia</i>	117
4.3.5. – Discussions sur les lieux de nymphose de <i>Deudorix livia</i>	118
4.3.6. – Discussions sur le taux d’éclosion et causes de stérilisation des œufs de <i>Deudorix livia</i>	118
4.3.7. – Discussions sur les ennemis naturels et le taux de parasitisme	119
4.3.8. – Discussions sur la stratégie de survivre de <i>D. livia</i> à l’intérieur des palmeraies	121
4.4. – Discussions sur les dégâts provoqués par <i>Deudorix livia</i>	122
4.4.1. – Sur les grenades	122
4.4.2. – Sur quelques variétés de dattes	123
4.4.3. – Sur les gousses de <i>Vachellia farnesiana</i>	124
4.5. – Discussions sur les essais de lutte contre le papillon du grenadier	125
4.5.1. – Discussion sur la lutte chimique	125
4.5.2. – Discussion sur la lutte physique par l’ensachage des fruits	125
4.5.3. – Discussion sur l’effet répulsif des hydrolats des plantes aromatiques	126
4.5.4. – Discussion sur l’effet de sucre sur la stimulation de la défense du grenadier contre le papillon du grenadier	127
4.5.5. – Discussion sur le programme de lutte intégrée (IPM) contre le papillon du grenadier	127
Conclusion et perspectives	129
Références bibliographiques	133
Résumés	145

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
01	Moyennes mensuelles des températures dans la région de Ghardaïa pour une période de 10 ans (2009 à 2018)	20
02	Moyenne mensuelle de la pluviométrie dans la région de Ghardaïa pour une période de 10 ans (De 2009 à 2018)	21
03	Humidité relative moyenne de l'air (%) dans la région de Ghardaïa pour une période de dix ans (De 2009 à 2018)	21
04	Vitesses maximales mensuelles des vents dans la région de Ghardaïa enregistrées pour une période de dix ans (De 2009 à 2018)	22
05	Liste des plantes hôtes primaires et secondaires où le <i>Deudorix livia</i> est observé ou bien est élevé au laboratoire	50
06	Plantes hôtes dont le papillon du grenadier est signalé en Algérie	80
07	Résultats du test post hoc de Dunn.	109
08	Programme de lutte intégrée (IPM) contre le papillon du grenadier	110

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
01	Carte géographique de la région de Ghardaïa	19
02	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) de la région de Ghardaïa pour une période de 10 ans (2009 à 2018)	23
03	Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon le climagramme pluviothermique d'Emberger (1955) modifié par Stewart (1969)	25
04	Adulte de <i>Deudorix livia</i>	30
05	Œuf de <i>Deudorix livia</i>	31
07	Schéma de la tête de larve de <i>D. livia</i>	32
08	Schéma de l'appareil buccal de la larve de <i>D. livia</i>	34
09	Schéma de la patte Thoracique de larve de <i>D. livia</i>	34
10	Schéma de (Proleg) Proto-patte de larve de <i>D. livia</i>	35
11	Schéma de la larve du premier stade	36
12	Schéma de larve du deuxième stade de <i>D. livia</i>	38
13	Schéma de larve de troisième stade <i>D. livia</i>	39
14	Schéma de larve de quatrième stade <i>D. livia</i>	40
15	Les différentes étapes de la nymphose de <i>D. livia</i>	42
16	Schéma de chrysalide de <i>D. livia</i>	42
17	Schéma de dimorphisme sexuel chez les chrysalides de <i>D. livia</i>	44
18	Images de l'adulte mâle (à gauche) vue dorsale 1 et ventral 2 et femelle (à droite), vue dorsale 3 et ventral 4	48
19	Schéma de la nervation alaire chez l'adulte mâle de <i>D. livia</i>	49
20	Dégâts de <i>D. livia</i> sur les grenades	55
21	Dégâts de <i>D. livia</i> sur les dattes	55
22	Le parasitoïde <i>Brachymeria brevicornis</i>	56
23	Le parasitoïde <i>Telenomus nizwaensis</i>	57
24	Schéma de <i>Vachellia farnesiana</i> et photos des différentes parties de l'arbre	64
25	Photo de la station Babaousaïssa	66
26	Photo de la station Noumérat	67

27	Photo de numérotation des fruits suivis sur le terrain	68
28	Schéma du protocole expérimental de test de nymphose	69
29	Examinassion des œufs de <i>D. livia</i> sous loupe binoculaire	70
30	Photo de la boîte du produit chimique utilisé Karate Ka	72
31	Photo des sacs en papier et en tissu et en tulle utilisé pour l'ensachage de fruits	73
32	Photos du protocole expérimental pour le suivi du cycle biologique des larves	75
33	Photo de la répartition géographique de <i>D. livia</i> en Algérie	78
34	Quelques lantes hôtes de <i>Deudorix livia</i> : (1) <i>Punica granatum</i> , (2) <i>Phoenix dactylefira</i> , (3) <i>Argania spinosa</i> , (4) <i>Vachellia tortilis</i> , (5) <i>Ficus carica</i> et (6) <i>Vachellia nilotica</i>	81
35	Dynamique de populations de <i>D. livia</i> sur <i>V. farnesiana</i>	82
36	Dynamique de populations de <i>D. livia</i> sur <i>P. granatum</i>	83
37	Répartition des pontes entre les quatre directions cardinales	84
38	Différentes parties de suivi des pontes sur la grenade (<i>Punica granatum</i>)	84
39	Répartition des pontes entre les sept parties de la grenade	85
40	Répartition des pontes entre les sept parties de la grenade selon les mois	86
41	Distribution des pontes entre les quatre points cardinaux de <i>V. farnesiana</i>	87
42	Différentes parties de suivi des pontes sur la gousse de <i>V. farnesiana</i>	87
43	Répartition des pontes entre les six parties de la gousse	88
44	Répartition des trous de pénétration des larves du 1 ^{er} stade sur la grenade	88
45	Le lieu potentiel pour l'hivernation de <i>D. livia</i> dans les oasis de l'Algérie	89
46	Les endroits de nymphose chez <i>Deudorix livia</i>	90
47	Taux d'éclosion des œufs et causes de létalité des œufs selon les stations	91
48	Taux d'éclosion des œufs et causes de létalité des œufs selon les mois	92
49	Emergence de <i>Trichogramma</i> sp. à partir des œufs de <i>D. livia</i>	92
50	Différence entre un œuf éclos (à gauche) et œuf parasité (à droite)	93

51	Taux de parasitisme dans les différentes stations d'étude	94
52	Taux de parasitisme en fonction des mois de l'année 2019	95
53	Représentation graphique de corrélation entre les œufs pondus et les œufs parasités	96
54	Cycle annuel de <i>D. livia</i> dans les oasis de l'Algérie	97
55	Synthèse de stratégie de subsistance de <i>D. livia</i> à l'intérieur des oasis	98
56	Symptômes des dégâts provoqués par <i>D. livia</i> sur les grenades avec les insectes ravageurs secondaires	99
57	Evolution du taux des dégâts sur les grenades	100
58	Comparaison des taux des dégâts sur les grenades entre 2018 et 2019	100
59	Symptômes de dégâts sur les dattes	101
60	Dattes tombées par terre suite aux attaques de <i>D. livia</i>	102
61	Taux des dégâts causés par <i>D. livia</i> sur les quatre variétés de dattes étudiées	103
62	Dégâts sur les gousses de <i>V. farnesiana</i>	104
63	Taux des dégâts sur <i>V. farnesiana</i> dans deux stations en 2018	104
64	Résultats de la lutte chimique par Lambda-Cyhalothrin	105
65	Mortalité de larve à cause de traitement chimique	106
66	Résultats de lutte physique par la méthode d'ensachage des fruits	107
67	Résultats de l'effet répulsif par les hydrolats des plantes aromatiques	108
68	Taux de ponte de <i>D. livia</i> sur les grenades en fonction des traitements avec des micro-doses de saccharose	109
69	Schéma de programme de lutte intégrée contre le papillon du grenadier	111

Liste des abréviations

T.min. = Température maximale ;

T.max = Température minimale ;

T. moy = Température moyenne

H% = Humidité relative

P = Pluviométrie

D.P.A.T. = Direction de la planification et de l'aménagement du territoire

S.A.U. = surface agricole utile

ANOVA = analyse de la variance

IPM = programme de lutte intégrée

Introduction

Introduction

Les oasis en Algérie se distinguent par un système de culture "en étage" qui se compose de trois strates distinctes (Toutain *et al.*, 1989). La strate arborée est représentée par du palmier dattier *Phoenix dactylifera* (Linné, 1793). La strate arbustive est composée de différentes espèces d'arbres fruitiers, notamment les agrumes et le grenadier *Punica granatum* L. La troisième strate, appelée herbacée, est constituée d'espèces de cultures céréalières et maraîchères (Toutain *et al.*, 1989). Ce système de culture, très diversifiée en espèces végétales, crée un environnement propice à la prolifération de bio-agresseurs, en particulier les ravageurs généralistes (Tirichine, 2010). Parmi ceux-ci, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) (Holland *et al.*, 2009) et *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae).

Parmi ces bioagresseurs, récemment en Algérie, le papillon du grenadier appelé *Deudorix livia* (Klug, 1834) ou par le synonyme *Virachola livia*. Cet insecte appartient à l'ordre de Lepidoptera et à la famille des Lycaenidae (Al-Quran, 2009).

Depuis son apparition en Algérie, ce ravageur a causé d'importants dégâts à la culture du grenadier. C'est ce qui nous a motivés à entreprendre la présente étude sur cette espèce.

Dans le monde, plusieurs travaux ont été réalisés sur cette espèce de papillon. Parmi eux, celui de Hanna (1939) en Egypte en effectuant une description détaillée de l'espèce ainsi que sa biologie. Par la suite, il a testé quelques méthodes de lutte. En 1970, Awadallah *et al.*, ont également réalisé une étude sur certaines caractéristiques bioécologiques de cette espèce en Égypte. Par la suite, des études ont été menées dans le domaine de la lutte contre ce ravageur en utilisant des biopesticides tels que le spinosad. Temerak et Sayed (2000) ont testé l'effet ovo-larvicide du spinosad envers ce ravageur sur la culture du palmiers dattier. Obeidat et Akkawi (2002) ont réalisé une étude en Jordanie sur la bioécologie, la dynamique de population et les dommages causés par ce ravageur sur le grenadier. Katbeh-Bader *et al.* (2003) ont également mentionné la présence de cette espèce en Jordanie. Müller *et al.* (2005) ont signalé cette espèce de papillon pour la première fois sur le continent européen en particulier à Chypre. Abbas *et al.* (2008) ont étudié l'effet des parasitoïdes indigènes et exogènes pour contrôler les populations de ce papillon à Oman. Gharbi (2010) a mené un élevage de ce papillon en laboratoire en Tunisie en utilisant deux plantes hôtes, le grenadier et le les gousses de *Vachellia farnesiana*. D'autres chercheurs qui ont travaillé sur les ravageurs du grenadier de manière générale ont mentionné *D. livia* dans leurs études, notamment Kozina *et al.* (2011) et Massimino Cocuzza *et al.* (2016). Une autre étude a été menée sur le

comportement de ce ravageur lors de la ponte de ses œufs sur les grenades à Oman (Mokhtar et Al Nabhani, 2016). En Tunisie, une étude a été réalisée sur les aspects moléculaires de l'espèce et sa bioécologie, en particulier sur le *Vachellia farnesiana* (Mkaouar *et al.*, 2016). Ali (2017) a réalisé quelques essais de lutte intégrée contre ce ravageur. Salwa *et al.*, (2019) ont proposé une nouvelle stratégie de lutte contre ce ravageur en utilisant un nouveau groupe d'ennemis naturels. Récemment, un nouveau parasitoïde très efficace appelé *Telenomus nizwaensis* a été enregistré dans son habitat naturel, attaquant les œufs de *D. livia* au sultanat d'Oman (Polaszek *et al.*, 2022).

En Algérie, les travaux sur cette espèce de papillon commencent à prendre de l'ampleur. Il est à noter l'étude de Beladis *et al.* (2018), qui a signalé pour la première fois la présence de l'espèce en Algérie et a examiné certains aspects de sa bioécologie. Ensuite, Almi *et al.* (2018), Almi *et al.* (2020) et Beddiaf *et al.* (2020) ont étudié divers aspects de sa bioécologie dans le Sahara algérien, en particulier à Ouargla et à Djanet. Haddad *et al.* (2020) ont également enregistré la présence de l'espèce à Tamanrasset.

Face à l'invasion spectaculaire de ce nouveau ravageur dans les oasis algériennes en général, et dans le Sahara septentrional en particulier, il a été décidé d'étudier la bioécologie de *Deudorix livia*.

Cependant, au tout début de l'étude, nous avons été confrontés à une rareté de données bibliographiques locales sur le papillon du grenadier depuis son arrivée en Algérie. C'est pourquoi, dans le cadre de la présente étude, il a été décidé le maximum d'aspect possible sur cette espèce, tels que la bioécologie de cette espèce de papillon y compris l'évaluation des dommages qu'il cause aux différentes plantes cultivées, et enfin de proposer quelques méthodes de lutte contre ce ravageur.

Le présent travail est structuré en une introduction, cinq chapitres et une conclusion. Le premier chapitre fournit des données bibliographiques sur la région d'étude, qui est la région du M'Zab. Le deuxième chapitre présente en détail une revue de la littérature sur le papillon du grenadier. Le troisième chapitre est consacré à la partie intitulée "matériel et méthodes", où sont présentées les stations d'étude, les manipulations au terrain et les techniques utilisées pour le traitement des résultats. Les résultats obtenus et leurs interprétations sont présentés dans le quatrième chapitre. Le cinquième chapitre est dédié aux discussions. En épilogue, une conclusion suivie par des perspectives de recherches pour l'avenir.

**Chapitre I – Monographie
bibliographique sur le papillon
du grenadier
*Deudorix livia***

Chapitre I – Monographie bibliographique sur le papillon du grenadier

Deudorix livia

Dans ce chapitre le papillon du grenadier est présenté avec sa position systématique, son origine biogéographique, sa répartition géographique, sa description morphologique et sa bioécologie, ses plantes hôtes, ses dégâts, ses ennemis naturels et les principales méthodes de lutte adaptées pour le contrôler.

1.1. - Position systématique de *Deudorix livia*

Cet insecte appartient à l'ordre des Lepidoptera, à la famille des Lycaenidae Leach, 1815, et à la sous-Famille des Theclinae Swainson, 1831 (Al-quran, 2009). Il appartient au genre de *Deudorix* Hewitson 1863. Parfois il est mentionné dans le genre *Virachola* par certains auteurs (Hanna, 1939; Awadallah *et al.*, 1970), mais en 2008, *Virachola* était considéré comme un sous-genre qui regroupe des espèces afrotropicales et appelé *Deudorix* (Brower, 2008). L'espèce a été appelée *Lycaena livia* Klug pour la première fois (Hanna, 1939), son nom a été changé vers *Virachola livia* Klug, 1834 mais actuellement il est appelé ***Deudorix livia* (Klug, [1834])** (Collins *et al.*, 2014) (Fig. 4). Il est appelé en anglais « pomegranate playboy » ou bien « pomegranate butterfly » c'est-à-dire le papillon du grenadier.



Figure 4 – Adulte de *Deudorix livia* (Originale)

1.2. - Origine et distribution géographique

Dans le monde, le papillon du grenadier est enregistré dans deux continents : en Afrique et en Asie, plus précisément au moyen orient et la péninsule arabique (KATBEH-BADER *et al.*, 2003). MÜLLER *et al.* (2005) ont précisé que son origine qui s'étend sur l'Afrique Sub-Saharien du Sénégal jusqu'au Kenya dans l'Est. Ensuite son aire de répartition est élargi vers l'Afrique du nord, où il a été signalé en Egypte (Hanna, 1939; Awadallah *et al.*, 1970; Abd-Ella, 2015) et en Lybie dans la région d'Al-Jabal Al-Khdar (Zaied Yahiya, 2014). Ce papillon est noté pour la première fois en Tunisie (2006) près de Gabès et Sidi Bouzid, sous le nom de *Virachola livia* (Ksentini *et al.*, 2011). Des analyses moléculaires des spécimens provenant du sud de la Tunisie ont permis la confirmation de l'espèce sous le nom du *Deudorix livia* (Mkaouar *et al.*, 2016). Dans les pays du Golf, cette espèce est présente en Arabie saoudite

(Elsayed et Bazaid, 2011; Sayed *et al.* 2015), Oman (Abbas *et al.*, 2008; Kinawy *et al.*, 2008) et pour le moyen orient, elle est signalée en Jordanie (Katbeh-Bader *et al.*, 2003; Al-Quran, 2009) et en Palestine (Zuhair *et al.* 2015). L'aire de répartition de cette espèce s'étend jusqu'en Europe, et plus précisément en Grèce (Müller *et al.*, 2005) et à Chypre (Kahramanoglu et Usanmaz, 2013).

1.3. - Description morphologique et bio écologie

La première description de l'espèce est faite par Klug en 1829 sous le nom de *Lycaena livia*.

1.3.1. – Œuf

L'œuf est en forme de dôme. Il est de couleur blanche crayeuse à reflet verdâtre et est orné de petites sculptures plus ou moins hexagonales (Fig. 5). La sculpture au centre de sa surface est plus large et beaucoup plus profonde. L'œuf mesure environ 0,73 mm de diamètre.



Figure 5 et 6 – Image et schéma de l'œuf de *Deudorix livia* (×65)
(EGG : Œuf ; GUM : Colle)

Pendant l'éclosion, la larve se fraye un chemin à travers le chorion coriace autour de la sculpture centrale. La tête apparaît d'abord, puis le corps est progressivement retiré de l'œuf. Ici, il n'y a pas d'organe spécial pour l'éclosion, les mandibules servent à faire l'ouverture par laquelle s'échappe la larve. Il semble que la larve ingère la partie du chorion par laquelle elle s'échappe, car la larve se retrouve toujours morte à l'intérieur de la coquille si les œufs sont pulvérisés lors du traitement chimique des fruits de la grenade (Hanna, 1939).

La période d'incubation dans les conditions de laboratoire en juillet est de 3 à 4 jours. Dans des conditions de laboratoire en novembre et décembre, la période est d'environ 10 jours (Hanna, 1939).

1.3.2. – Larve

Le papillon du grenadier possède quatre stades larvaires (Hanna, 1939). Dans la partie suivante, les différentes parties du corps de la larve sont décrites ainsi que les différents stades larvaires.

1.3.2.1. – Tête de la larve

La tête est grande et fortement chitinisée. La suture épicerânienne en forme de V est bien développée et l'épicerâne occupe la majeure partie de la face supérieure de la tête. Le front qui se trouve entre les deux bras de la suture épicerânienne est fortement chitinisé et porte à son bord antérieur le clypeus qui est une longue sclérite étroite à laquelle le labrum est articulé de manière mobile (Fig. 7).

L'épicerâne, à son extrémité antérieure, porte les antennes. Chacune est constituée de trois segments, le segment basal est membraneux et les deux autres sont légèrement chitinisés. Le segment apical porte deux soies, l'une courte et l'autre un peu plus longue. Les deux segments terminaux peuvent être rentrés dans le segment basal, qui à son tour peut être inversé à l'intérieur de la capsule céphalique par un espace circulaire au bord duquel la base du dernier segment est attachée. Les ocelles sont placés juste derrière les antennes. Ils sont au nombre de six, cinq d'entre eux sont disposés en demi-cercle et le 6^{ème} est au centre de ce demi-cercle.

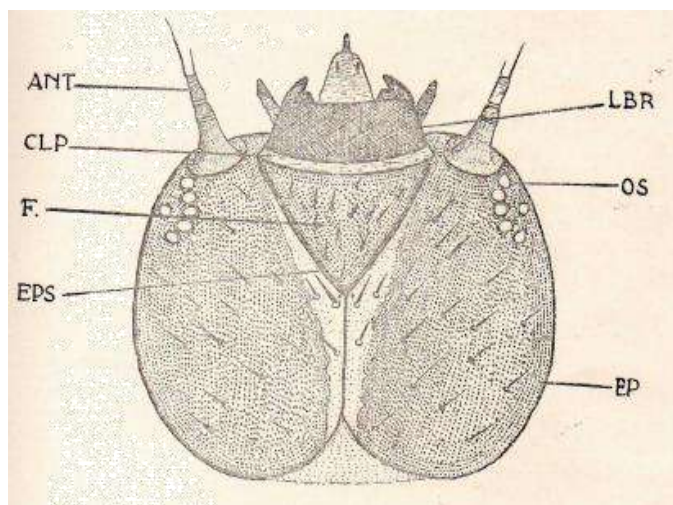


Figure 7 – Schéma de la tête de larve de *D. livia* (×25) (Hanna, 1939)
(ANT : Antenne ; CLP : Clypeus ; EP : Epicrâne ; EPS : Suture épicerânienne ; F : front ; LBR : labrum ; OS : ocelle)

1.3.2.2. – Pièces buccales de la larve

Selon Hanna (1939), les mandibules sont oblongues et fortement chitinisées, chacune a cinq dents pointues (Fig. 8). A la base, sur la surface interne, elle a un bouton qui s'emboîte dans la prise sur l'épicrâne. Sur la surface extérieure, elle présente une douille s'emboîtant sur un bouton de l'épicrâne, le maxillaire comprend :

- A) Le cardo qui est une petite sclérite en forme de Y fortement chitinisée ; le stipes repose et s'articule entre ses deux bras. Sa base s'articule en sclérite sur la face ventrale postérieure de la tête.
- B) Le stipe consiste en une longue sclérite étroite qui en a une autre semblable, perpendiculaire à elle, un peu en arrière de son extrémité antérieure.
- C) Les palpes maxillaires sont placés en avant du bras horizontal du stipe et ils sont au nombre de trois, l'un devant l'autre. Les deux basaux sont des anneaux incomplets et le 3ème est cylindrique.
- D) Les lobes maxillaires sont placés sur la face interne du deuxième palpe maxillaire et portent de petites soies courtes et épaisses.

Le Labium occupe la surface ventrale de la tête entre les maxillaires et se compose de :

- A) Le mentum est très grand et membraneux
- B) Le prémentum est constitué d'une sclérite quelque peu semi-circulaire, ses extrémités libres s'articulant à l'extrémité antérieure du stipes.
- C) Les palpigers sont deux sclérites semi-circulaires, un de chaque côté du prémentum, sur lesquels les palpes labiaux sont portés.
- D) Les palpes labiaux ont la forme d'un très petit cylindre, chacun composé d'un segment portant deux très petites épines.

1.3.2.3. – Thorax de la larve

Selon Hanna (1939), le thorax se compose de trois segments, le prothorax porte sur sa face dorsale une planche plate chitineuse qui est placée transversalement et présente un léger rétrécissement dans la partie médiane et est au mieux avec de nombreux poils longs comme il sera mentionné plus loin. Il est de grande importance dans la détermination de stade de la larve. Chaque segment porte une paire de pattes coniques composées de trois segments, le terminal a une griffe en forme de crochet et il est fortement chitinisé. Il est très large à la base puis s'amincit brusquement (Fig. 9).

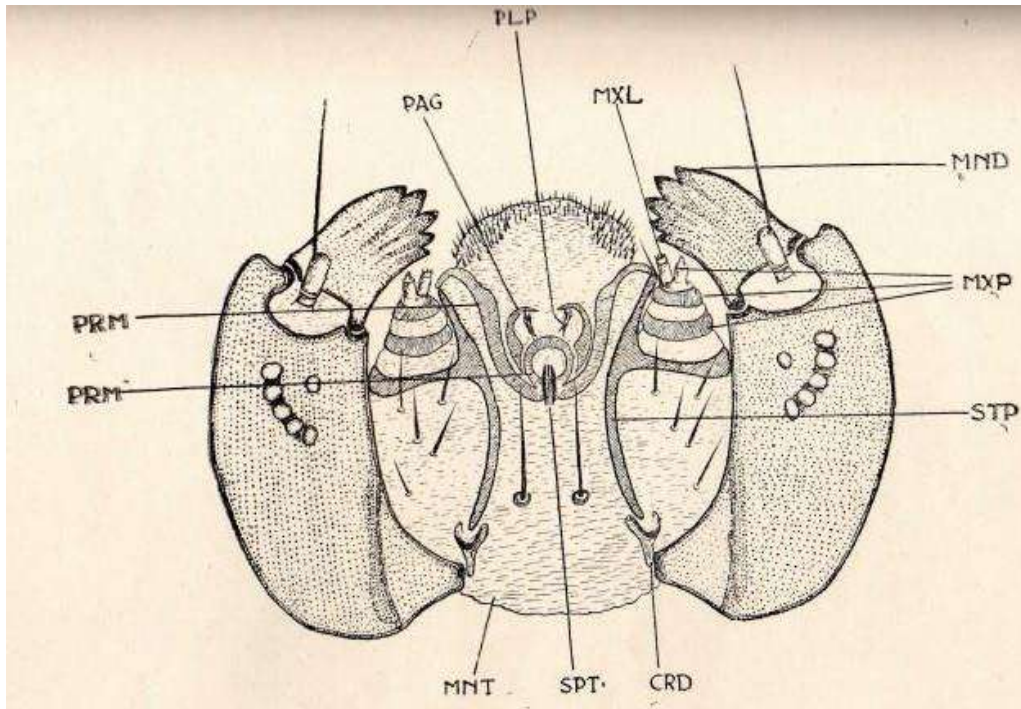


Figure 8 – Schéma de l'appareil buccal de la larve de *D. livia* ($\times 140$) (Hanna, 1939)
 (CRD : Cardo ; MND : Mandibule ; MNT : Mentum ; MXL : Palpes maxillaires ; MXP : Lobes maxillaires ; PAG : Palpiger ; PLP : Palpe labial ; PRM : Prémentum ; SPT : Spinneret ; STP : Stipes).

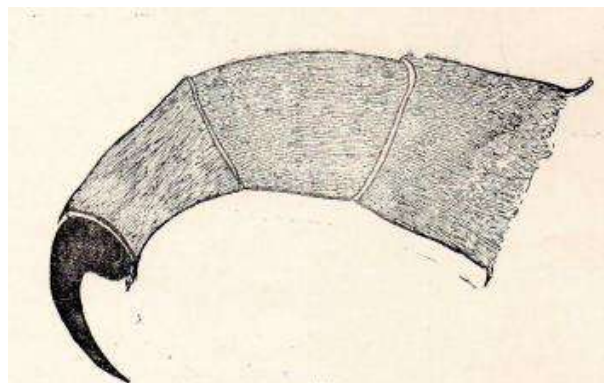


Figure 9 – Schéma de la patte Thoracique de larve de *D. livia* ($\times 90$)
 (Hanna, 1939)

1.3.2.4. – Abdomen de la larve

Selon Hanna (1939), l'abdomen a sept segments apparents. La face dorsale de chaque segment porte des poils nettement disposés, certains sont longs et d'autres courts. La face dorsale du dernier segment apparent est fortement chitinisée et inclinée à 45° par rapport à l'horizontale médiane. Il a de très longs poils bien disposés autour de sa marge. À l'intérieur de la marge, il est assailli d'un nombre énorme de poils courts et épais. A son extrémité

antérieure de chaque côté de la ligne médiane, il y a trois plaques membraneuses rondes entourés d'un rebord de chitine épaisse. Il semble probable que l'un d'eux disparaît dans les derniers stades de la larve, et les deux autres qui sont en contact l'un avec l'autre, semblent se déplacer avec ceux de l'autre côté vers la ligne médiane pour former les quatre ouvertures des glandes à sucre.

En plus de cela, il porte également une plaque ronde de chitine recouverte de poils et n'apparaît qu'au premier stade larvaire.

Un examen plus approfondi de ce segment montre que sa surface ventrale est subdivisée en quatre segments par des sillons transversaux, situés verticalement. Par conséquent, l'abdomen se compose de dix segments.

L'abdomen porte cinq paires de fausses pattes, les quatre premières paires sont portées par les 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème} et le 6^{ème} segments abdominaux, le 5^{ème} paire est sur le segment terminal. Chaque patte abdominale est plus ou moins charnue, rétractile et en forme de dôme ; le sommet du dôme ou planta porte deux séries de crochets ou de livres. De plus, il y a un cylindre charnu inséré à la base de proleg (Proto-patte) sur le côté extérieur, et sert de ventouse qui aide la larve à déplacer sur une surface vitreuse (Fig. 10).

Il a été remarqué que lorsque la larve du premier stade se déplace sur la peau de la grenade, elle tisse de très fins fils de soie à la surface auxquels s'accrochent les griffes des pattes thoraciques lors du déplacement.

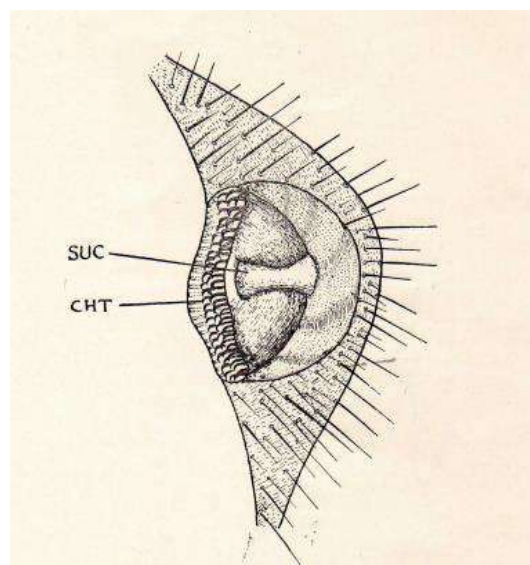


Figure 10 – Schéma de (Proleg) Proto-patte de larve de *D. livia* (×90)
(Hanna, 1939) (CHT : Crochet ; SUC : ventouse)

1.3.2.5. – Premier stade larvaire

Il mesure 1,425 mm de longueur et 0,375 mm de largeur. La durée moyenne de ce premier stade est de 2,5 jours en juin et juillet dans les conditions du laboratoire (Hanna, 1939), (Fig. 11).

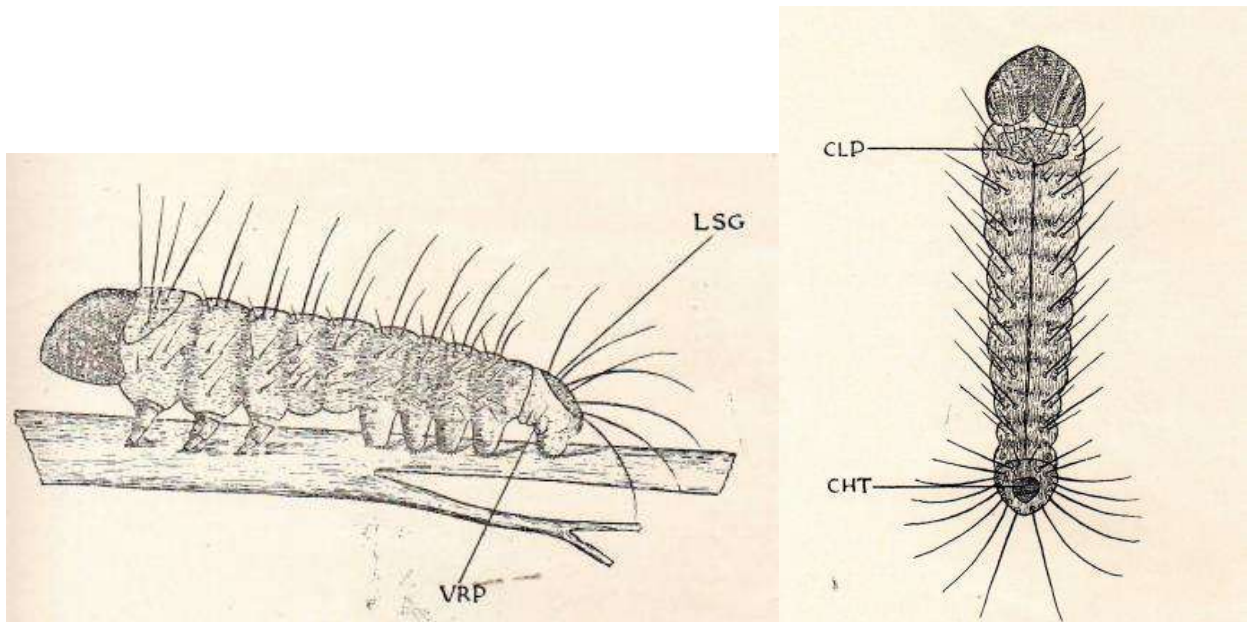


Figure 11 – Schéma de la larve du premier stade ($\times 70 / \times 65$) (Hanna, 1939)
(LSG : Segment terminal apparent ; VRP : Sillon vertical ; CHT : Disque chitineux ;
CLP : Plaque prothoracique chitineuse)

Selon Hanna (1939), les larves qui éclosent des œufs pondus à l'intérieur du calice ne creusent pas directement à travers la base du calice car l'écorce de cette partie est très épaisse et les larves seraient affamées au moment où elles atteindraient les graines; ils se déplacent donc généralement pour trouver un endroit approprié pour creuser.

Il a été remarqué que la larve en fouillant, coupe la peau par les mandibules et rejette de sa bouche de toutes petits morceaux de peau, et quand le terrier est profond la larve sort en surface pour jeter la peau et rentre de nouveau et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elle atteigne les graines. Au début, il a été affirmé que la larve peut digérer en partie la peau rejetée. Pour éclaircir ce point, des sections ont été coupées dans cette peau rejetée et lorsqu'elles ont été examinées au microscope, les cellules se sont avérées non digérées car les parois cellulaires n'étaient pas affectées et le protoplasme était toujours vivant.

Une fois que la larve a traversé la peau du fruit, elle commence à se nourrir, d'abord sur la couche charnue externe du tégument, puis elle se fraye un chemin à travers le tégument interne jusqu'au centre de la graine. Aux premiers stades de la croissance des fruits de la grenade, le tégument interne est très mou et renferme un liquide visqueux blanc dont la larve se nourrit en grande partie, mais plus tard, lorsque les fruits mûrissent, le tégument interne est très dur et ligneux, de sorte que la larve se limite à la couche extérieure charnue pour sa nourriture. La larve consomme de nombreuses graines; on la voit parfois se déplacer d'un fruit à l'autre s'ils sont en contact les uns avec les autres.

Chez le *Vachellia farnesiana*, la larve ne se nourrit pas du péricarpe vert des gousses. Il ne se nourrit que des graines à l'intérieur. Il est intéressant de noter que lorsque la larve consomme une graine, elle se déplace à l'intérieur de la gousse vers l'autre; mais chez l'*Acacia nilotica* où les gousses sont parfois resserrées et chaque constriction contient une seule graine, la larve après avoir consommé une graine, se déplace à la surface de la gousse vers l'autre constriction, puis creuse à travers le péricarpe jusqu'à la graine et ainsi de suite.

Lorsque les fruits des dattes sont immatures, la larve se nourrit de la chair ainsi que des graines qui sont alors molles, mais lorsqu'elles sont sur le point de mûrir et que les graines sont dures, elles ne se nourrissent que de la chair et on remarque qu'elles creusent juste sous la peau. Encore une fois, dans ce cas aussi, ils se débarrassent de la peau des dattes sans s'en nourrir.

1.3.2.6. – Deuxième stade larvaire

Selon Hanna (1939) la larve du deuxième stade mesure 4 mm de longueur et 0,8 mm de largeur. Sa durée moyenne dans de laboratoire est également de 2,5 jours. Les poils sur le corps sont beaucoup plus courts que ceux du premier stade. La plaque ronde sur le dernier segment apparent n'existe plus, et l'ouverture des glandes à sucre apparaît maintenant vers la face dorsale antérieure de ce segment (Fig. 12).

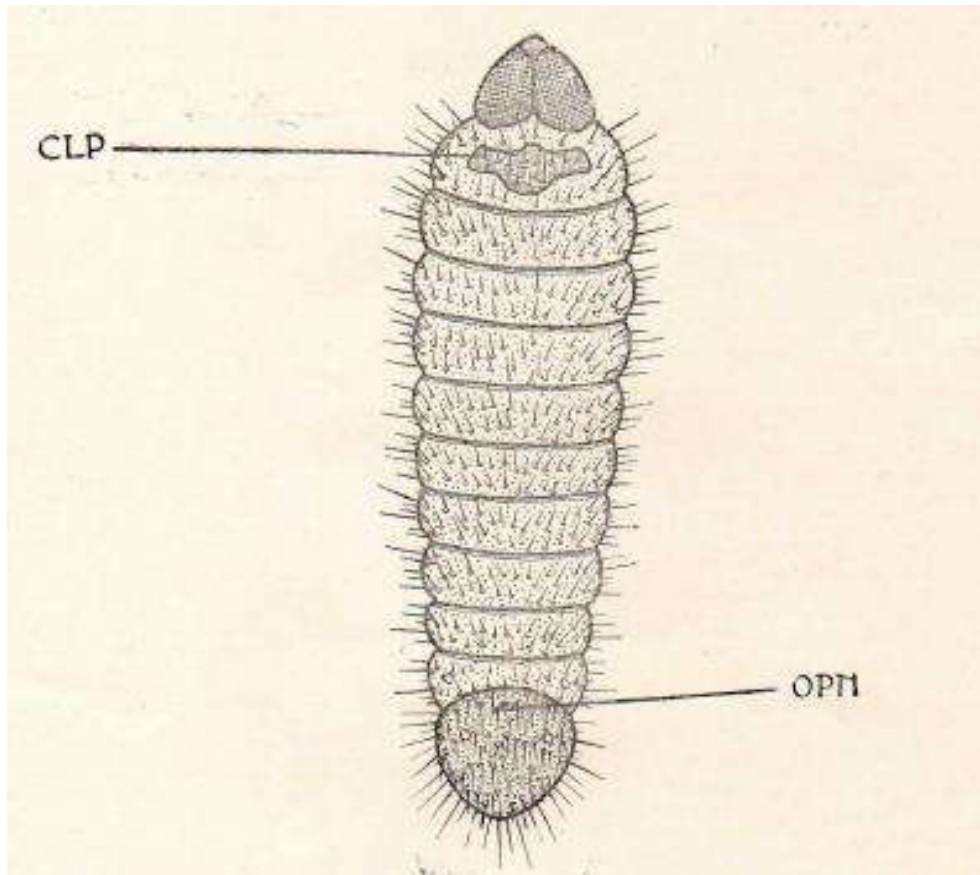


Figure 12– Schéma de larve du deuxième stade de *D. livia* (×25) (Hanna, 1939)
(CLP : Plaque prothoracique chitineuse ; OPN : Ouverture de la glande à sucre)

1.3.2.7. – Troisième stade larvaire

Selon Hanna (1939), la larve du troisième stade mesure environ 8,5 mm de longueur et 1,5 mm de largeur. Sa durée moyenne est d'environ 3 jours. Elle est similaire à la larve du deuxième stade, seuls les poils de la surface dorsale sont disposés en plaques de part et d'autre de la ligne médiane. La plaque prothoracique montre maintenant le premier signe de division en deux par une courte fente médiane, qui n'apparaît qu'à l'extrémité antérieure (Fig. 13).

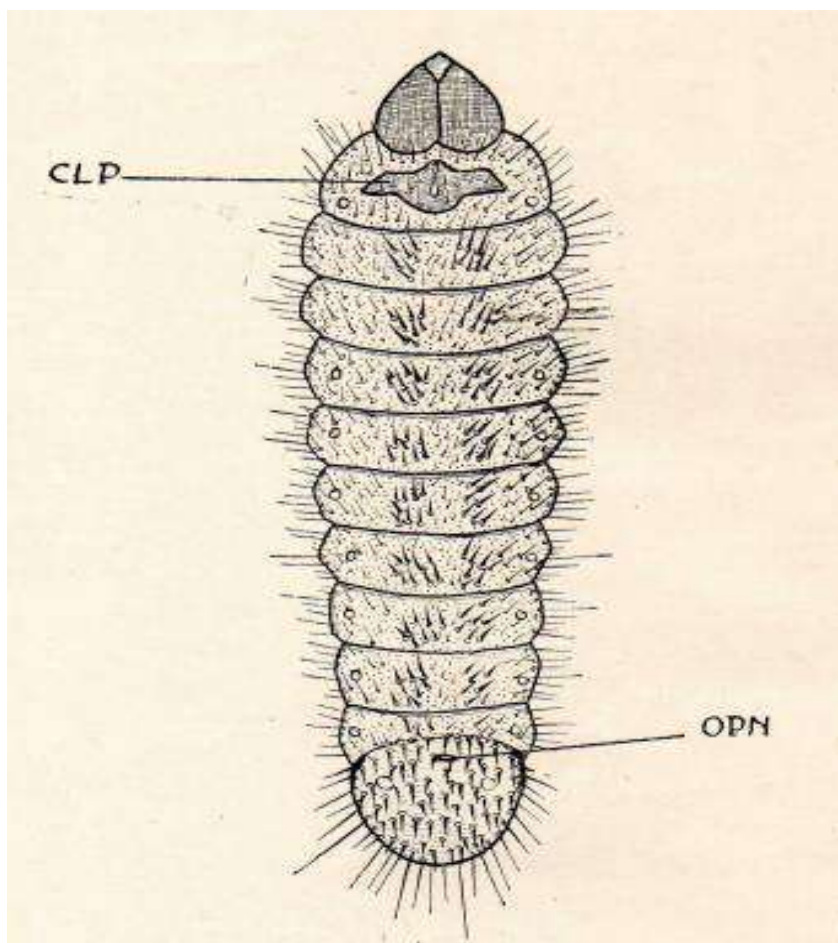


Figure 13 – Schéma de larve de troisième stade *D. livia* (×14) (Hanna, 1939)
(CLP : Plaque prothoracique chitineuse ; OPN : Ouverture de la glande à sucre)

1.3.2.8. – Quatrième stade larvaire

Selon Hanna (1939), la larve du quatrième stade mesure environ 12,5 mm de longueur et environ 4 mm de largeur. Sa durée est d'environ 6 jours. La plaque prothoracique est maintenant complètement divisée en deux. Sa morphologie est similaire à celle de la larve de deuxième stade à l'exception de la taille (Fig. 14). Au total, tous les stades larvaires durent en moyenne environ 14 jours.

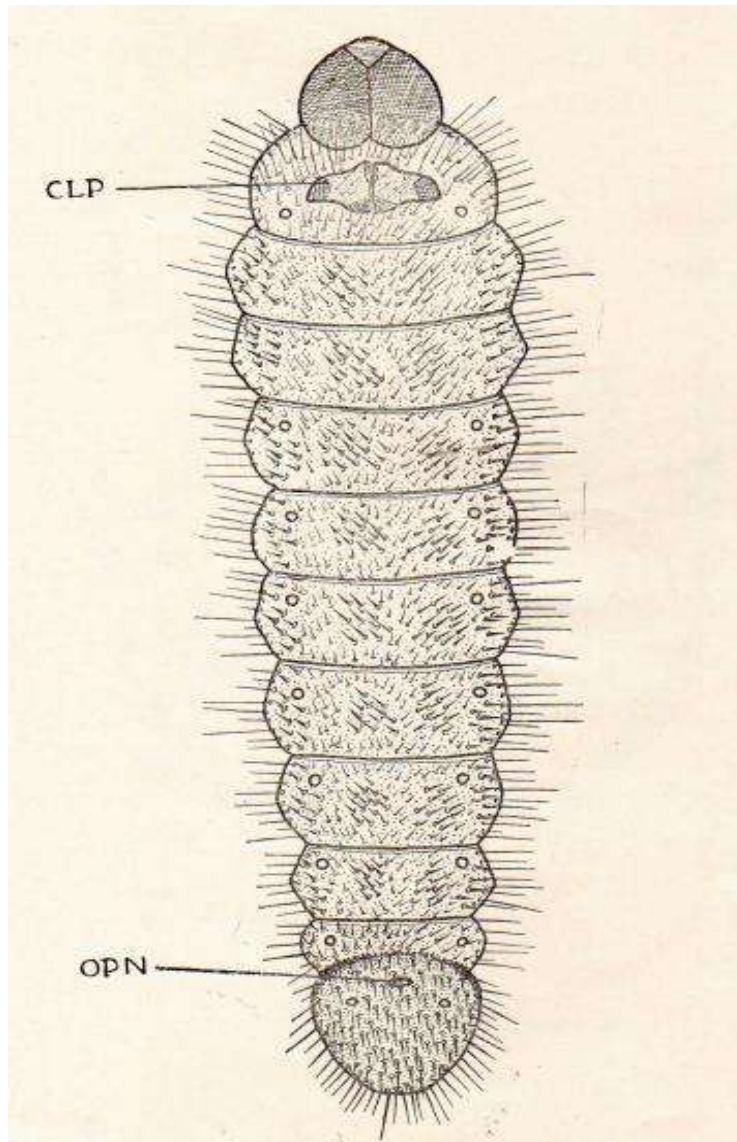


Figure 14 – Schéma de larve de quatrième stade *D. livia* (×18) (Hanna, 1939)
(CLP : Plaque prothoracique chitineuse ; OPN : Ouverture de la glande à sucre)

1.3.2.9. – Couleur de la larve

Selon Hanna (1939), la larve est d'abord brune clair au début et lorsqu'elle commence à se nourrir sa couleur se différencie selon sa plante hôte. La larve vivant sur la grenade est généralement rose clair avec une teinte brune foncée ; et celle qui vit sur *Acacia* est généralement vert clair. Après chaque mue, les parties chitineuses sont presque blanches, et elles deviennent progressivement foncées jusqu'elles deviennent brun très foncé.

1.3.2.10. – Glande à sucre

Selon Hanna (1939), si la larve du dernier stade est stimulée doucement avec une aiguille, une goutte de liquide apparaît bientôt sur le côté dorsal près du centre du dernier segment apparent à travers une ouverture elliptique. La dissection montre qu'il y a une paire de glandes de chaque côté du cœur dans le segment terminal, ces glandes oblongues forment une constriction profonde le long de leur parcours. Vers l'extrémité postérieure, chacune est étirée pour former un col qui se termine par un anneau chitineux.

Elles débouchent toutes sur un réservoir commun dont le bord libre est soutenu par deux sclérites plus ou moins semi-circulaires articulées aux deux extrémités à l'épaisseur du segment terminal. Ces sclérites peuvent se déplacer l'une vers l'autre, fermant ainsi l'ouverture, et lorsqu'elles se détournent, elle s'ouvre. On voit souvent des fourmis lécher cette ouverture. L'attrance des fourmis pour ce liquide suggère sa nature sucrée.

1.3.2.11. – Sexe de la larve

Selon Hanna (1939), il n'y a aucune indication sur le sexe de la larve de l'extérieur, la dissection montre cependant que les sexes sont séparés. Chez la larve mâle, il y a deux testicules sur la face dorsale des deux côtés du cœur. Chacun est ovale et en forme de rein et possède quatre follicules. Les canaux génitaux sont tous absents.

Chez la femelle, il y a deux ovaires. Ils sont de forme elliptique et divisés longitudinalement en trois sections. L'extrémité antérieure de chacun est tirée pour former un filament, qui est attaché à la surface dorsale du 2^{ème} segment abdominal. A son extrémité postérieure se trouve un très long filament mince qui semble être le canal génital embryonnaire. Il se termine en arrière à l'extrémité antérieure du dernier segment abdominal apparent.

1.3.3. – Stade pre-chrysalide (pre-pupe)

Selon Hanna (1939), lorsque la larve atteint sa maturité, elle cesse de se nourrir, retire ses pattes et devient plus courte, plus épaisse et ridée (Fig. 15). Une légère constriction apparaît en arrière du métathorax et finalement elle jette sa peau. La déhiscence de la peau s'effectue le long de la ligne dorsale médiane du thorax et la peau se rétracte au fur et à mesure qu'elle se dessèche et passe progressivement à l'extrémité postérieure de la chrysalide (Fig. 16). La pupa n'a pas de cocon et est toujours fixée à sa place par un fil fin, et qui passe entre l'abdomen et le thorax. Il y a aussi un épais coussinet de soie à l'intérieur de la surface des gousses ou de la grenade des deux côtés de la chrysalide, auquel le fil est attaché des deux côtés. Cette disposition maintient la chrysalide en position. La pupaison a généralement lieu à l'intérieur des fruits, parfois bien que rares, les larves du dernier stade migrent vers le calice des fruits de grenade où elle fait sa nymphose.

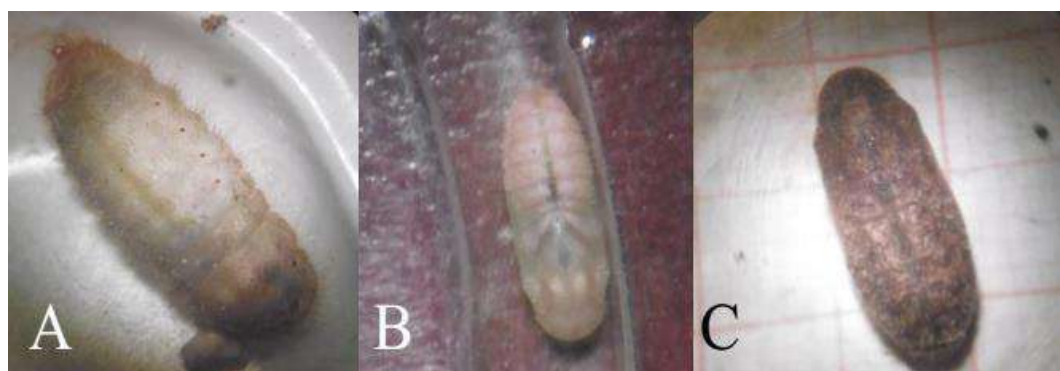


Figure 15 – Les différentes étapes de la nymphose de *D. livia*. (A) : Pre-pupe ; (B) : Chrysalide blanche fraîchement muée ; (C) : Chrysalide âgée. (Almi *et al.*, 2018)

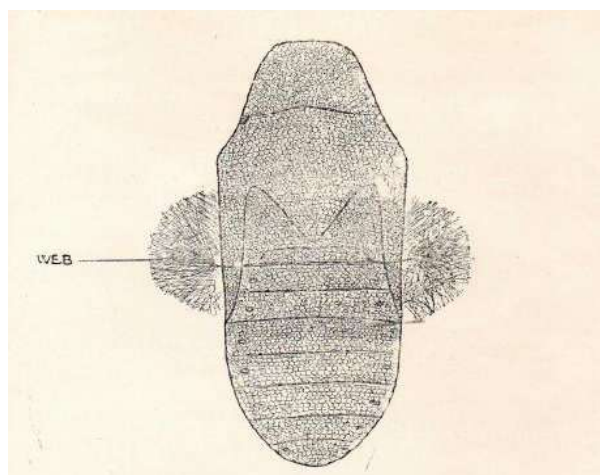


Figure 16 – Schéma de chrysalide de *D. livia* (vue dorsale) (×9)
(Hanna, 1939) (WEB : Toile)

1.3.4. – Nymphe

Selon Hanna (1939), la chrysalide, après la déhiscence de la peau larvaire, elle est blanche avec une teinte verte très claire. Ensuite, la couleur devient de plus en plus foncée jusqu'à devenir brun très foncé. Sa longueur est d'environ 1,2 cm et sa largeur environ 5 mm à la partie la plus large. Les sclérites de la tête sont tous fusionnés. Les pièces buccales rudimentaires et les yeux sont bien distincts. Chaque antenne part de la partie antérieure de la tête, puis est dirigée vers l'extérieur, et enfin vers l'intérieur pour rencontrer son congénère de l'autre côté sur la ligne médiane à la partie postérieure du corps. Ils entourent les pattes antérieures, médianes et postérieures. Vers leurs côtés extérieurs, les deux ailes antérieures sont situées. Les trois segments du thorax sont clairs sur la face dorsale.

Ventralement, ils sont couverts des ailes, des pattes et des antennes. Le spiracle thoracique est situé entre le pro et le mésothorax sur les côtés latéraux. L'abdomen a huit segments apparents, dont seulement cinq apparaissent sur la face ventrale. Sept paires de stigmates sont présentes du 2^{ème} au 8^{ème} segment abdominal.

Chez la pupe femelle, sur la face ventrale, il y a une invagination dans la ligne médiane du 4^{ème} segment abdominal apparent, qui semble être l'ouverture de la bourse copulatrice (Fig. 17). Le segment mentionné ci-dessus est continu chez la pupe mâle. On peut ainsi différencier la pupe mâle et femelle par la présence ou l'absence de l'invagination précitée.

L'anus est une longue fente située transversalement au segment terminal.

La durée moyenne de la chrysalide mâle dans les conditions de laboratoire en juillet est de sept jours, et celle de la femelle est de huit jours. En janvier elle dure environ 54 jours et en février 24 jours, au laboratoire.

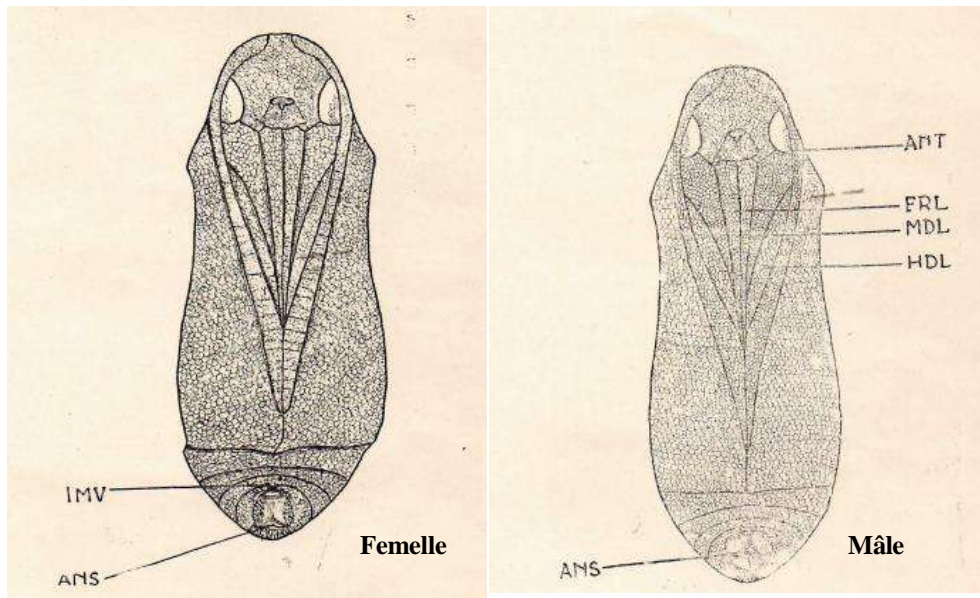


Figure 17 – Schéma de dimorphisme sexuel chez les chrysalides de *D.livia* (×9)
(Hanna, 1939)

(ANT : Antenne ; ANS : Anus ; FLR : Pattes antérieurs ; MDL : Pattes médianes ; HDL : Pattes postérieures ; IMV : Invagination)

1.3.5. – Adulte

Lors de l'émergence, l'adulte pousse sa tête à travers la peau de la pupa à travers laquelle l'adulte apparaît.

1.3.5.1. – Femelle

Selon Hanna (1939), elle est de couleur brune foncée avec une teinte bleutée qui s'assombrit à l'angle huméral des ailes. Les bords apical et anal des deux ailes sont bordés de franges blanches ou de poils courts. Le thorax et l'abdomen ainsi que la marge de l'aile antérieure vers son angle huméral, et la plupart des parties postérieures des ailes postérieures sont couvertes de longs poils blancs ; il y a aussi une ligne noire intérieure et parallèle aux marges apicales des ailes.

Trois taches rondes noires apparaissent près de la marge postérieure apicale. Une entre le Cu₁ et le Cu₂, le deuxième entre Cu₂ et A₁ et le troisième entre A₁ et A₂. La veine Cu₂ est produite en une longue queue noire et mince qui est blanche à l'extrémité.

La face inférieure des ailes est gris cendré avec des lignes transversales, brisées, incurvées et étroites qui sont transversalement divisées en deux parties, l'extérieur est blanche et l'intérieur est brun foncé. Ces lignes sont plus abondantes sur les ailes postérieures. Les taches noires mentionnées ci-dessus sur la surface supérieure de l'aile postérieure apparaissent un peu plus

grandes. La partie antérieure est noire et entourée d'un croissant jaune orangé sur sa face interne. Celui du milieu est bleu vif. La partie postérieure est noire avec une tache vert vif sur sa face interne. Il y a aussi deux très petites taches noires, chacune entourée d'un cercle blanc à l'angle où le Sc et le R₁ se rejoignent et l'autre entre les deux tiges de la M et le Cu.

La femelle mesure environ 30 mm d'envergure, et 12 mm de la tête au bout de l'abdomen.

1.3.5.2. – Organes reproducteurs externes féminins

Selon Hanna (1939), il y a neuf segments abdominaux apparents; les 8^{ème} et 9^{ème} sont légèrement modifiés pour former l'ovipositeur. La membrane segmentaire entre les 7^{ème} et 8^{ème} segments et celle entre le 8^{ème} et le 9^{ème} sont très longues pour permettre le télescopage de l'ovipositeur pendant le processus de ponte. Le 8^{ème} segment a une longue sclérite chitineuse de chaque côté vers sa surface ventrale et est dirigé vers l'avant. Cette sclérite sert à l'attache de deux ensembles de muscles, l'un dirigé vers l'arrière, dont la contraction pousse le 8^{ème} segment abdominal vers l'arrière, l'autre est dirigé vers l'avant et sa contraction ramène ce segment à sa position de repos.

Le 9^{ème} segment est en partie caché à l'intérieur du 8^{ème} et se divise longitudinalement et verticalement sur la ligne médiane en deux, qui embrassent le vagin de part et d'autre et sont recouverts de poils articulés. L'ouverture vaginale est entourée de muscles circulaires et est située entre les deux moitiés du 9^{ème} segment juste à côté de son extrémité postérieure. Il envoie vers sa face ventrale, une très longue sclérite dirigée vers le haut et vers l'avant jusqu'à l'extrémité antérieure du 8^{ème} segment. Elle sert à l'attachement d'un ensemble de muscles qui est dirigé vers l'arrière et attaché à l'extrémité postérieure du 8^{ème} segment. La contraction de ces muscles fait sortir le 9^{ème} segment. Deux autres ensembles de muscles de chaque côté, un dorsal et un ventral, procédant du 9^{ème} au 8^{ème} segment, dont leur contraction sert à ramener le 9^{ème} segment à son lieu de repos.

1.3.5.3. – Mâle

Selon Hanna (1939), le dessus des ailes est rouge brique. La zone apicale et humérale de l'aile antérieure et la marge anale de l'aile postérieure sont de couleur brun foncé. Les poils marginaux qui sont blancs chez la femelle et les poils longs de la zone anale de l'aile postérieure sont brun très foncé. La tache noire postérieure et la queue de l'aile postérieure ressemblent à celles de la femelle. Les deux autres taches noires de la femelle ne sont pas

aussi distinctes. La face inférieure des ailes est semblable à celles de la femelle qui ne sont pas si distinctes, mais de couleur beaucoup plus foncée.

Il y a un ensemble de poils longs et épais, une brosse dont le diamètre est uniforme et qui s'attache au bord de la marge anale vers le milieu et passe sous l'aile antérieure.

La présence de cette brosse dans l'aile antérieure du mâle suggère seulement qu'elle a une signification sexuelle, et en examinant l'aile postérieure une zone sombre apparaît entre le S_c + R_1 et le M_1 qui sous le fort grossissement du microscope se révèle avoir de nombreuses cellules chacun avec un pore central ; il semblerait donc que ces cellules sécrètent un liquide qui a une odeur, et lorsque la brosse entre en contact avec elle, cela aide à diffuser l'odeur et ainsi la femelle est attirée par le mâle.

1.3.5.4. – Organes reproducteurs externes masculins

Selon Hanna (1939), il y a huit segments abdominaux apparents chez le mâle. Le 9^{ème} segment est couvert par le huitième et s'appelle "*Tegumen*". Il est constitué d'un anneau de chitine dont la face ventrale est très étroite avec des bords épaissis. La face dorsale est très large. La partie postérieure appelée *Uncus* est produite ventralement de chaque côté pour former une sclérite. Son extrémité libre est fortement chitinisée pour former une sorte de bourrelet auquel s'articulent les fermoirs. Les fermoirs sont des épines fortement chitinisées incurvées vers l'intérieur pour former des crochets.

Le *vinculum*, à sa base, a une plaque chitineuse très étroite attachée à son extrémité antérieure. Il est si petit qu'il peut facilement passer inaperçu.

Sous l'*Uncus* se trouve un mince tube transparent, le rectum, qui se termine par l'anus. Sa paroi supérieure est soutenue par l'*Uncus* et sa face inférieure par le sous-scaphium de Pierce qui est une plaque très longue, fine et chitinisée attachée au rectum près de l'anus sur sa face inférieure.

L'*Uncus* et le sous-scaphium ont généralement été considérés comme le tergum et le sternum du 10^{ème} segment abdominal.

L'*Edaeagus* se compose de trois parties :

1) La partie antérieure de l'*Edaeagus* est constituée d'un bulbe rectangulaire qui semble rempli d'un liquide. Lorsqu'ils sont colorés par le carmin de borax, quelques taches colorées apparaissent, qui semblent être l'attachement de muscles courant d'une paroi à l'autre du bulbe. La contraction de ces muscles semble provoquer la saillie du tube interne dont il sera mentionné plus loin.

2) La gaine externe est une structure fortement chitinisée sous la forme d'un tube en arrière et d'un sillon chitineux en avant au-dessus duquel se trouve le bulbe.

3) La gaine interne est légèrement chitinisée. Son extrémité postérieure est fusionnée avec l'extrémité de la gaine externe. Près de son extrémité postérieure, il porte quelques épines sur sa paroi supérieure. Ce tube est en continuité avec le conduit éjaculateur qui chemine au contact de la surface supérieure du bulbe puis il se réfléchit vers l'avant pour rejoindre la gaine interne.

A l'extrémité postérieure du bulbe, il y a deux plaques chitineuses très fines, l'un est fusionné avec la surface supérieure de la gaine interne et est dirigé vers l'arrière, puis vers le haut pour fusionner avec la paroi dorsale de la gaine externe. L'autre plaque est fusionnée avec la surface inférieure de la gaine interne et s'étend vers le bas, puis vers l'arrière pour fusionner avec la paroi ventrale de la gaine externe. Lorsque les muscles du bulbe se contractent, le fluide enfermé à l'intérieur semble repousser les plaques susmentionnées vers l'arrière, et comme elles sont reliées à la gaine interne, la pression du fluide sur elles provoquera l'éversion de la gaine interne. Il est ramené à sa position de repos par un muscle qui s'insère à l'extrémité antérieure de la gaine interne d'une part et à l'extrémité du sillon chitineux de la gaine externe d'autre part.

Vers le milieu de l'*Edaeagus*, il y a un tube fortement chitinisé, qui est incomplet sur la face dorsale. Il sert à l'attachement des muscles qui sont mentionnés ci-dessous.

Les muscles qui font bouger l'*Edaeagus* sont au nombre de deux :

1) Le muscle "protracteur" s'étend de la pointe antérieure cannelée de la gaine de l'*Edaeagus* à la partie dorsale de l'*Uncus*. La contraction de ce muscle fait sortir l'*Edaeagus*.

2) Le muscle "rétracteur" est inséré vers l'extrémité postérieure du tube incomplet précité d'une part et vers la partie dorsale de l'*Uncus* d'autre part. La contraction de ce muscle ramène l'*Edaeagus* à son lieu de repos.

1.3.5.5. – Nervation des ailes

Selon Hanna (1939), il a été jugé souhaitable d'étudier la nervation des ailes car elle offre des caractères d'une grande importance taxonomique. Il est important de déterminer la nervation alaire du stade nymphal par l'étude de leurs trachées qui précèdent les nervures. D'après les figures de l'aile antérieure de l'adulte et de la nymphe, on verra que le S_c , R_1 , R_2 , R_3 et R_{4+5} sont les mêmes chez la nymphe et l'adulte. Le tronc principal de la M qui est très distinct chez la chrysalide a disparu chez l'adulte. La veine M_1 , qui était séparée dans la chrysalide, a rejoint le R juste avant qu'elle ne dégage la branche principale de R_3 et R_{4+5} de telle manière qu'elle ressemble à une branche de R . La M_3 a également rejoint Cu_1 , et ressemble à une branche de Cu . Le Cu a deux branches chez la nymphe et l'adulte. La veine "A" a deux branches dans la nymphe mais une disparaît dans l'imago (Fig. 18).

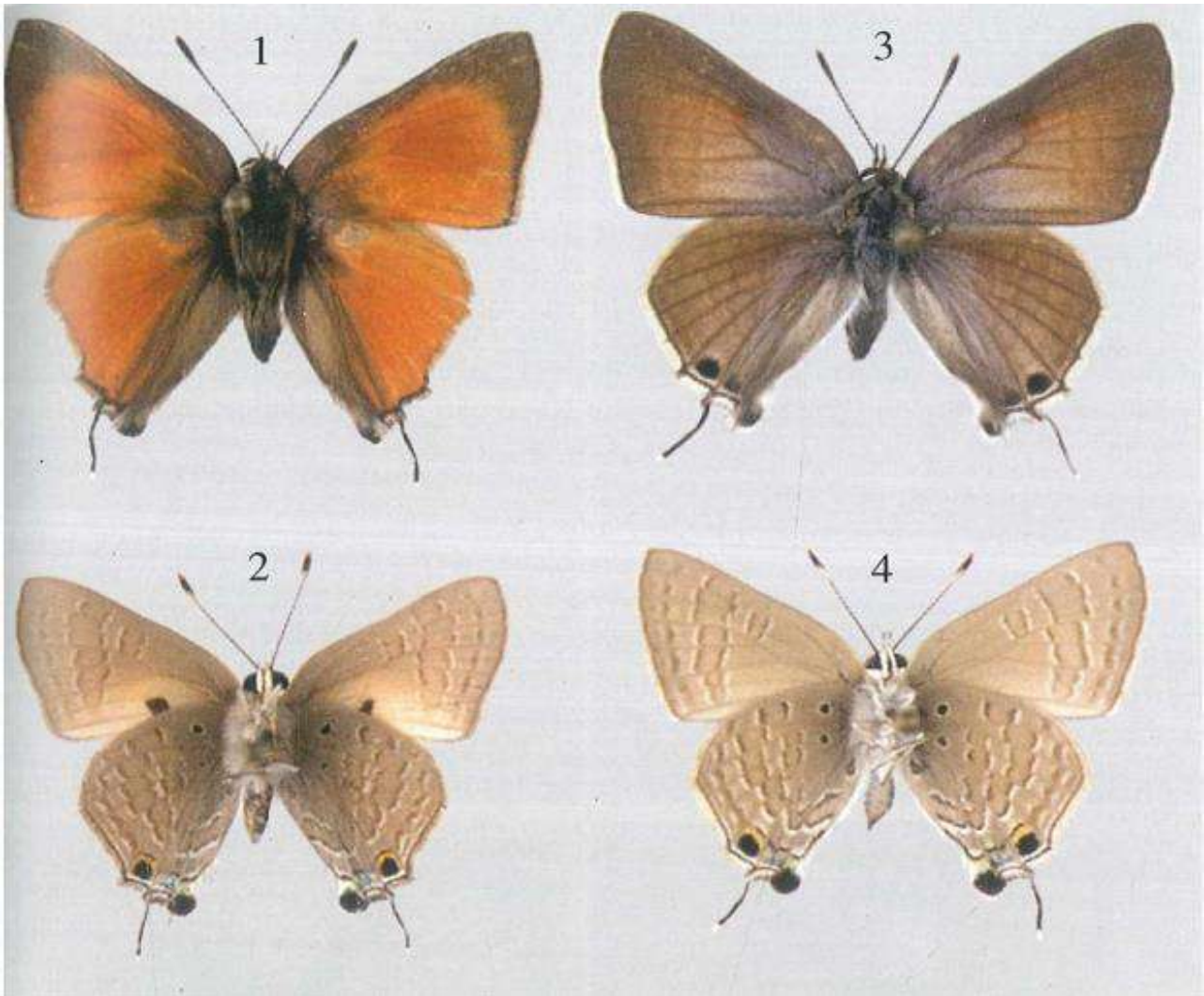


Figure 18 – Images de l'adulte mâle (à gauche) vue dorsale 1 et ventral 2 et femelle (à droite), vue dorsale 3 et ventral 4 (Muller *et al.*, 2005)

Dans l'aile postérieure de l'adulte et de chrysalide, le S_c est une veine distincte de la chrysalide, le R a deux branches R_1 et R_s , R_1 rejoint le S_c chez l'adulte ; la racine de S_c disparaît, à l'intérieur de l'endroit où R_1 la rejoint, il apparaît donc une branche de R. Le tronc principal de la M qui est clair chez la chrysalide disparaît chez l'adulte. M_1 rejoint R_s près de son origine, M_3 rejoint Cu_1 après sa sortie du tronc principal de Cu. Les veines A_1 et A_2 qui sont séparées dans la chrysalide, fusionnent à l'angle huméral en une seule veine qui parcourt une courte distance dans l'aile et dégage ensuite deux branches A_1 et A_2 (Fig. 19).

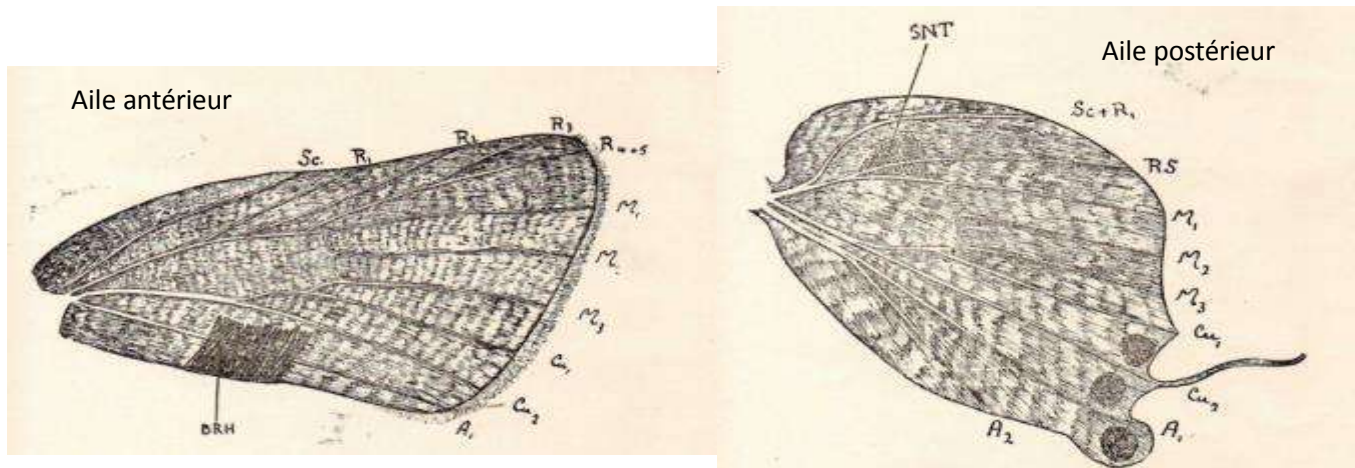


Figure 19 – Schéma de la nervation alaire chez l'adulte mâle de *D. livia* ($\times 8$)
BRH : Brosse ; SNT: Gland odoriférante (Hanna, 1939)

1.3.5.6. – Oviposition

Selon Hanna (1939), la femelle pond généralement ses œufs deux ou trois jours après son émergence si elle est conservée dans les cages au laboratoire. Avant la ponte, la femelle fait le tour du fruit en le palpant avec les antennes, et en même temps, elle abaisse le bout de l'abdomen en palpant la peau du fruit. Trouvant un endroit approprié, elle fait sortir son ovipositeur et le courbe vers le bas de manière à ce que le 9^{ème} segment touche la peau. On voit alors un liquide collant s'écouler du segment terminal de l'abdomen sous la forme d'une goutte sur la peau. Ensuite, l'œuf sort et est finalement déposé sur le liquide où il est collé sur la peau du fruit. Les œufs sont pondus individuellement n'importe où sur le fruit de la grenade; parfois ils sont posés sur la surface du calice. Des œufs ont également été observés, bien que rares, sur les feuilles et les branches.

Dans les gousses de légumineuses sensibles à l'attaque de *D. livia*, les œufs sont toujours pondus sur la surface verte des gousses. Chez l'*Acacia spadicigera*, cependant, les œufs sont

pondus sur les parties charnues molles de la tige. Chez les palmiers dattiers, la femelle pond ses œufs sur les fruits.

1.3.5.7. – Nombre d'œufs pondus

Selon Hanna (1939), des femelles élevées au laboratoire dans les conditions climatiques de juillet, âgées d'un à six jours ont été disséquées pour déterminer le nombre d'œufs dans les ovaires. Le nombre moyen d'œufs dans chaque ovariole s'est avéré être d'environ 40 œufs, soit au total 320 dans huit ovarioles formant les ovaires. Ils contiennent généralement des œufs matures le jour de leur émergence. Pendant l'hiver, cependant, les ovaires sont très courts et avortés avec très peu d'œufs matures.

1.4. – Plantes hôtes

Le *Deudorix livia* est noté sur plusieurs plantes hôtes selon les auteurs et les régions de son existence, toutes ces observations sont notées dans le tableau suivant (Tableau 5).

Tableau 5 - Liste des plantes hôtes primaires et secondaires où le *Deudorix livia* est observé ou bien est élevé au laboratoire

n°	Plante hôte / Famille botanique	stades observé	Auteurs
01	Le grenadier <i>Punica granatum</i> L. Lythraceae	Tous les stades	Hanna, 1939 ; Obeidat & Akkawi, 2002; Katbeh-Bader <i>et al.</i> , 2003 ; Müller <i>et al.</i> , 2005 ; Holland <i>et al.</i> , 2009 ; Gharbi, 2010 ; Kozina <i>et al.</i> , 2011 ; Massimino Cocuzza <i>et al.</i> , 2016; Mkaouar <i>et al.</i> , 2016; Ali, 2017 ; Beladis <i>et al.</i> , 2018 ; Almi <i>et al.</i> , 2020; Beddiaf <i>et al.</i> , 2020 ; Haddad <i>et al.</i> , 2020 ; Almi <i>et al.</i> , 2021 ;
02	Le palmier dattier <i>Phoenix dactylefira</i> L. Arecaceae	Tous les stades	Hanna, 1939 ; Temerak & Sayed, 2001 ; Obeidat & Akkawi, 2002; Müller <i>et al.</i> , 2005 ; Mashal & Abeidat, 2006 ; El-Shafie, 2012 ; El-Shafie <i>et al.</i> , 2017 ;

			Beladis <i>et al.</i> , 2018 ; Abbes <i>et al.</i> , 2019 ; Salwa <i>et al.</i> , 2019 ; Almi <i>et al.</i> , 2021 ;
03	<i>Vachellia</i> (Acacia) <i>farnesiana</i> (L.) Willd. Fabaceae	Tous les stades	Hanna, 1939 ; Obeidat & Akkawi, 2002; Katbeh-Bader <i>et al.</i> , 2003 ; Gharbi, 2010 ; Mkaouar <i>et al.</i> , 2016; Beladis <i>et al.</i> , 2018 ; Mkaouar & Ben Jamâa, 2016 ; Almi <i>et al.</i> , 2021 ;
04	le Goyavier <i>Psidium</i> <i>guajava</i> L. Myrtaceae	larve	Hanna, 1939 ; Abbas <i>et al.</i> , 2008
05	<i>Vachellia</i> <i>tortilis</i> (Acacia <i>raddiana</i>) (Forssk.) Galasso & Banfi Fabaceae	Tous les stades	Beddiaf, 2020
06	<i>Vachellia</i> (Acacia) <i>nilotica</i> (L.) P.J.H.Hurter & Mabb. Fabaceae	Tous les stades	Hanna, 1939 ; Gharbi, 2010 ; Beddiaf, 2020 ;
07	<i>Eriobotrya</i> <i>japonica</i> (Thunb.) Lindl. Rosaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939 ; Müller <i>et al.</i> , 2005
08	<i>Vicia faba</i> L. (au laboratoire) Fabaceae	Tous les stades	Hanna, 1939 ; Almi <i>et al.</i> , 2021
09	<i>Ficus carica</i> L., 1753	œufs et 1 ^{er}	Almi <i>et al.</i> , 2021 ;

	Moraceae	stade larvaire	
10	Abricotier <i>Prunus armeniaca</i> L. Rosaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Almi <i>et al.</i> , 2021
11	<i>Vachellia cornigera</i> (L.) Seigler & Ebinger (<i>Acacia spadicigera</i>) Fabaceae	larve	Hanna, 1939
12	<i>Senegalia mellifera</i> (<i>Acacia mellifeca</i>) (M. Vahl) Seigler & Ebinger Fabaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939
13	<i>Vachellia (Acacia) lasiopetala</i> (Oliv.) Kyal. & Boatwr. Fabaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939
14	<i>Senegalia (Acacia) modesta</i> (Wall.) P.J.H.Hurter Fabaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939
15	<i>Vachellia (Acacia) nubica</i> (Benth.) Kyal. & Boatwr. Fabaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939

16	<i>Vachellia</i> (<i>Acacia</i>) <i>horrida</i> (L.) Kyal. & Boatwr. Fabaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939
17	<i>Vachellia</i> (<i>Acacia</i>) <i>gerrardii</i> (Benth.) P.J.H.Hurter Fabaceae	Tous les stades	Abbas <i>et al.</i> , 2008
18	<i>Senegalia</i> (<i>Acacia</i>) <i>catechu</i> (L.f.) P.J.H.Hurter & Mabb. Fabaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939
19	<i>Dichrostachys nutans</i> (<i>cinerea</i>) (L.) Wight & Arn. Fabaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939
20	<i>Prosopis spiralis</i> Fabaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939
21	<i>Senna</i> (<i>Cassia</i>) <i>bicapsularis</i> (L.) Roxb. Fabaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Hanna, 1939
22	Genre <i>Olea</i> L. Oleaceae	NP	Müller <i>et al.</i> , 2005
23	Le prunier <i>Prunus</i>	œufs et 1 ^{er}	Abbas <i>et al.</i> , 2008

	<i>domestica</i> L. Rosaceae	stade larvaire	
24	le pêcher <i>Prunus persica</i> L. Rosaceae	œufs et 1 ^{er} stade larvaire	Abbas <i>et al.</i> , 2008
25	Genre <i>Citrus</i> L. Rutaceae	NP	Abbas <i>et al.</i> , 2008
26	<i>Inga dulcis</i> (Roxb.) Willd. Fabaceae	NP	Andres, 1916 cité par Obeidat & Akkawi, 2002
27	<i>Vachellia (Acacia) edgeworthii</i> (T.Anderson) Kyal. & Boatwr. Fabaceae	NP	Gouth, 1913 cité par Obeidat & Akkawi, 2002
28	<i>Solanum lycopersicum</i> L. Solanaceae	NP	Buxton, 1913 cité par Awadallah <i>et al.</i> , 1970

NP : Non précisé.

Le tableau récapitulatif montre qu'il y'a 28 plantes hôtes du papillon du grenadier citées par la littérature (Tab. 8). Ces plantes hôtes appartiennent à 9 familles botaniques. Il est à préciser qu'il y'a des plantes sur lesquelles tous les stades de développement de ce papillon sont signalé (de l'œuf jusqu'au stade adulte) c'est-à-dire l'insecte complète son cycle. Par contre, il y'a des plantes sur lesquelles il a été observé uniquement les œufs ou le premier stade larvaire, ce qui fait que l'insecte ne complète pas son cycle de développement sur ces plantes.

1.5. – Dégâts

Les dégâts sont causés par les larves du papillon (Fig. 20). Après l'éclosion, la larve du premier stade cherche un endroit convenable pour pénétrer à l'intérieur du fruit pour se nourrir des graines de grenade, de dattes ou bien d'*Acacia*. En se nourrissant, la larve provoque des pertes sur les fruits, et à chaque fois elle sort pour faire sortir ses excréments à

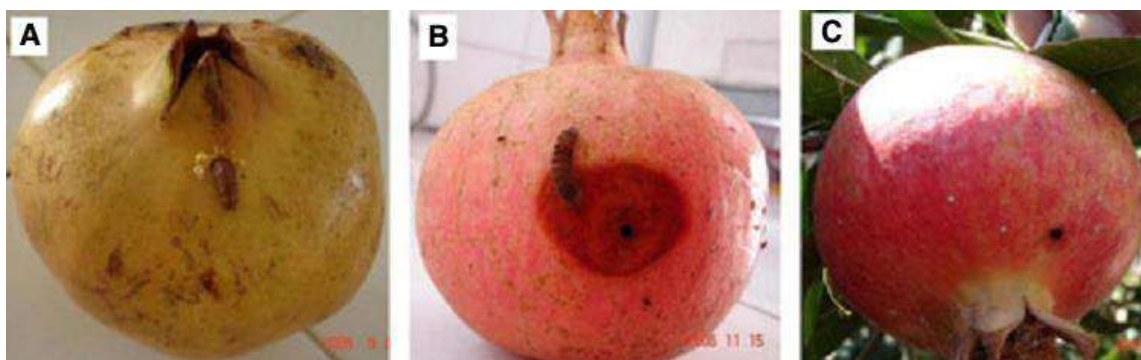


Figure 20 – Dégâts de *D. livia* sur les grenades (Ksentini *et al.*, 2011)

l'extérieur du trou, au cours de son développement, elle procède à élargir le trou de pénétration. Après son départ, le fruit est envahi par des champignons saprophytes qui causent la pourriture totale du fruit.

Parfois, des insectes ravageurs secondaires, arrivent et continuent à se nourrir sur le fruit en provoquant aussi des dégâts importants (Fig. 21).

Parfois aussi la larve quitte un fruit vers un autre s'ils sont en contact. Sur les dattes, la larve se nourrit de plusieurs fruits en partant d'un fruit à un autre.



Figure 21 – Dégâts de *D. livia* sur les dattes (Abbes *et al.*, 2019)

Deudorix livia est le responsable de 52% des ravages sur les fruits du grenadier. Il présente une certaine préférence vers quelques variétés par rapport aux autres, il existe des variétés sensibles (>12% des fruits infestés) et d'autres plus tolérantes que les premiers (<5% des fruits infestés). Ceci est dû soit à la préférence des femelles ou aux propriétés physico-chimiques de chaque variété (Ksentini *et al.*, 2011).

Les larves s'attaquent aux gousses vertes d'*A. farnesiana* en provoquant des trous en s'alimentant des graines. Les dégâts provoqués par *D. livia* apparaît plus ou moins significatifs selon la progression de sa plante hôte primaire *A. farnesiana* et sa compétition avec *Ectomyelois ceratoniae* (Mkaouar *et al.*, 2016).

D. livia est un ravageur grave du grenadier en Egypte, la larve creuse dans le fruit un trou et s'alimente des graines et de pulpe et parfois les dégâts sont sévères, devient impropre à la consommation. Ce ravageur est la cause principale de la restriction de la surface cultivée par le grenadier en Egypte (Awadallah *et al.*, 1970).

1.6. – Ennemis naturels

Peu ennemis naturels du papillon du grenadier sont recensés. Hanna (1939) a observé le chalcide *Brachymeria brevicornis* (Klug, 1834) (Hymenoptera : Chalcididae) parasite les chrysalides de *D. livia* spécialement durant la période hivernale, le degré de parasitisme varie entre 2% et 20%. La femelle de cette espèce pond souvent 1 œuf par chrysalide, mais parfois rarement elle pond 2 œufs, mais le phénomène de cannibalisme est souvent observé entre les deux larves (Fig. 22).

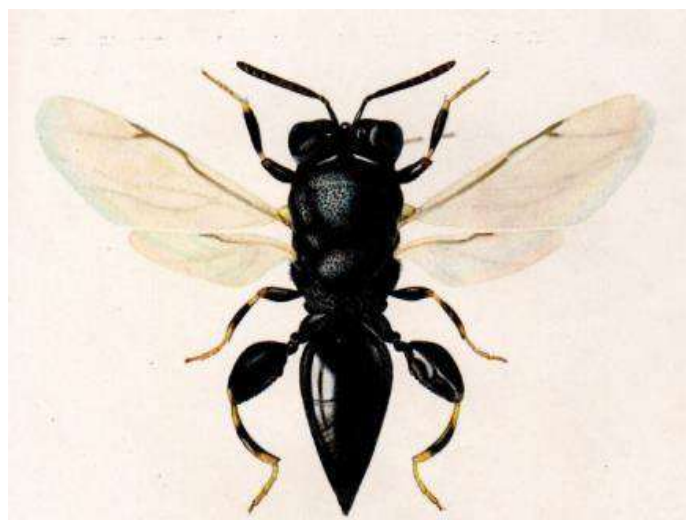


Figure 22 – Le parasitoïde *Brachymeria brevicornis* (Hanna, 1939)

Brachymeria sp. est trouvé sur les chrysalides fraîches de *D. livia* collectées (Awadallah *et al.*, 1970). De plus, ces mêmes auteurs ont enregistré la présence de *Trichogramma evanescens* Westw. (Hymenoptera: Trichogrammatiidae) qui sort des œufs de *D. livia* durant l'été et au début de l'hiver.

Obeidat (2000) en Jordanie a observé la sortie de *Brachymeria* sp. à partir des pupes de *D. livia*.

Parmi les ennemis naturels de ce papillon qui sont des parasitoïdes des œufs de *D. livia* il est à noter le *Telenomus* sp. qui est enregistré d'une façon importante dans la région d'El Jabel El Akhdar dans sultanat d'Oman. Le taux de parasitisme varie de 26,7 % à 76,9 % avec une moyenne de 58,2 %.

Polaszek *et al.*, (2021) confirment cette espèce dans la même région sur les œufs de *D. livia* sous le nom de *Telenomus nizwaensis* Polaszek, (Hymenoptera: Scelionidae) (Fig. 23).



Figure 23 – Le parasitoïde *Telenomus nizwaensis* (Polaszek *et al.*, 2021)

1.7. – Moyens de lutte

Depuis son apparition, plusieurs méthodes de lutte ont été réalisées contre le papillon du grenadier. Elles incluent des méthodes de lutte culturales, mécaniques, chimique et biologique.

1.7.1. – Moyens de lutte culturaux

Ce sont les moyens de lutte les plus intéressants car il tiennent en considération plusieurs paramètres : l'écologie de l'insecte, leur préférence vers les plantes hôtes, les conditions climatiques (Hanna, 1939). La compréhension de la bioécologie de l'insecte et l'effet des conditions climatiques sur son développement permet d'établir un bon programme de lutte au moment opportun. La connaissance des préférences trophique de l'insecte permet le bon choix des plantes et les variétés à cultiver et même le cortège floristique à planter près de l'exploitation agricole tel que les brises vents.

1.7.2.- Moyens de lutte mécaniques ou physique

Parmi les méthodes utilisées dans la lutte contre le papillon du grenadier et qui sont des méthodes écologiques et non polluantes, il est à indiquer :

1.7.2.1. – Ensachage des fruits

Il consiste à envelopper les fruits dans des sacs soit en papier (Hanna, 1939 ; Shlomo, 2015) ou bien par sacs conçu à partir de feuilles de palmier dattier (Hanna, 1939) ou bien par des sacs en plastiques (Sayed, 2000). Cette méthode permet de faire une barrière physique contre les femelles pour les empêcher à pondre leurs œufs. Mais cette méthode possède des limites, tel que le coût de la mise en place de ces sacs et elle nécessite beaucoup de main d'œuvre.

1.7.2.2. – Enlèvement des œufs à partir des fruits

Elle consiste à essuyer le fruit avec bout un tissu, les œufs qui sont sur la surface du fruit seront enlevés par un simple frottement. Cette opération s'effectue manuellement chaque deux ou trois jours (Hanna, 1939). Mais, elle n'est pas pratique notamment pour les grandes surfaces.

1.7.3. – Moyens de lutte biologique

Cette méthode de lutte s'exécute par l'utilisation des parasitoïdes des œufs comme les Trichogrammes (Abbas *et al.*, 2008 ; Sayed *et al.*, 2015) ou bien des parasitoïdes des chrysalides comme *Brachymeria brevicornis* (Hanna, 1939) ou *Brachymeria* sp. (Awadallah *et al.*, 1970). L'utilisation de la bactérie *Bacillus thuringiensis* a donné des résultats intéressants (Sayed *et al.*, 2015 ; Kahramanoglu et Usanmaz, 2013 ; Almi, 2020). L'utilisation des nématodes entomopathogènes (EPNs) et leurs bactéries symbiotiques entomopathogènes (EPBs) a donné des résultats prometteurs (Alotaibi *et al.*, 2022).

1.7.4. – Moyens de lutte chimiques

Plusieurs expériences de lutte chimique contre le papillon du grenadier ont été menées, citant celle de Abd-Ella (2015) qui a évalué l'effet des matières actives suivantes : l'emamectin benzoate, pyridalyl et methoxyfenozone contre les larves du papillon du grenadier sur les vergers du grenadier. Cette étude a montré une efficacité significative dans la limite des dégâts du papillon du grenadier. D'autres études sont aussi à noter comme celle de Temrak *et al.* (2014) qui ont étudié l'effet de l'alternance entre le spinosad et le methoxyfenozone sur *D. livia* sur les dattes en Egypte. Les résultats ont montré une réduction qui varie entre 98,5 et 100 % d'infestation durant la période de récolte par rapport au témoin non traité qui a enregistré un taux d'attaque de 69%.

Il est à mentionner aussi l'étude de Kahramanoglu et Usanmaz (2013) qui ont testé quelques matières actives chimiques contre *D. livia* tel que l'indoxacarb, Lambda-cyhalothrin et le spinosad. Ces différents traitements ont donné une efficacité importante contre le papillon du grenadier, l'indoxacarb 98 % d'efficacité, le Lambda-cyhalothrin avec 96% d'efficacité et le spinosad avec 95 % d'efficacité. Aussi parmi les essais de lutte chimiques contre le papillon du grenadier il est à citer l'expérience d'Elrehewy *et al.*, (2020) qui ont testé le Chlorpyrifos (Pyriban®) et le soufre qui sont utilisés traditionnellement en Egypte contre le papillon du grenadier sur le palmier dattier. Le Chlorpyrifos a donné une réduction d'infestation variant entre 71 % et 80 %, tandis que le soufre a donné une réduction d'infestation qui fluctue entre 79 et 81%.

Chapitre II - Matériel et méthodes

Chapitre II - Matériel et méthodes

Dans ce chapitre le matériel biologique animal et végétal sont présentés, suivis par la description des stations d'étude, les différentes méthodes employées sur le terrain et au laboratoire et celles utilisées pour l'exploitation des résultats.

2.1. - Matériel biologique animal

Le papillon du grenadier est présenté en détails dans le chapitre II (sa position systématique, son origine, sa répartition géographique, sa description morphologique et sa bioécologie, ses plantes hôtes, ses dégâts, ses ennemis naturels et les principales méthodes de lutte adaptée pour le contrôler.

2.2. - Matériel biologique végétal

Les plantes prises en considération dans cette étude sont : le grenadier (*Punica granatum* L.), le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et l'Acacia (*Vachellia farnesiana* L.).

2.2.1. Grenadier

Le grenadier est un petit arbre ou arbuste à longue durée de vie, qui appartient à la famille des Lythraceae (Spichiger *et al.*, 2004). C'est un arbuste buissonnant de 2 à 5 m de hauteur, légèrement épineux, au feuillage caduc et au tronc tortueux (Garnier *et al.*, 1961). Les feuilles du grenadier sont opposées, glabres sur les deux faces avec un limbe elliptique allongé, de 3 à 8 cm de long avec un court pétiole (Wald, 2009). Les fleurs sont actinomorphes et hermaphrodites. Le fruit ou bien la grenade, est une baie ronde, avec un épicarpe dur (Wald, 2009).

Le grenadier s'adapte à de nombreux climats, des tropiques aux régions tempérées chaudes. Cependant, c'est le climat austral subtropical voire tropical qui lui convient le mieux. Les meilleurs fruits sont obtenus dans les régions subtropicales, où la période des températures élevées correspond au moment de la maturité des grenades (Wald, 2009).

Il supporte très bien la sécheresse, mais cela compromet la qualité de ces fruits. Un climat chaud et sec sera bon pour le grenadier à condition que ses racines ne manquent pas d'eau (Afaq *et al.*, 2005). En ce qui concerne la nature de son sol le grenadier n'est pas exigeant. Il s'adapte aux différents types de sols et tolère les terrains acides, alcalins. Il est aussi assez

résistant à la salinité de la terre. Cependant, il donne de meilleurs rendements dans un terrain profond, notamment les terres d'alluvions. Les terrains alcalins, argilo limoneux, lui sont convenables (Wald, 2009). Bien que le grenadier supporte les zones arides et secs mais il nécessite une bonne disponibilité d'eau pour un meilleur développement (Afaq *et al.*, 2005).

Il est à noter aussi le papillon du grenadier *Deudorix livia* qui est considéré comme un ravageur important dont la larve perce les fruits pour s'alimenter en causant des dégâts importants sur la récolte (Awadallah *et al.*, 1971; Massimino Cocuzza, 2016). Un autre ravageur important foreur du tronc du grenadier induisant sa mortalité, est le papillon léopard *Zeuzera pyrina* Linnaeus 1761 (Lepidoptera: Cossidae) (Juan *et al.*, 2000).

D'autres insectes récemment accrus dans les vergers de grenadier ont été signalé comme la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann 1824 (Tephritidae : Dacinae) (Kahramanoglu et Usanmaz, 2013). Il est à préciser que les récents dégâts ont été causés par une attaque secondaire de la mouche après la pénétration initiale des fruits par *D. livia* notamment en Espagne et en Turquie (Juan *et al.*, 2000). Concernant les maladies fongiques qui touchent le grenadier, il est à noter la maladie du cœur noir du fruit causé par le champignon du genre *Alternaria* sp. (Michailides, 2008). Un autre champignon *Aspergillus castaneus* est capable de décolorer les fruits et les graines de la grenade qui en est infesté.

2.2.2. Palmier dattier

Le palmier dattier, est une monocotylédone pérenne dioïque de la famille des Palmacées (Hodel *et al.*, 2003 ; Ekech *et al.*, 2005). La culture du palmier dattier s'étendent entre les limites latitudinales comprises entre la Somalie jusqu'en Espagne. Mais les zones les plus favorables sont comprises entre le 24^{ème} et le 34^{ème} degré de la latitude nord (pays du Maghreb, Iraq, ...). Il existe quelques cultures phoenicicoles dans l'hémisphère sud (Australie, Amérique du Sud,...) (Baaziz, 2000). Le palmier dattier est l'arbre caractéristique des oasis et oueds du désert et peut pousser sous des conditions sévères qui ne sont pas adéquates pour beaucoup d'autres arbres fruitiers (Osman, 2008 ; Al-Gboori *et al.*, 2010 ; El-Juhany, 2010). Le palmier dattier est considéré comme espèce thermophile, son développement végétatif s'arrête à partir de 10 °C. Le développement idéal de végétation est abouti à des températures de 30 à 40 °C. La maturation des fruits aura lieu pendant les mois les plus chauds de l'année (Augstburger *et al.*, 2002). Malgré que le palmier soit cultivé dans les régions les plus chaudes et les plus sèches, il exige toujours une bonne disponibilité des ressources hydriques près du système racinaire pour donner un bon rendement (Munier,

1973).

Le palmier dattier s'adapte aux différents types de sols cultivables des régions désertiques et subdésertiques. Il se développe plus rapidement dans les sols légers que dans les sols lourds. Il préfère un sol à pH neutre, profond, bien drainé et assez riche ou fertile (Toutain, 1979). Il est considéré comme plante très tolérante au sel (chlorure de sodium et de magnésium) (Munier, 1973). Il tolère des sols et des eaux salés jusqu'à 15.000 ppm de sels dans la solution de sol, mais il meurt à 48.000 ppm (Bounaga, 1991).

Le palmier dattier en Algérie est cultivé dans plusieurs oasis réparties dans le Sud du pays où le climat est chaud et sec (zone saharienne) sur une surface estimée de 160 000 ha. Sa répartition géographique s'étend depuis la frontière Marocaine à l'ouest jusqu'à la frontière tuniso-lybienne à l'est et depuis l'Atlas Saharien au nord jusqu'à Reggane (sud-ouest), Tamanrasset (centre) et Djanet (sud-est) (Aberlenc-Bertossi, 2010).

Parmi les principaux bioagresseurs du palmier dattier, est la fusariose vasculaire causée par le champignon *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* causant la maladie appelée Bayoud qui est dangereuse induit à une mortalité totale du palmier infecté, cette maladie a fait des ravages dans les palmeraies de l'Afrique du Nord (Sedra et Besri, 1994). Parmi les insectes ravageurs d'une grande importance économiques : la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Z. (Munier, 1973 ; Doumandji-Mitiche, 1983); le papillon du grenadier *Deudorix livia* (Hanna, 1939; Zoubaet Chermiti, 2015; Beladis *et al.*, 2018), la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targ. (Laudeho et Benassy, 1969); Parmi les acariens nuisibles au palmier dattier il est à noter l'acarien jaune du palmier dattier *Oligonychus afrasiaticus* M. (El-Shafie, 2022). Parmi les oiseaux nuisibles aux dattes, le moineau hybride, *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* (Guezoul *et al.*, 2006).

2.2.3. *Vachellia farnesiana*

Vachellia farnesiana, également connue sous le nom d'*Acacia farnesiana*, et anciennement *Mimosa farnesiana*, communément appelée « sweet acacia » qui veut dire « Acacia doux ». C'est une espèce de la famille des Fabaceae (USDA, NRCS, 2018) (Fig. 24).



Figure 24 – Schéma de *Vachellia farnesiana* et photos des différentes parties de l'arbre (Fairdinkumseeds.com, modifiée)

C'est un arbuste de 8 à 10 m de hauteur très ramifié avec une écorce de couleur brun gris (Kheloufi *et al.*, 2018). Les branches retombantes sont pourvues de longues épines stipulaires, droites et de couleur blanche, de 1,5 à 5 cm de longueur. Ses feuilles sont composées et bipennées, à 2 à 8 paires de pennes. Chaque penne porte 10 à 25 paires de folioles et chaque foliole peut atteindre une longueur de 5 à 7 mm et environ pour 1,5 mm de largeur. Le pétiole de 4 à 10 cm porte une petite glande. La floraison est de forme de glomérules (12 mm de diamètre) de fleurs jaunes, très parfumées (Fournet, 2002). Les fruits sont des gousses cylindriques, de couleur brunes à noirâtres d'environ 7 cm de longueur. Les graines sont brunes, mesurent jusqu'à 7 mm de longueur (Rodriguez Pérez, 1990).

C'est un arbre peu exigeant en ce qui concerne la nature du sol, cet arbuste préfère les situations ensoleillées et résiste à la sécheresse (Erkovan *et al.*, 2016). Son feuillage et ses fruits secs pouvant servir d'aliment pour les bétails (García-Winderet *et al.*, 2009).

Cette espèce est originaire des parties tropicales et subtropicales des États-Unis et du Mexique, ensuite a été largement cultivé dans de nombreuses régions du monde comme dans de nombreux pays d'Afrique, et en Australie (Clarke *et al.*, 2009 ; Erkovan *et al.*, 2016).

V. farnesiana n'est pas originaire d'Algérie, mais elle est introduite. Elle est plantée aux bordures de quelques routes comme plante fixatrice des sols, ou bien pour lutter contre la désertification par la fixation des dunes de sable près des régions sahariennes (Kheloufi *et al.*, 2018). Elle est aussi plantée comme plante ornementale dans quelques villes comme la ville de Ghardaïa, ou bien comme brise vent.

Parmi les insectes observés sur les gousses de *V. farnesiana*, il est à noter *Stator vachelliae* (Bruchidae) qui s'attaque aux gousses de *V. farnesiana* en s'alimentant sur les graines de cette plante (Traveset, 1990). D'autres bruches sont notés qui se nourrissent sur les graines de *V. farnesiana* sont *Mimoses tesnubigens* (Mots.) et *M. mimosae* (Fabr) (Traveset, 1992). Parmi les insectes qui s'attaquent aux gousses de *V. farnesiana*, le papillon du grenadier *D. livia* qui cause des dommages importantes sur ses fruits (Hanna, 1939 ; Mkaouar *et al.*, 2016; Beladis *et al.*, 2018).

2.3. - Choix et description des stations d'étude (Région de M'Zab)

Les stations d'études sont présentées dans cette partie. Le choix des stations est fait après une pré-visite sur le terrain, et selon : i) les observations sur la présence du ravageur sur les trois plantes hôtes choisies (le grenadier, *V. farnesiana* et le palmier dattier), ii) le taux d'attaque et iii) l'accessibilité aux différentes stations. Les stations choisies sont une palmeraie à propriété privée, une bande verte artificielle crée par la direction de forêts de Ghardaïa et d'autres sites précis selon la présence de plantes hôtes.

2.3.1. – Station de Babaouaissa

C'est une ancienne palmeraie située dans la partie nord-est de la vallée du M'Zab (32°30'16.88''N ; 3°38'48,89''E). Elle est composée principalement du palmier dattier constituant l'étage arboré, des arbres fruitiers constituent la strate arbustive comme les agrumes, les grenadiers des oliviers, des figuiers, des néfliers et des muriers. Il existe plusieurs jardins phœnicicoles aux entourages (Fig. 25).



Figure 25 – Photo de la station Babaousaissa (Bensidiaissa)

2.3.2. – Station de la bande verte Noumérat

La bande verte de Noumérat est un jardin périurbain situé au sud-est de la ville de Ghardaïa ($32^{\circ}23'44.19''N$; $3^{\circ}45'58,46''E$). Elle s'étend sur une superficie de 50 ha. La plantation de cette bande a débuté en 1998 par la conservation des forêts de Ghardaïa dans le cadre d'un projet de la lutte contre désertification (Fig. 26). Cette bande verte est composée par plusieurs essences végétales dont 20 ha sont plantés par l'Olivier *Olea* sp., 25 ha par plusieurs espèces de *Vachellia* comme *V. farnesiana* et *V. nilotica*, le Caroubier, l'Olivier de Bohême, un regroupement dense composé de *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus* sp., *Schinus molle*, *Washingtonia* sp., *Pistacia lentiscus*).



Figure 26 – Photo de la station Noumérat (Chedad, 2018)

2.3.3. – Autres sites

Des sites ponctuels aussi sont suivis selon la disponibilité des arbres de *V. farnesiana*, ces sites sont ceux de Laadira ($32^{\circ}32'35.74''N$; $3^{\circ}37'36,99''E$), El Kourti ($32^{\circ}29'09.33''N$; $3^{\circ}37'36,42''E$), At Bounour ($32^{\circ}28'44.84''N$; $3^{\circ}42'12,28''E$) et Ouargla ($31^{\circ}56'28.60''N$; $5^{\circ}17'46,18''E$) où le *V. farnesiana* est cultivé aux bordures des jardins phoenicicoles ou bien comme des arbres d'ornement au Centre-ville de Ghardaïa ($32^{\circ}29'05.05''N$; $3^{\circ}40'44,23''E$) et Akhelkhal ($32^{\circ}30'22.18''N$; $3^{\circ}37'47,52''E$). Parfois cet arbre s'apparait spontanément comme le site d'At Mlichet ($32^{\circ}28'51.11''N$; $3^{\circ}41'01,19''E$).

2.4. - Méthodes adoptées sur le terrain et au laboratoire

Dans cette partie, les différentes méthodes adoptées sur le terrain et au laboratoire sont présentées ainsi que la méthode d'analyse des résultats.

2.4.1. - Méthodes utilisées sur le terrain

Plusieurs méthodes sont adaptées sur le terrain, elles comprennent : le suivi de la dynamique des populations, le suivi des lieux de ponte des œufs et des lieux de pénétration des larves, les endroits d'hivernation, le lieu de la nymphose des larves, le taux de parasitisme des œufs, l'estimation du taux d'infestation et les différents moyens de lutte appliqués sur le terrain.

2.4.1.1. – Suivi de la dynamique des populations, lieu de ponte, lieu de pénétration des larves et leur hivernation

Il n'a pas été possible d'étudier la dynamique des populations de *D. livia* par la méthode de : Protocole Papillons Gestionnaires (Fontaine et Renard, 2010), car cette espèce de papillon possède un vol très rapide d'une part, d'autre part, le système oasien couvert des palmiers et des arbres fruitiers et le morcellement des jardins phœnicicole empêche l'observation des papillons volants. De plus, il n'existe pas de pièges spéciaux pour piéger les adultes comme les pièges à phéromone. Pour cela, il a été procédé dans la présente étude de faire une estimation des populations selon la méthode de suivi utilisée par Awadallah *et al.*, (1970) et Obeidat (2000) qui consiste à déterminer le nombre de générations à partir de l'estimation des pontes, partant du principe que l'effectif des œufs pondus dans une surface connu reflète l'effectif des adultes notamment celui des femelles qui existent dans cette région.

Dans cette étude, dix-neuf sorties ont été réalisées durant la période allant du mars jusqu'à septembre 2018. Ces sorties sont réalisées dans les deux stations d'étude : les palmeraies de Ghardaïa et la bande verte de Noumérat. Dans chaque sortie, il a été procédé au comptage des œufs présents sur 450 grenades réparties sur 50 arbres, et sur 600 gousses de *V. farnesiana* réparties en 30 arbres (Fig. 27). Cette expérimentation est arrêtée avec le dessèchement des gousses qui est devenu non préférables par les femelles pour la ponte, et avec la période de récolte des grenades.



Figure 27 – Photo de numérotation des fruits suivis sur le terrain (Originale)

2.4.1.2. – Lieu de nymphose

Pour détecter le lieu de nymphose, les chrysalides sont recherchées dans les différents endroits à l'intérieur des gousses de *Vachellia farnesiana* ou bien dans les grenades infestées. Aussi sur les rameaux et le tronc des arbres. Ensuite sur le sol et sous le sol et sous les pierres ou toute autre présente près des arbres, susceptible d'être un endroit convenable pour la nymphose.

A cause de la rareté de chrysalides observées sur le terrain, une expérience a été menée pour bien comprendre le comportement de nymphose chez cette espèce (Fig. 28). Pour cela, un nombre de larves de derniers stades sont collectées avec leurs gousses où elles sont. Ces gousses sont suspendu sous un support, est sous ce support une quantité de sol est mise, des pierres sont mises et d'autres objets comme les morceaux de bois. Sous le sol il y'a un récipient qui contient de l'eau pour empêcher les larves de quitter ailleurs. Ceci pour voir la préférence des larves vers le lieu de nymphose.

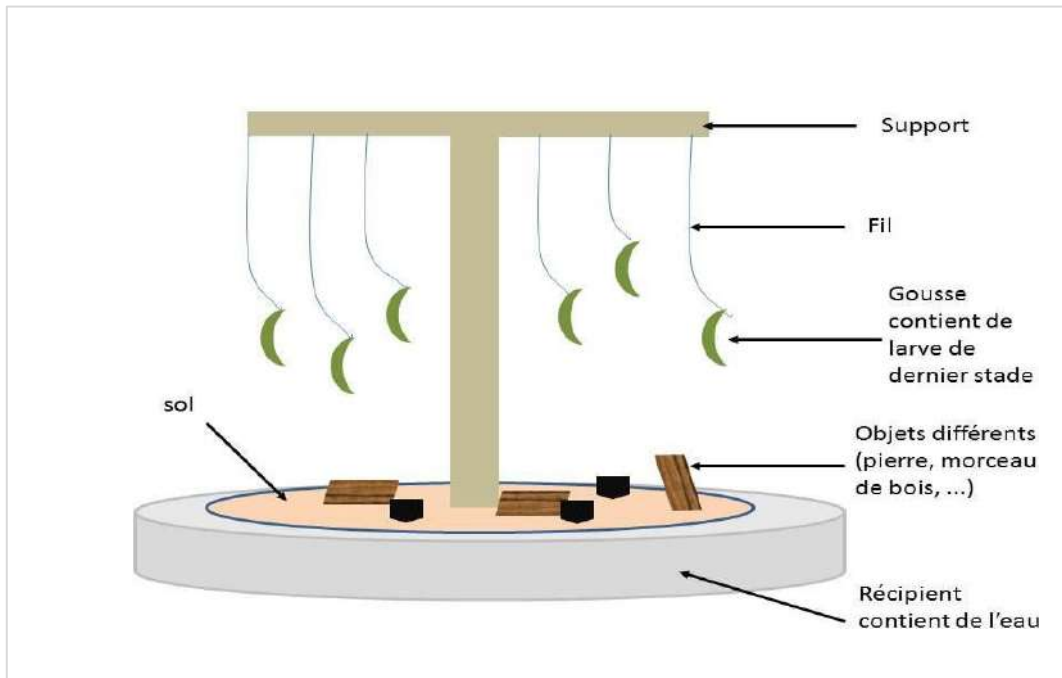


Figure 28 – Schéma du protocole expérimental de test de nymphose (Originale)

Après une semaine, il a été procédé à la recherche des chrysalides soit à l'intérieur des gousses ou bien sous les pierres et les objets qui se trouvent sous le support ou bien à l'intérieur du sol.

2.4.1.3. – Taux de parasitisme

Pour déterminer le taux de parasitisme des œufs de *Deudorix livia* par les ennemis naturels notamment par les ooparasitoïdes. Des œufs de papillon sont collectés de différents endroits et dans des boîtes de Petri. Ils sont suivis par des observations minutieuses d'une façon journalière pour détecter l'éclosion des œufs ou bien la sortie des parasitoïdes à partir de ces œufs. Ensuite les œufs sont observés sous une loupe binoculaire afin de déterminer le taux de parasitisme qui est calculé en pourcentage sur le nombre total des œufs collectés (Fig. 29).

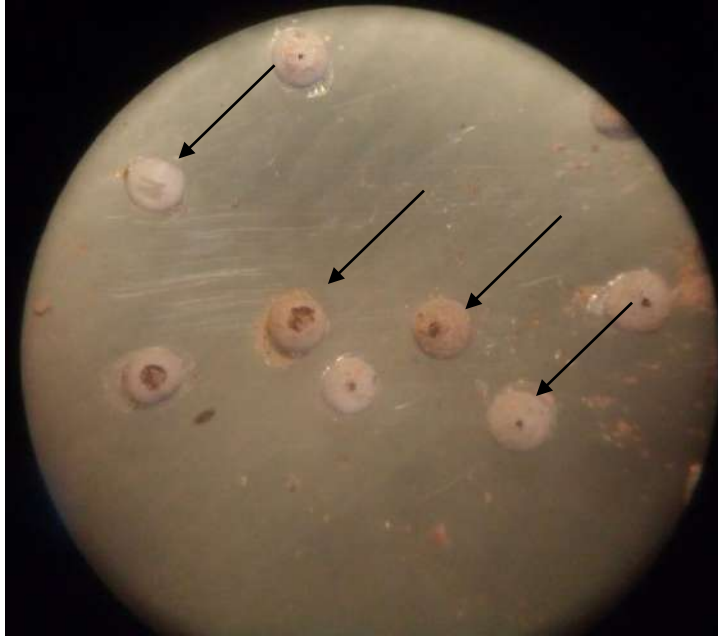


Figure 29 – Observation des œufs de *D. livia* sous loupe binoculaire (Originale)

2.4.1.4. – Estimation du taux d’infestation

Grâce à leur importance économique, l’estimation des dégâts est faite principalement sur le grenadier, le palmier dattier et le *Vachellia farnesiana*.

Sur le grenadier, l’estimation des dégâts est faite juste avant la récolte (fin août début septembre), pour cela, 12 arbres sont choisis aléatoirement qui n’ont pas subi de traitement chimique, et dans chaque arbre 20 fruits sont pris d’une façon aléatoire mais sur l’ensemble de l’arbre en prenant en compte des directions cardinaux. Le calcul de taux de dégâts est fait selon le calcul suivant :

$$\text{Taux d'infestation \%} = \frac{\text{nombre de fruit infestés}}{\text{nombre de fruit total}} \times 100$$

Il est à préciser que chaque fruit présente un trou fait par la larve est considéré comme un fruit infesté, car s’il est présenté sur le marché sa valeur commerciale diminue considérablement.

Sur le palmier dattier, le taux d’infestation est estimé sur quatre variétés de dattes selon la disponibilité de ces cultivars dans les stations d’étude, aussi selon la taille des palmiers pour

faciliter le travail. Ces cultivars sont : Tamjouhert, Oultekbala, Tazerzaiet et Dallet.

Un seul pied par cultivar est choisi, et pour chaque pied, 5 régimes sont choisis aléatoirement pour le comptage de toutes les dattes attaquées et de faire le pourcentage sur le nombre des dattes total sur le même régime. L'estimation du taux de dégâts est faite selon le calcul suivant :

$$\text{Taux d'infestation \%} = \frac{\text{nombre de datte infestés}}{\text{nombre total de dattes total estimées sur le régime}} \times 100$$

Concernant l'estimation de dégâts engendrés par le papillon du grenadier sur les gousses de *V. farnesiana*, l'estimation est faite sur les pieds disponibles dans quelques stations éloignées. Dans le cadre de cette étude 3 stations typiques sont choisies, celle d'Ouargla, Noumérat et Akhelkhal.

Pour chaque direction cardinale, quelques rameaux sont pris en compte, et dans chaque rameau plus de 20 gousses sont examinés et estimé le pourcentage d'attaque. Le calcul est fait comme suit :

$$\text{Taux d'infestation \%} = \frac{\text{nombre de gousses infestés}}{\text{nombre total des gousses examinés}} \times 100$$

2.4.1.5. – Essai de quelques moyens de lutte contre le papillon du grenadier

Les moyens de lutte contre le papillon du grenadier adopté dans la présente étude sont : la lutte chimique, la lutte physique, la lutte par les hydrolats de plantes aromatiques et l'induction de la défense végétative par la pulvérisation du sucre.

2.4.1.5.1. – Lutte chimique

La molécule active choisie dans cette expérience est Lambda-cyhalothrin, car elle est disponible sur le marché algérien sous plusieurs noms commerciaux comme : Karate®, Karate Ka® (Fig. 30). De plus, la même molécule est testée sur le papillon du grenadier par Obeidat et Mazen (2002) en Jordanie sur le grenadier, et par Kahramanoglu et Usanmaz (2013). Le but est de confirmer l'efficacité de cette matière active sur le grenadier.

Le traitement est fait par pulvérisation du concentré émulsifiant (EC) mélangé avec de l'eau. La dose effectuée est de 0,6 ml / Litre d'eau tel qu'elle est mentionnée dans la notice du produit. La durée de traitement commence à partir du début de nouaison qui coïncide avec le mois de mai, en raison d'un traitement par mois jusqu'au mois d'août (début de maturation des grenades).

L'estimation du taux d'attaque est faite en fin d'août début de septembre qui correspond au moment de récolte, avec la même méthode détaillée dans la partie estimation de dégâts.



Figure 30 – Photo de la boîte du produit chimique utilisé Karate Ka® (Originale)

2.4.1.5.2. – Lutte physique

Cette méthode de lutte consiste à ensacher les grenades. Pour cela 60 arbres dont leurs fruits ont été ensaché par des sacs en tulles, 60 arbres par des sacs en tissus et 60 arbres par des sacs en papier kraft (Fig. 31). Pour chacun de ces arbres, 20 fruits sont choisis et ensachés. Cette opération est faite juste après la nouaison après l'essuyage du fruit par un morceau de tissu pour arracher tous les œufs susceptibles d'être sur le fruit. L'évaluation de taux d'infestation est faite au moment de récolte des fruits.



Figure 31 – Photo des sacs en papier et en tissu et en tulle utilisé pour l'ensachage de fruits
(Originale)

2.4.1.6. – Evaluation de l'effet répulsive par les hydrolats des plantes aromatiques

Afin de développer un moyen de lutte alternative et efficace contre le papillon du grenadier autre que la lutte chimique, il a été procédé au test de l'effet répulsif des hydrolats de quatre plantes aromatiques qui sont : l'hyssope officinale (*Hyssopus officinalis* L.), le basilic (*Ocimum basilicum* L.), l'eucalyptus (*Eucalyptus* sp.) et l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*). Ces plantes sont connues par leurs effets répulsifs aux insectes ou bien insecticide (Mishra *et al.*, 2012; Giovanni *et al.*, 2017 ; Ortiz de Elguea-Culebras, 2017). L'effet répulsif de ces plantes est comparé avec l'effet de la matière active chimique utilisée Lambda-cyhalothrin.

Pour mener cette expérience, chaque trois arbres sont traités avec l'hydrolat d'une des quatre plantes citées ci-dessus. L'évaluation de nombre des pontes et le taux d'infestation sont fait chaque 10 jours, avec 6 répétitions (jusqu'à la récolte).

2.4.1.7. – Test de l'effet de sucre sur la stimulation de la défense du grenadier

Récemment, plusieurs études scientifiques ont montré que les sucres simples (mono-ou disaccharides) sont considérés comme des molécules de signalisation dans les plantes, qui peuvent activer leur réaction de défense et aussi augmenter le niveau de résistance contre les bioagresseurs (Bolouri-Moghaddam et Van-den-Ende, 2012 ; Trouvelot *et al.*, 2014 ; Arnault *et al.*, 2016). Cette méthode de lutte consiste à l'application foliaire de faibles doses (1 à 10g/100L) de sucres comme (le saccharose et le fructose) sur les plantes cultivées (Brahim et Lombarkia, 2020). Cette nouvelle méthode de lutte est considérée comme une alternative à la lutte chimique avec un coût très faible, elle permet aussi le renforcement de la défense des végétaux contre certains bioagresseurs et ainsi réduit les doses d'intrants ou augmenté leur efficacité existante (Arnault *et al.*, 2021). De plus, cette alternative ne provoque pas la propagation des microorganismes, n'a pas d'actions sur les abeilles et ne présentent pas d'impact sur les teneurs en sucres des feuilles et des fruits (Brahim et Lombarkia, 2020). Cette méthode a été testée sur plusieurs bioagresseurs herbivores et pathogènes de cultures différentes tels que les chenilles de lépidoptères ravageurs (pyrale, carpocapse), des insectes piqueurs suceurs (thrips, cicadelle), des oomycètes (mildiou de la vigne) (Arnault *et al.*, 2021).

Partant de ce principe, il a été voulu dans la présente étude de tester cette nouvelle méthode de lutte contre le papillon du grenadier. Pour cet effet, 2 doses de sucre commercial « le

saccharose » ont été choisies 100 ppm et 200 ppm. Pour chacune de ces deux doses, 3 arbres sont traités avec un pulvérisateur à dos chaque 15 jours avec 6 répétitions toute au long du cycle phénologique du grenadier jusqu'à la récolte. L'évaluation de nombre de ponte est faite chaque 15 jours sur 5 fruits pour chaque arbre. Enfin, l'efficacité de ce traitement est déduite après la comparaison avec le taux d'infestation dans les arbres témoins.

2.4.2. – Techniques employées au laboratoire

Dans cette partie, les méthodes employées au laboratoire sont présentées, ce sont le suivi du cycle biologique, l'extraction des hydrolats des plantes aromatiques et l'analyse statistique des résultats.

2.4.2.1. – Suivi du cycle biologique

Pour le suivie du cycle biologique de l'insecte, des œufs sont collectés à partir du terrain. Ils sont mis dans des boites de Petri avec une essence d'alimentation pour la prochaine larve (Fig. 32). Une fois la larve éclore, elle est suivie d'une façon journalière pour noter son développement jusqu'à elle arrive au stade adulte. Il a été procédé au changement de substrat d'alimentation chaque jour pour éviter sa pourriture.



Figure 32 – Photos du protocole expérimental pour le suivi du cycle biologique des larves
(Originale)

2.4.2.2. – Méthode d'extraction de L'hydrolat

L'hydrolat est un coproduit issu de la distillation (Hydrodistillation ou entraînement à la vapeur) des huiles essentielles. Il est généralement moins utilisé par rapport aux huiles essentielles. Par contre, lors de la distillation, il est produit en quantité importante, au contraire au rendement des huiles essentielles qui est relativement faible. Dans un but de le valoriser, il a été procédé à son utilisation comme un produit naturel dans la lutte contre le papillon du grenadier en alternative. Ce produit est issu d'un entraînement à la vapeur dans un alambic de 200 L. après son refroidissement, il a été récupéré et mis dans des bouteilles pour l'utiliser plus tard.

2.4.2.3. – Analyse statistique des résultats

Les analyses statistiques utilisées dans cette étude sont principalement l'analyse de la variance à un facteur ANOVA car tous les facteurs étudiés sont des facteurs qualitatifs. Quand les données ne suivent pas la loi normale, il a été choisi pour le calcul du test Kruskal-wallis, suivi par un test de comparaisons multiples de Dunn. Le calcul est fait par l'utilisation du logiciel R (le seuil de la probabilité alpha, 0,05).

Chapitre III – Résultats

Chapitre III – Résultats

Après l'actualisation de la répartition géographique de *D. livia* en Algérie, toutes les plantes hôtes où le papillon du grenadier a été signalé en Algérie sont citées, ensuite, des paramètres de bioécologie de ce déprédateur sont étudiés, les préjudices engendrés sur les principales cultures sont présentés et enfin une proposition de quelques méthodes de lutte qui peuvent être adoptés pour contrôler ce ravageur.

3.1. – Actualisation de la répartition géographique de *Deudorix livia* en Algérie

Le papillon du grenadier est signalé dans plusieurs localités en Algérie, elles sont représentées dans la figure suivante (Fig. 33).

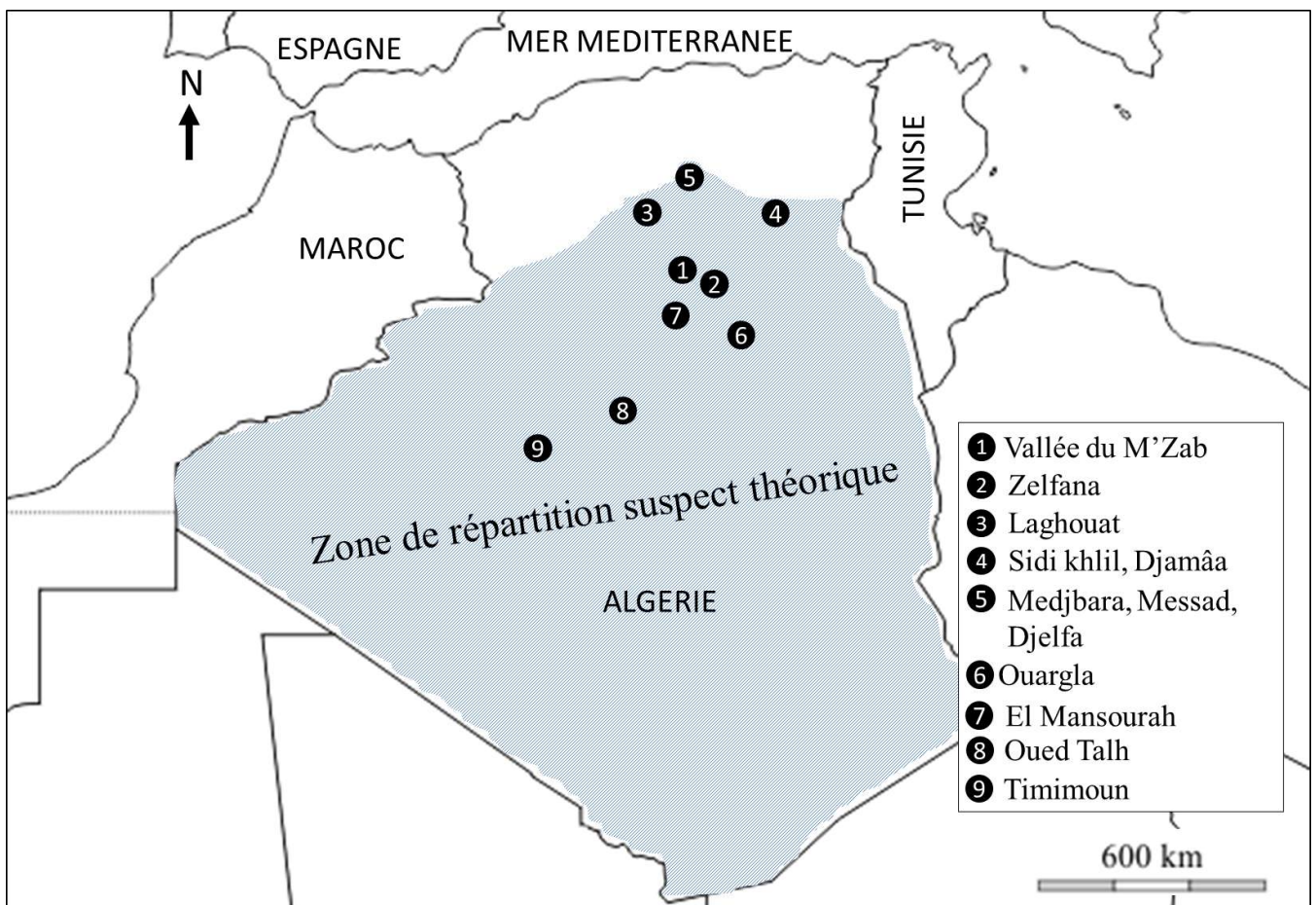


Figure 33 – Photo de la répartition géographique de *D. livia* en Algérie (Originale)

Dans le cadre de cette étude les premières signalisations de cette espèce sont faites au niveau du Sahara septentrional de l'Algérie et principalement dans les oasis, de Laghouat, de Ghardaïa, de Zelfana, de Sidi Khilil près de Djamaa, de Ouargla et tout récemment dans les oasis de Timimoun.

Des observations de *D. livia* sont aussi faite au niveau de l'Oued Talh « Oued d'Acacia » au niveau de la partie Sud de la région d'El Goléa sur des arbres de *Vachellia tortilis* (*Acacia radiana*). Ces observations sont pratiquement les seuls hors oasis, où le papillon peut vivre en plein désert.

Il est à préciser que ces observations éparpillées sur tout le sud algérien nous amènent à supposer que le papillon est présent pratiquement dans le sud algérien. Il est souhaitable de mener d'autres prospections sur les endroits non atteints pour bien confirmer cette supposition.

Après des prospections faites au Nord de Djelfa, des signes d'attaques sont observés sur le grenadier dans les vergers de la région de Mesaâd et Mejbara qui sont des zones potentielles de production de grenades en Algérie.

Ces observations montrent que l'aire de répartition du papillon du grenadier est en expansion vers le Nord et commence à quitter les oasis et passer vers les zones steppiques où plusieurs agriculteurs pratiquent de l'arboriculture et principalement la culture du grenadier. L'apparition de ce bio-agresseur dans ces endroits constitue un véritable danger pour l'arboriculture.

3.2. – Plantes hôtes de *Deudorix livia* identifié en Algérie

Dans le cadre de la présente étude, le papillon du grenadier est observé sur plusieurs essences végétales. Ces plantes hôtes sont présentées dans le tableau ci-dessous avec le stade de l'insecte observé et la partie végétale où il a été observé (Tab. 6).

La prospection fait dans cette étude a permis de détecter toutes les formes de l'insecte (œufs, différents stades larvaires et adultes) dans les plantes *Vachellia farnesiana*, *Punica granatum*, *Phoenix dactylefira*, *Vachellia tortilis*.

Il est à mentionner aussi l'observation des œufs et des jeunes stades larvaires sur les gousses de *Vachellia nilotica*, *Argania spinosa* et de *Leucaena leucocephala*, ceci indique que le papillon ne complète pas son cycle sur ces plantes hôtes.

Tableau 6 – Plantes hôtes du papillon du grenadier signalé en Algérie

Espèces	période de présence	forme et stade de l'insecte	Partie végétale
<i>Vachellia farnesiana</i>	mars-avril-mai-juin	tous les stades	fruits
<i>Punica granatum</i>	avril- mai-juin-juillet- aout-sept.-oct.-nov. déc. janv. févr.	tous les stades	fruits, feuilles
<i>Phoenix dactylefira</i>	août -sept.-oct.-nov.	tous les stades	fruits
<i>Vachellia tortilis</i>	Avril	tous les stades	fruits
<i>Vachellia nilotica</i>	Juin	œufs - premier stades larvaire	fruits
<i>Leucaena leucocephala</i> **	Décembre	œufs - premier stades larvaire	fruits
<i>Tecoma stans</i> **	Décembre	œufs	fruits
<i>Ficus carica</i>	Juillet	œufs	fruits
<i>Argania spinosa</i> **	Février	œufs - premier stades larvaire	fruits

**** : signalé pour la première fois dans le monde**

De plus, seulement des œufs sont observés sur les fruits de *Ficus carica* et la silique de *Tecoma stans*. Ceci peut être expliqué que les femelles ont pondus leurs œufs sur ces fruits d'une façon accidentelle à cause de leurs ressemblances aux fruits de leurs propre plantes hôtes (Fig. 34).

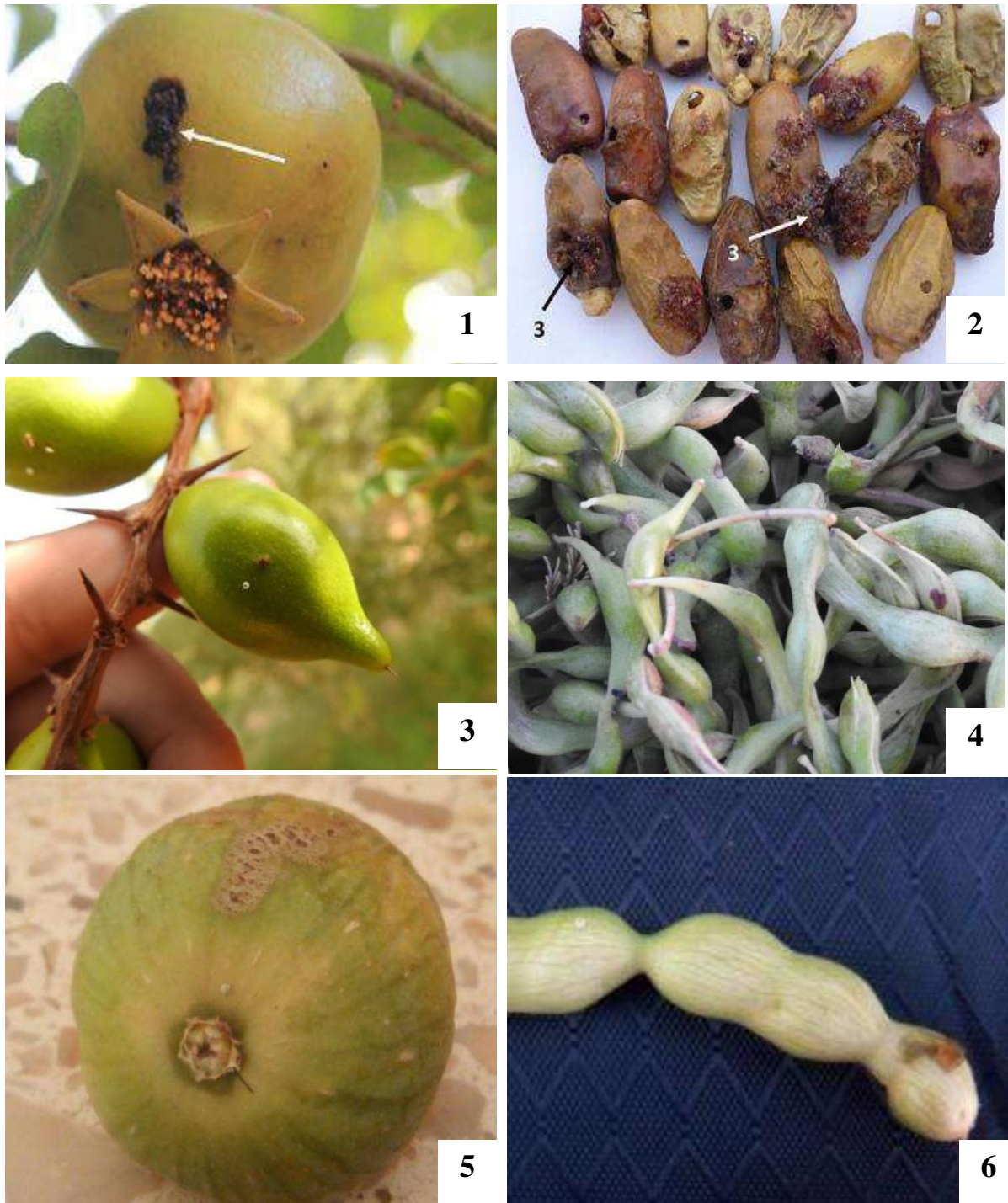


Figure 34 – Quelques plantes hôtes de *Deudorix livia* : (1) *Punica granatum*, (2) *Phoenix dactylefira*, (3) *Argania spinosa*, (4) *Vachellia tortilis*, (5) *Ficus carica* et (6) *Vachellia nilotica* (Originale)

3.3. – Bioécologie de *Deudorix livia* en Algérie

L'étude de la bioécologie du papillon du grenadier porte sur : i) le suivi de sa dynamique des populations, ii) son comportement de ponte chez les femelles sur les grenades et sur les gousses de *V. farnesiana*, iii) le comportement de la larve à creuser des trous sur le fruit, iv) sa manière de passer l'hiver, v) les lieux préférés pour effectuer sa nymphose, vi) taux d'éclosion et causes de létalité des œufs, vii) ses ennemis naturels observés dans les stations d'étude, viii) sa stratégie de survivre au niveau des milieux oasiens.

3.3.1. – Dynamique de populations (nombre de générations)

La dynamique des populations du papillon du grenadier est faite uniquement sur les deux principales plantes hôtes qui sont : *V. farnesiana* et *P. granatum*. Sur *V. farnesiana*, les résultats montrent que durant la période d'étude *D. livia* a deux générations (Fig. 35), la première commence au début d'avril et atteint son maximum au début de mai, ensuite la deuxième génération commence au début de mai et atteint son maximum à la première semaine de juin. Cette deuxième génération est plus importante que la première.

Ceci peut être expliqué par le nombre faible des adultes issues de la population hivernante. Ces adultes ont donné naissance à la première génération printanière, cette dernière a fait une explosion des pontes qui ont donné naissance à la seconde génération.

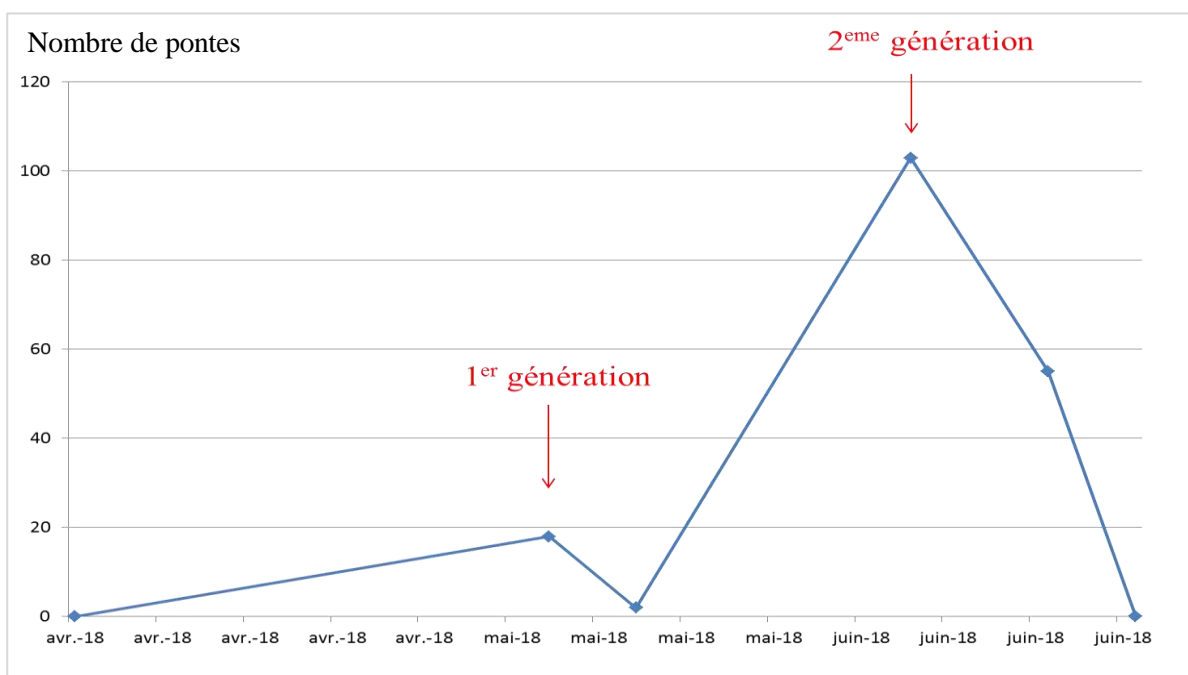


Figure 35 – Nombre de ponte de *D. livia* sur *V. farnesiana*

Concernant la dynamique des populations sur le grenadier, le papillon a développé quatre générations (Fig. 36), la première a commencé vers la fin de mars qui est une très faible génération, la deuxième a commencé vers le début de mai et elle a atteint son pic au début de juin. La troisième génération a commencé immédiatement avec un nombre d'individus plus important qui a atteint son maximum en début de juillet. A partir de la fin du juillet jusqu'à la fin août, le nombre des pontes a connu une régression importante qui peut être induite par les fortes chaleurs durant cette période. Au début du mois de septembre avec la baisse des températures à nouveau, le nombre de pontes a connu une augmentation importante qui reflète le début de la quatrième génération qui est la génération la plus importante durant l'année.

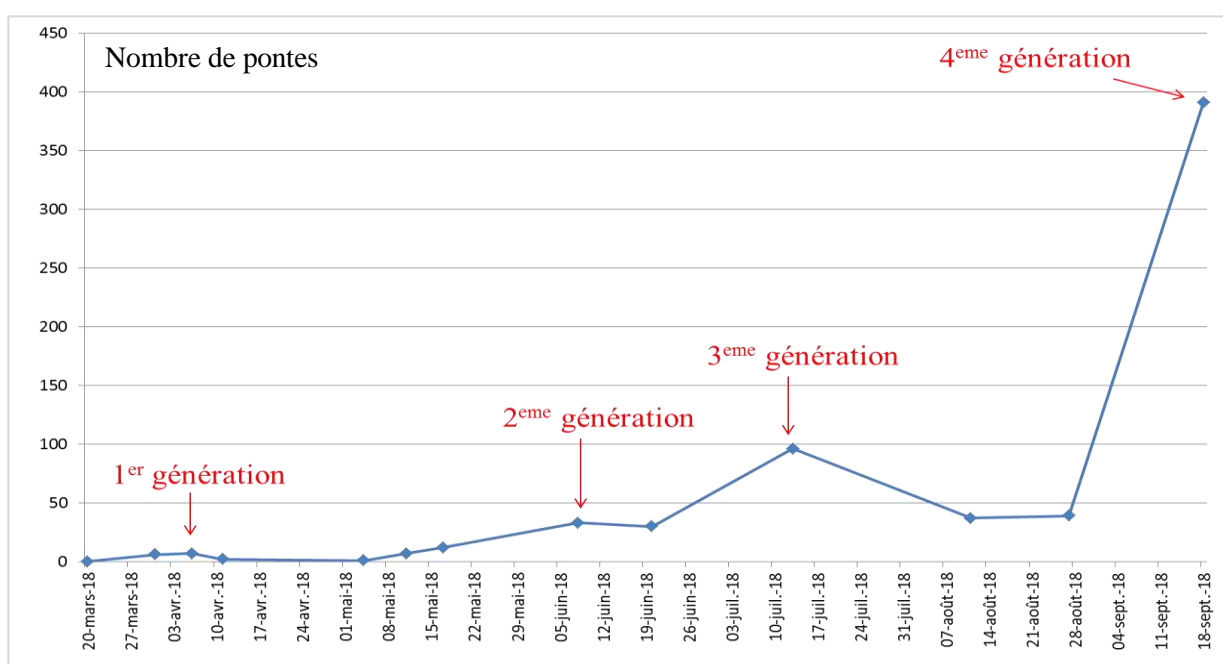


Figure 36 – Nombre de ponte de *D. liva* sur *P. granatum*

3.3.2. – Comportement de ponte chez les femelles

3.3.2.1. – Comportement de ponte sur les grenades

Selon les quatre directions cardinales, les femelles de cette espèce ont une légère préférence vers les deux parties Nord et Sud de l'arbre pour pondre leurs œufs. La partie Ouest semble être la partie la moins préférée par les femelles pour pondre leurs œufs (Fig. 37).

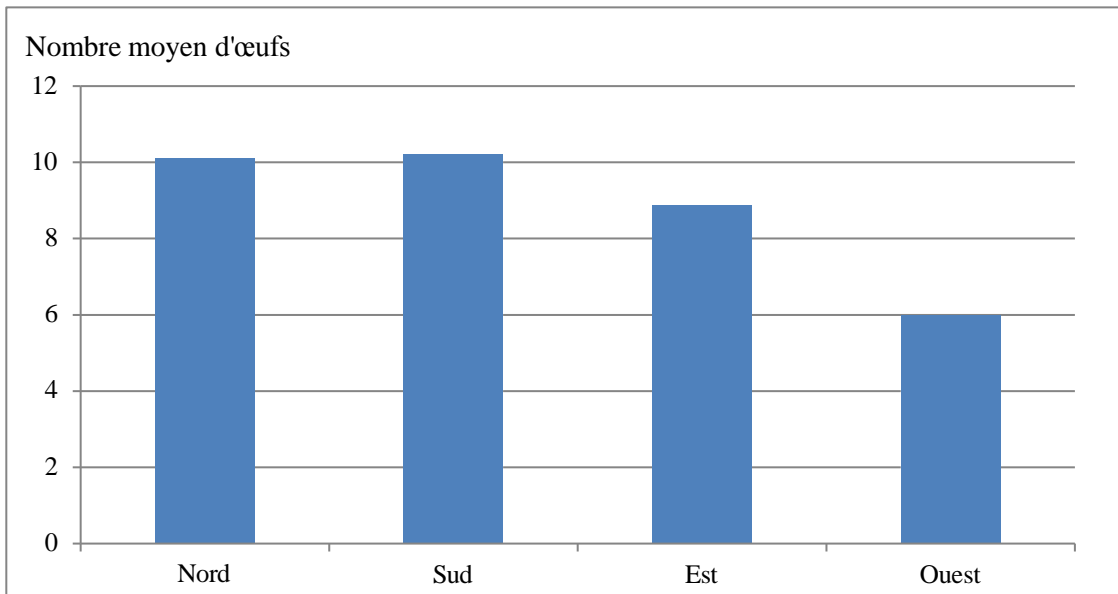


Figure 37 – Répartition des pontes entre les quatre directions cardinales

L'analyse statistique de différences entre les moyens des quatre directions cardinales avec le test Kruskal Wallis (Shapiro-Wilk normality test : $p\text{-value} = 0.0005907$) n'a pas montré de différence significatif ($p\text{-value} = 0.7624 > 0.05$).

Il a été remarqué que les œufs ne se disposent pas sur le fruit de la même manière, ce qui montre que les femelles choisissent un endroit spécifique pour pondre leurs œufs. Pour cela il a été procédé dans la présente étude d'étudier ce phénomène.

Le fruit de grenadier est divisé en 7 parties, pour voir la partie la plus adéquate aux femelles pour qu'elles pondent leurs œufs. Cette répartition est mentionnée dans la figure suivante (Fig. 38).

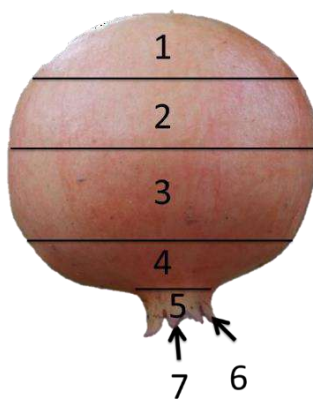


Figure 38 – Différentes parties de suivi des pontes sur la grenade (*Punica granatum*)

Les résultats montrent une nette hétérogénéité de la répartition des pontes sur la surface des grenades (Fig. 39). La partie préférable pour la ponte chez les femelles c'est l'hémisphère bas du fruit notamment la partie 4. Elle est suivie par la partie 3, ensuite l'hémisphère haut avec les deux parties 2 et 1. Ensuite, les parties qui ont présenté un faible taux de ponte sont les parties 7 et 5. Les femelles n'ont pondu aucun œuf dans la partie 6. C'est-à-dire elles s'orientent davantage vers la deuxième moitié du fruit, ceci peut être expliqué que les femelles assure la protection de leurs œufs contre les ennemis naturels, ainsi que les aléas climatiques.

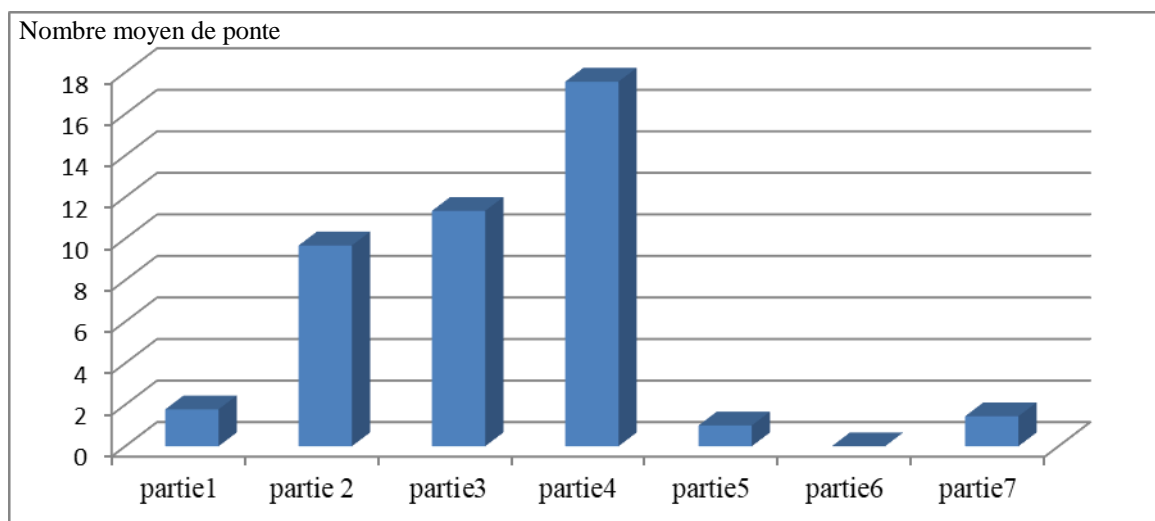


Figure 39 – Répartition des pontes entre les sept parties de la grenade

Le papillon a une préférence vers les zones 4 ensuite 3 et 2, durant les mois allant de mai jusqu'à août. Quant au mois de septembre où les femelles s'orientent vers le haut hémisphère du fruit est principalement vers la zone 2, ensuite la zone 3, puis la zone 4 (Fig. 40).

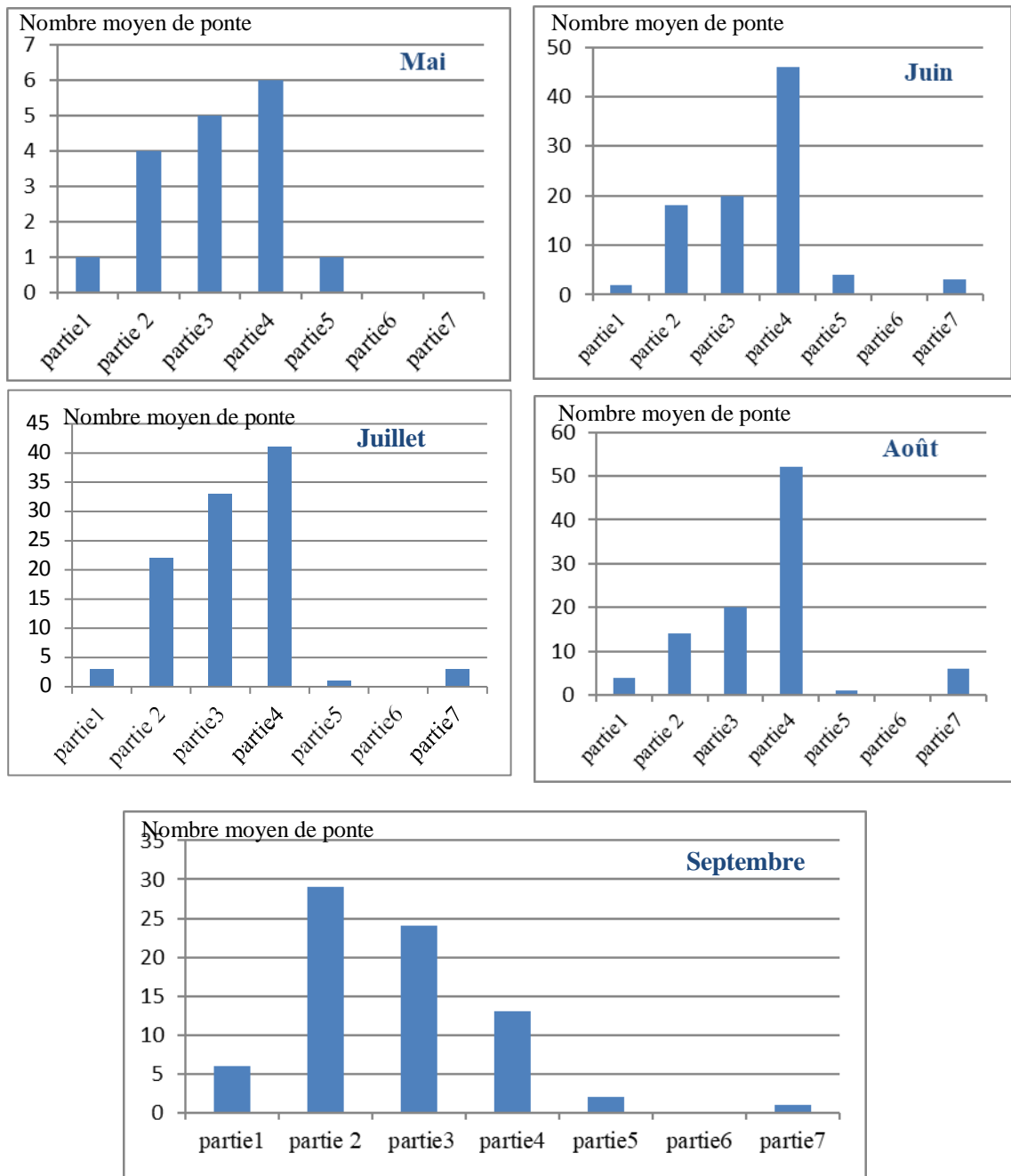


Figure 40 – Répartition des pontes entre les sept parties de la grenade selon les mois

3.3.2.2. – Comportement de ponte sur les gousses de *V. farnesiana*

Les résultats montrent que les femelles s'orientent plus des vers la direction Nord de l'arbre. En revanche, les deux parties Est et Ouest sont moyennement appréciées par les femelles par rapport à la partie Sud qui est la moins préférée (Fig. 41).

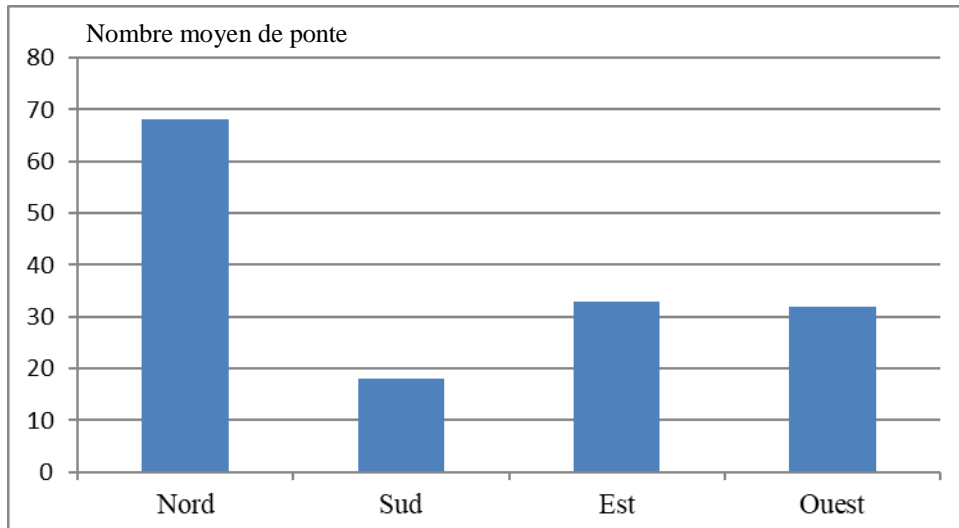


Figure 41 – Distribution des pontes entres les quatre points cardinaux chez *V. farnesiana*

Concernant la préférence de ponte chez les femelles sur les différentes parties de la gousse de *V. farnesiana*. Cette dernière est divisée en 3 parties : (1) la partie du pédoncule, (2) la partie médiane et (3) le bout de la gousse. Ainsi, chaque partie est divisée en deux, le coté latéral et le coté du sillon de la gousse. Ce qui donne au total six parties (1L, 1S, 2L, 2S, 3L et 3S) (Fig. 42).

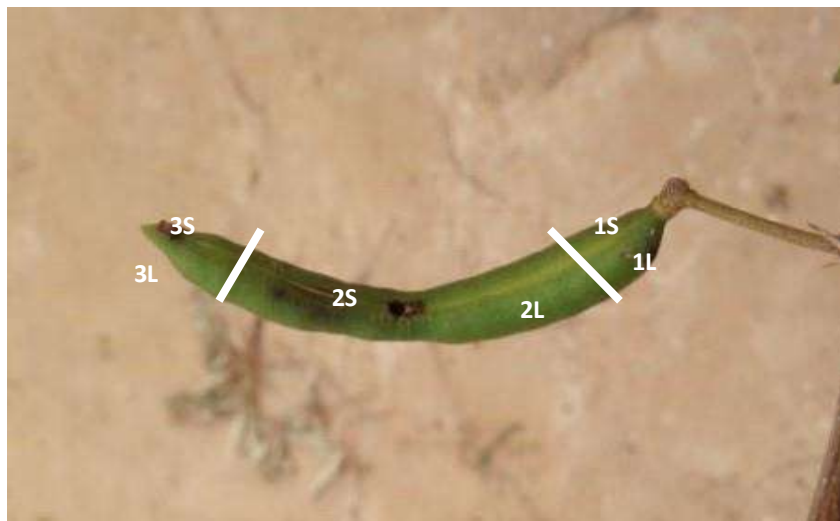


Figure 42 – Différentes parties de suivi des pontes sur la gousse de *V. farnesiana*

Les résultats montrent une préférence vers la partie médiane de la gousse, ensuite la partie près du pédoncule et enfin la partie du bout de la gousse. Les femelles ont une tendance à pondre leurs œufs sur la partie latérale de la gousse plus que dans le sillon de la gousse (Fig. 43).

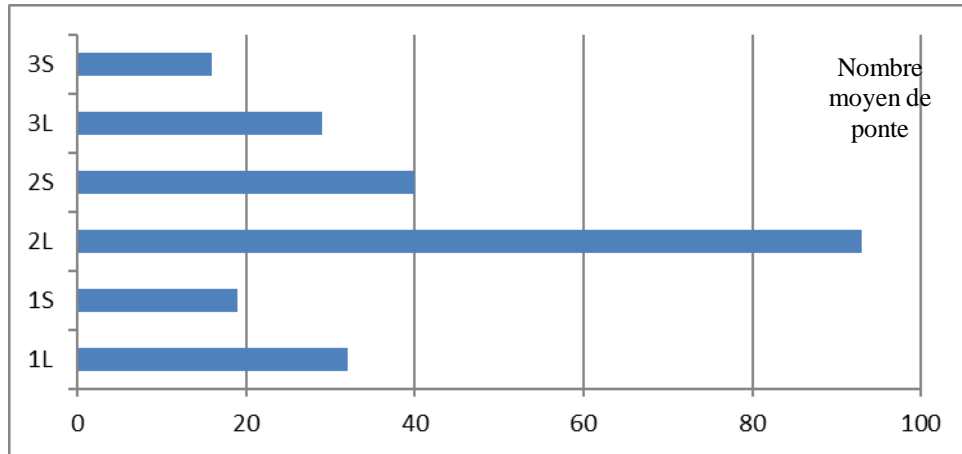


Figure 43 – Répartition des pontes entre les six parties de la gousse

3.3.3. – Comportement de pénétration des larves vers l'intérieur du fruit

Le comportement de la larve du premier stade pour creuser le trou de rentrée dans le fruit reste très important, car c'est le stade qui cause les dégâts avec le piquage du fruit. Donc, la compréhension de son comportement est primordiale dans la lutte. Il a été procédé au suivi des endroits des trous fait par les larves.

Les résultats montrent qu'il existe une préférence vers la partie 3 du fruit, ensuite la partie 4 ensuite la partie 2 (Fig. 44). Par contre, il n'y a aucun trou observé sur les parties 5, 6 et 7.

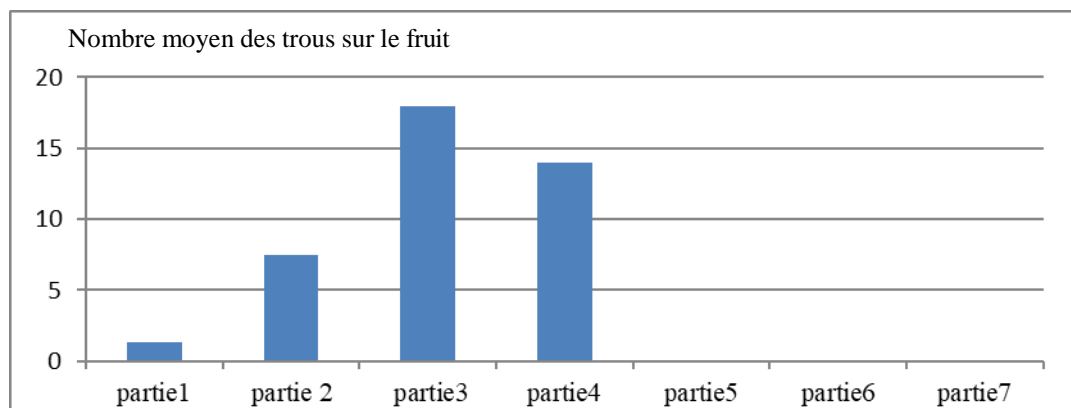


Figure 44 – Répartition des trous de pénétration des larves du 1^{er} stade sur la grenade

3.3.4. – Hivernation de *Deudorix livia*

Pendant l'hiver les températures dans la partie septentrionale du Sahara algérien sont assez basses. Les plantes hôtes ne sont pas capables d'héberger l'insecte, ce qui oblige l'insecte de passer par une forme

d'hivernation. Donc l'insecte passe l'hiver sous forme de larve de dernier stade ou bien sous forme de chrysalide.

A l'intérieur des palmeraies, au début du mois de décembre, les larves issues de la dernière génération sur les grenadiers entrent en vie ralentie à cause des conditions climatiques non favorables et elles finissent par leur transformation en chrysalide à l'intérieur des grenades qui restent fixés dans l'arbre (Fig. 45). Ceci est admis grâce au nombre important des chrysalides trouvés à l'intérieur des grenades séchées au moment de l'hiver. Elles passent pratiquement tout l'hiver jusqu'à leur émergence au début du printemps.



Figure 45 – Lieu potentiel pour l'hivernation de *D. liva* dans les stations d'étude
(Originale)

3.3.5. – Lieu de nymphose de *Deudorix livia*

Le repérage des lieux de nymphose du papillon a une importance primordiale afin d'établir des programmes de lutte efficace. En effet, le suivi des chrysalides de ce papillon a permis d'obtenir les résultats suivants (Fig. 46).

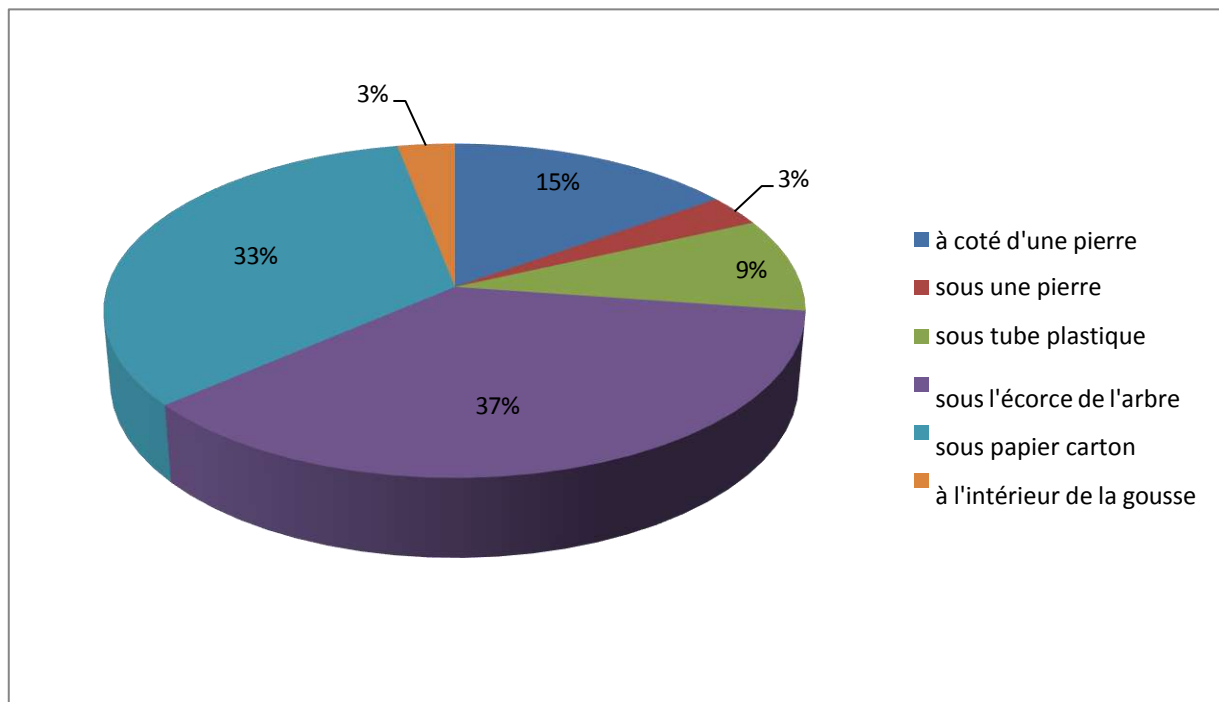


Figure 46 – Endroits de nymphose chez *Deudorix livia*

Le plus grand nombre de cas de nymphose a été observé sous les différents objets que la larve du dernier stade se localise sous l'arbre comme : des pierres, des papiers en carton, des tubes d'irrigation en plastique. Cependant, une partie assez importante des larves se dirigent vers les écorces des arbres où elles effectuent leurs nymphoses.

Il est à souligner qu'il est rarement où la larve se nymphose à l'intérieur du fruit sauf durant la période hivernale. Ce qui montre la difficulté de trouver des chrysalides sur le terrain notamment dans les fruits.

Le suivi de la nymphose confirme ces observations du terrain, car 100 % des larves ont quitté leur gousse, et elles se sont repérées en nymphose sous les différents objets qui se trouvent sous différents supports (pierres, morceaux de bois, ...).

3.3.6. – Taux d'éclosion et causes de létalité des œufs de *Deudorix livia*

Le suivi du taux d'éclosion des œufs de *D. livia* montre une fluctuation selon les stations et les saisons. Parmi les principales causes de létalité des œufs, il est à citer : les œufs stériles, les œufs vides et les œufs qui présentent des larves mortes (Fig. 47). La station qui représente le plus grand taux d'éclosion est celle d'Atbounour, avec un taux

d'éclosion de 87 %. Par contre, la station qui représente le plus faible taux d'éclosion est celle du centre-ville (41 %). Les œufs stériles apparaissent principalement dans la station de Babaouaissa (7,5 %). Le phénomène des œufs vides est présent dans toutes les stations mais avec des taux faibles qui fluctue entre 3 à 10 %. Parfois, les larves complètent leur embryogénèse à l'intérieur des œufs mais quand elles arrivent au moment d'éclosion elles meurent à l'intérieur de l'œuf. Ce phénomène est très répandu dans la station de Babaouaissa (29 %) (Sur grenadier), mais il est faible dans les autres stations (sur *V. farnesiana*).

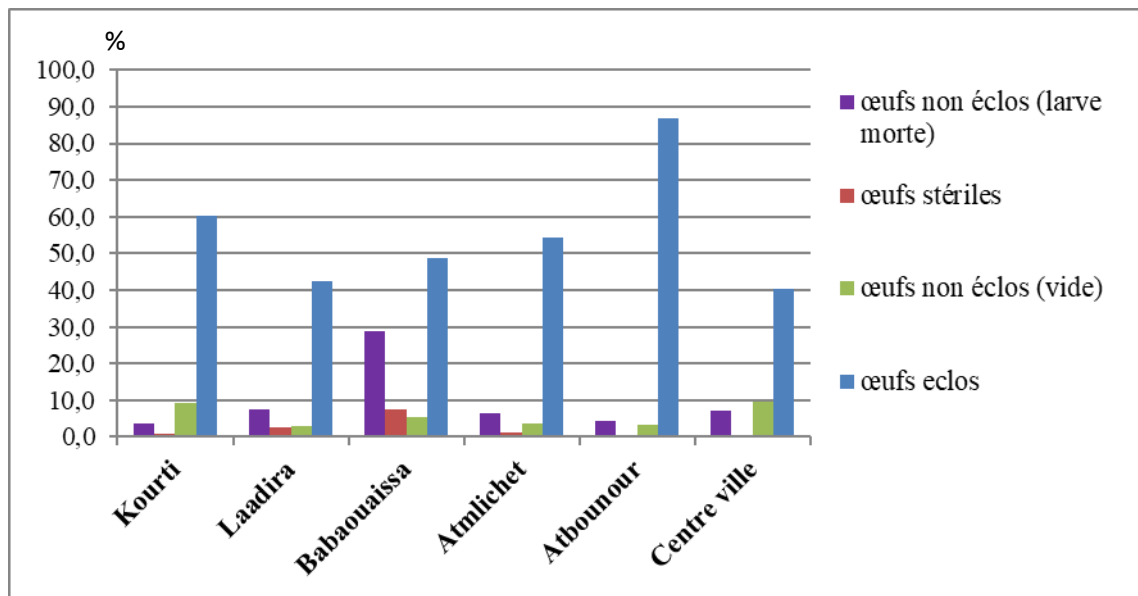


Figure 47 – Taux d'éclosion des œufs et causes de létalité des œufs selon les stations

Selon les mois de suivi, le taux d'éclosion le plus important est enregistré durant le mois de mars (65 %). Par contre, ce taux a diminué considérablement pendant l'automne et principalement en mois de novembre (19 %) (Fig. 48). Les œufs stériles apparaissent principalement en novembre (12 %) et en mars (9 %), ceci peut être dû à la diminution de l'activité sexuelle des adultes durant ces deux mois à cause des basses températures, ce qui obligent quelques femelles de pondre des œufs non féconds.

Le taux le plus important des œufs vides est enregistré en avril (13 %) et en juillet (11 %), tandis que les taux les plus faibles sont enregistrés pendant le mois de novembre (2 %).

Le phénomène de la mortalité des larves juste avant l'éclosion est noté surtout en mois de novembre (43 %) et en juillet (32 %). Par contre, le taux le plus faible de ce phénomène est noté au mois de mai (3 %).

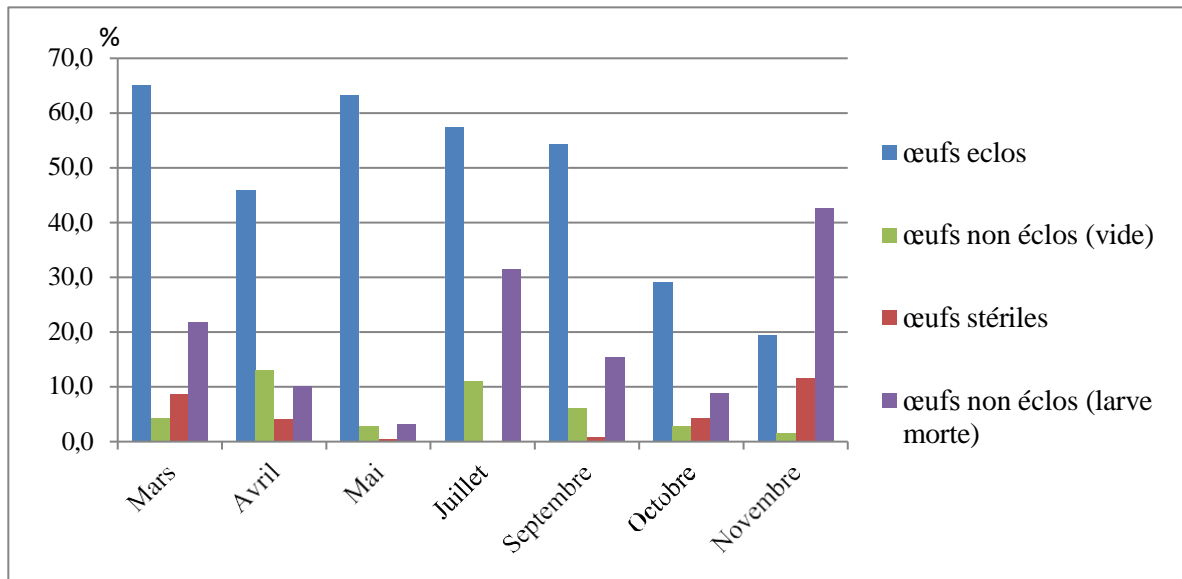


Figure 48 –Taux d’éclosion des œufs et causes de létalité des œufs selon les mois

3.3.7. – Ennemis naturels et taux de parasitisme

Lors des sorties sur le terrain, on a récupéré les œufs du papillon, après avoir déposé au laboratoire. Il a été observé la sortie des micro-hyménoptères à partir des œufs de papillon. Ces micro-hyménoptères sont identifiés comme des *Trichogramma* sp. (Fig. 49)

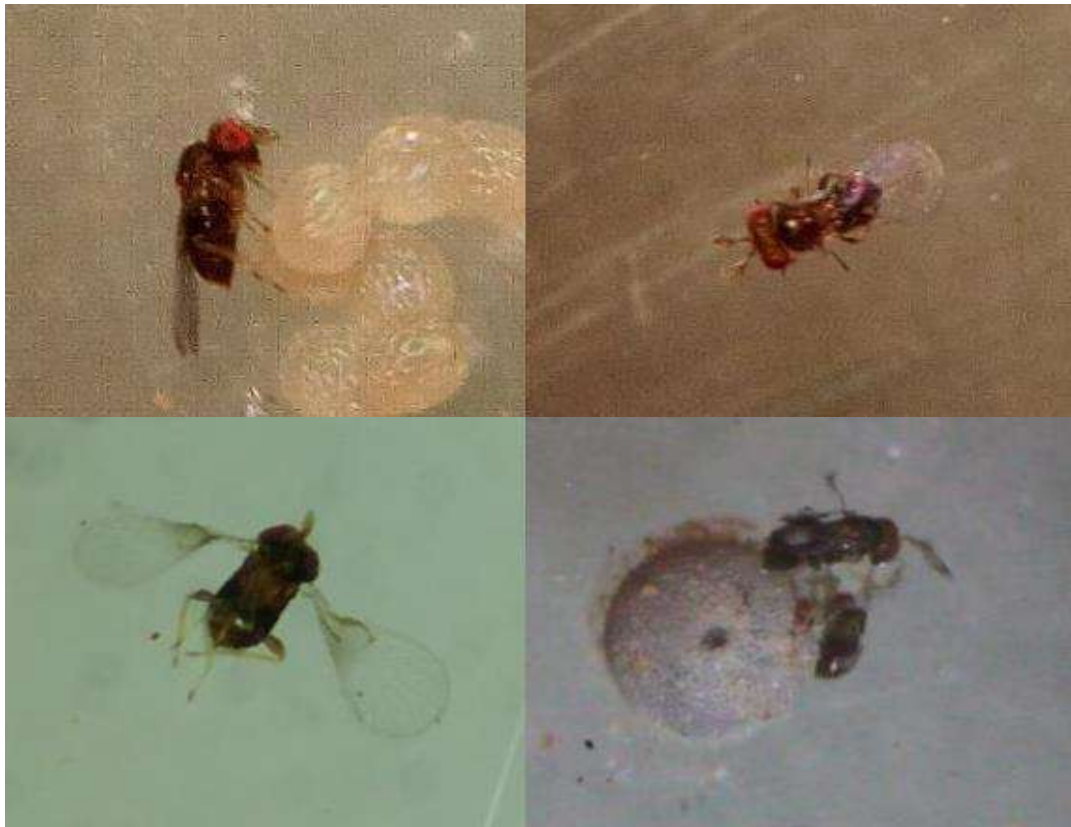


Figure 49 – Emergence de *Trichogramma* sp. à partir des œufs de *D. livia* (Originale)

L'observation minutieuse des œufs parasités par ce Trichogramme a permis de cerner la différence entre un œuf parasité et un œuf non parasité. L'œuf devient sombre après le parasitisme, et il présente un trou de petite taille dans l'un des côtés de l'œuf. Tandis que l'œuf non parasité devient totalement blanc après la sortie de la larve, et le trou de sa sortie est largement grand et se situe exclusivement dans la partie apicale de l'œuf (Fig. 50).

Le nombre d'individus qui sort des œufs varie entre 3 et 5 individus, ce qui montre que ce parasitoïde est polyembryonnaire.

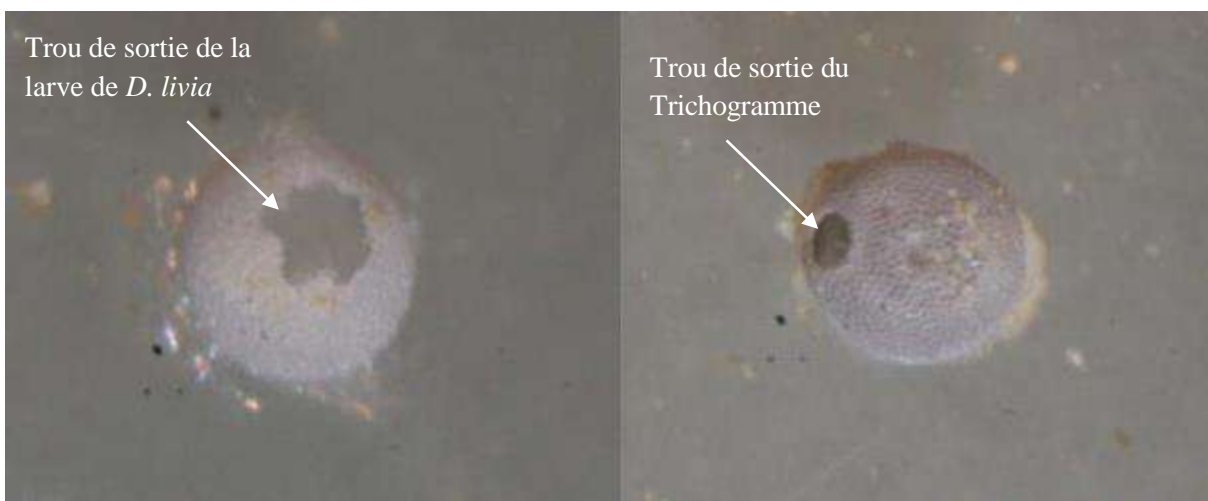


Figure 50 – Différence entre un œuf éclos (à gauche) et œuf parasité (à droite) (Originale)

Le suivie de l'activité de ce parasitoïde dans les différentes stations d'étude a montré la présence de ce Trichogramme dans les stations suivantes : Babaouaissa (sur grenadier), Laadira (sur *V. farnesiana*); Korti (sur *V. farnesiana*); Centre-ville (sur *V. farnesiana*); Atmlichet (sur *V. farnesiana*); Atbounour (sur *V. farnesiana*) (Fig. 51).

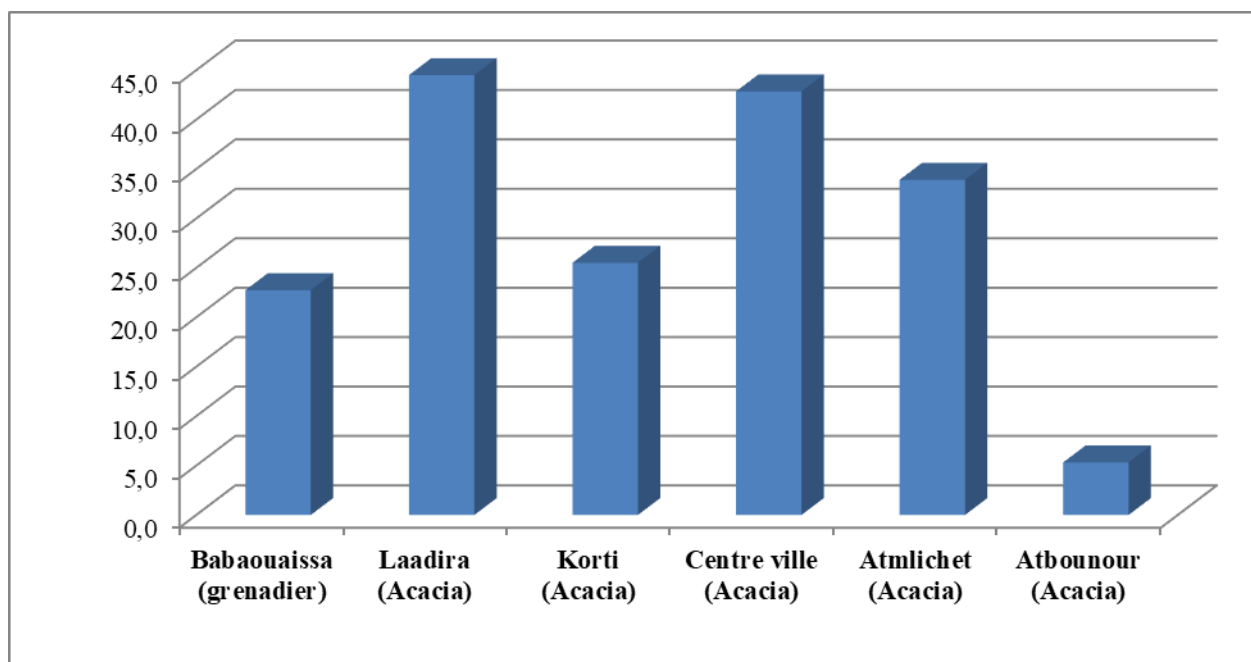


Figure 51 – Taux de parasitisme dans les différentes stations d'étude

Les résultats montrent une variation du taux de parasitisme (entre 5,3 et 44,5 %) en fonction des stations (Fig. 51). Les stations d'étude qui représentent un taux de parasitisme important sont celle de Laadira et celle du centre-ville avec des taux de parasitisme fluctuant entre 44,5 et 42,9% respectivement. Les stations qui représentent des pourcentages de parasitisme moyennes sont celles d'Atmlichet (33,9 %), Korti (25,5 %), et celle de Babaouaissa (22,7 %). Cette dernière est cultivée en grande partie par des arbres de grenadier, tandis que les deux premières représentés par des arbres de *V. farnesiana*. Le taux le plus faiblement enregistré dans la station d'Atbounour est avec 5,3 % des œufs parasités.

Le suivi du parasitisme en fonction des mois de l'année a permis de comprendre l'activité de ce *Trichogramma* sp. qui est essentiellement printanière et automnale avec un taux de parasitisme atteignant 34,5 % en automne et 32 % au printemps (Fig. 52).

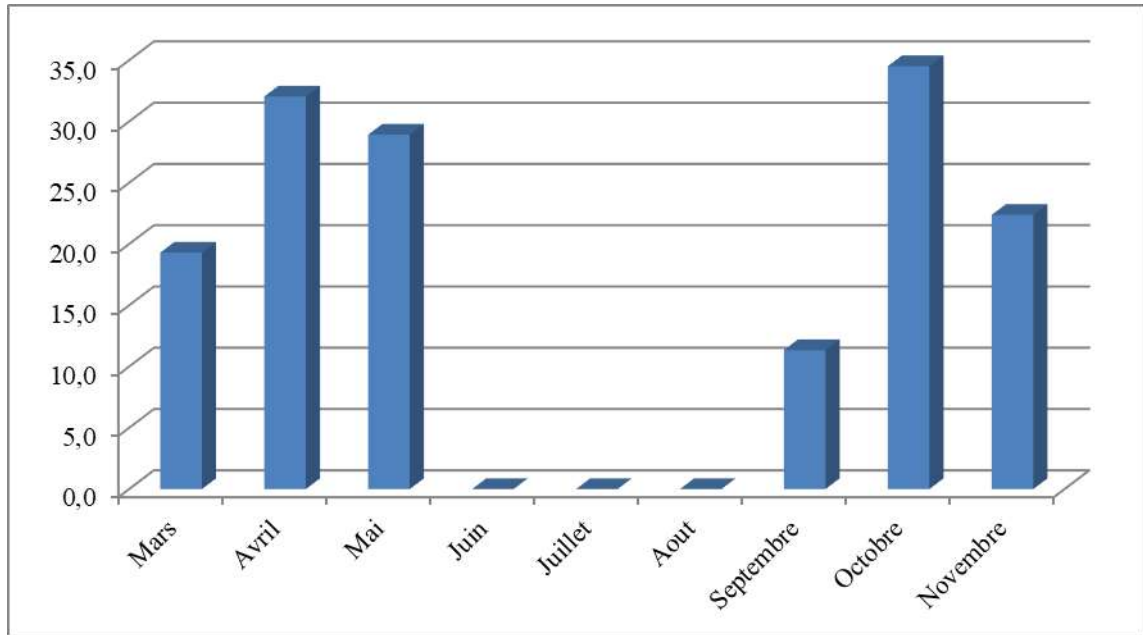


Figure 52 – Taux de parasitisme en fonction des mois de l’année 2019

Le taux de parasitisme le plus important est enregistré au mois d’octobre (34,5 %), suivi par le mois d’avril (32 %), ensuite par le moi de mai (28,9 %). Les mois qui représentent des pourcentages de parasitisme moyens sont : mars (19,3 %), septembre (11,3 %) et novembre (22,4 %). En revanche, les mois de la saison estivale comme juin, juillet et août ne révèlent aucun cas de parasitisme. Ceci peut être expliqué du faite que ce parasitoïde préfère les températures modérées et ne peut pas supporter les températures élevées (Fig. 52).

Le test de corrélation de Pearson calculé entre le nombre des œufs pondus et le nombre des œufs parasités a révélé une corrélation significativement positive ($t = 7.6958$, $df = 4$, $p\text{-value} = 0.001534$, $cor = 0.9678506$). C’est à dire que le taux de parasitisme augmente avec l’augmentation des pontes des femelles de *D. livia* (Fig. 53).

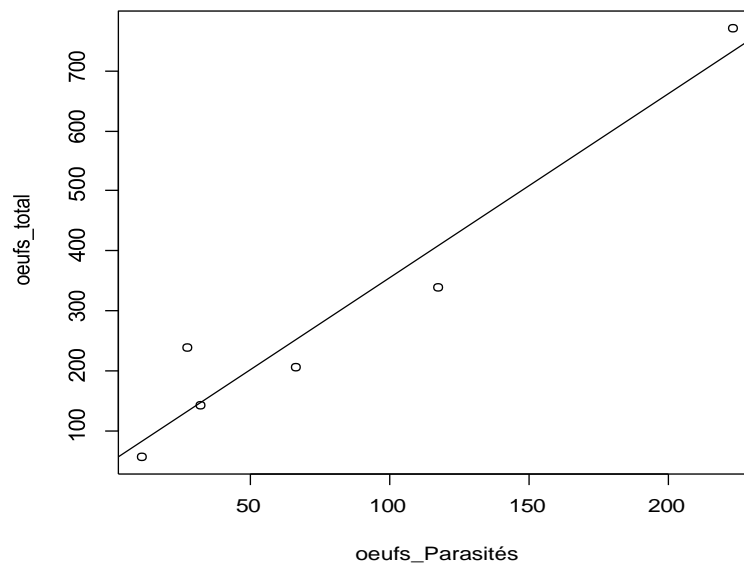


Figure 53 – Représentation graphique de corrélation entre les œufs pondus et les œufs parasités

3.3.8. – Hypothèse sur la stratégie de survie de *D. livia* à l'intérieur des palmeraies pendant chaque année de la période d'étude

Depuis son introduction, et avec sa polyphagie le papillon du grenadier a réussi de s'adapter avec l'écosystème oasien qui est caractérisé par une grande diversité de cultures associées à la culture du palmier dattier comme culture principale. Cette biodiversité offre à l'insecte un milieu favorable pour maintenir ses populations au courant de toute l'année en lui offrant une gamme de plantes hôtes qui assurent sa subsistance au niveau des oasis.

Le suivi de la bioécologie de cette espèce a permis de comprendre sa stratégie de survie au sein des palmeraies durant toute l'année (Fig. 54).

Le papillon passe l'hiver sous forme de larve ou bien de chrysalide à l'intérieur des fruits de *Punica granatum* qui restent fixés sur les arbres.

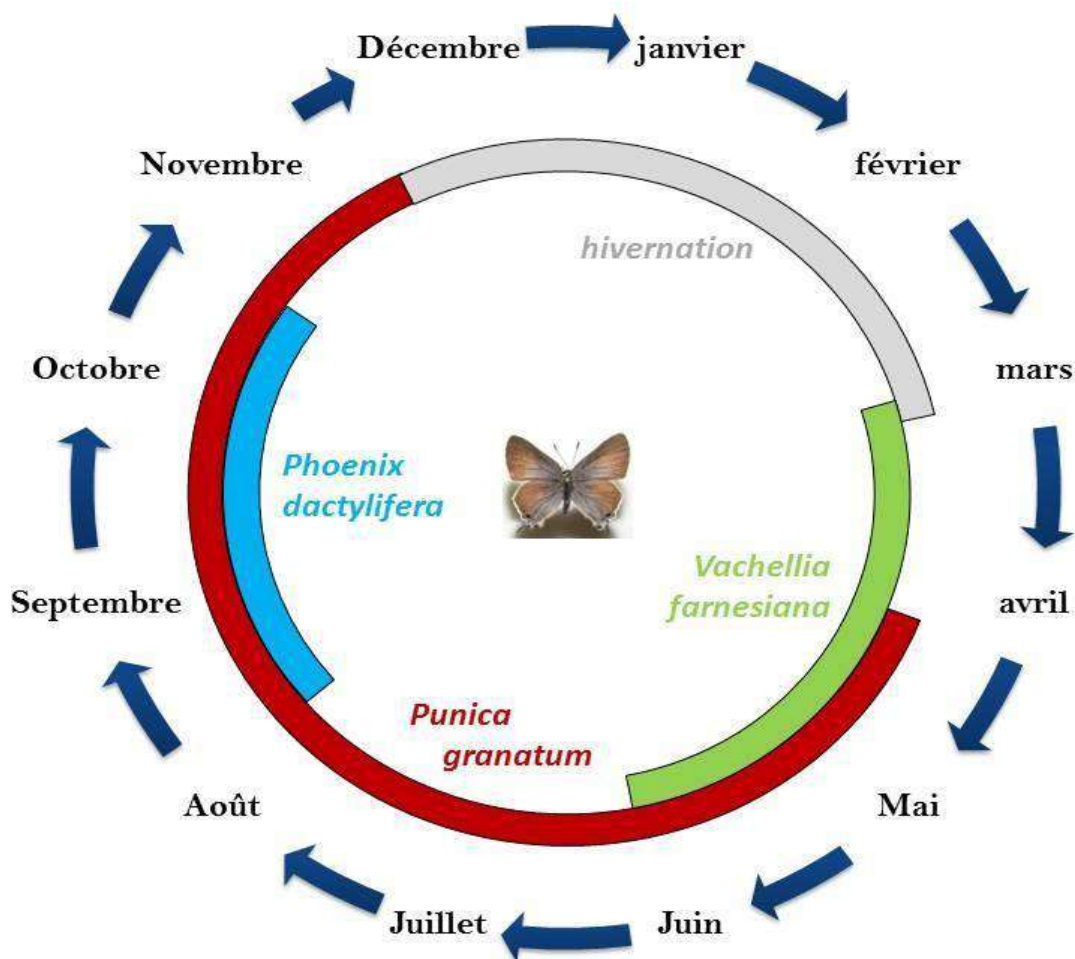


Figure 54 – Cycle annuel de *D. livia* dans les stations d'étude (Originale)

Les arbres de *V. farnesiana* sont plantés dans les palmeraies soit comme brise vent ou soit comme arbre d'ornement et parfois il a été observé des arbres qui poussent spontanément à l'intérieur ou à la périphérie des palmeraies. *V. farnesiana* commence sa floraison en fin d'octobre et en début du mois de novembre pour chaque année, ce qui conduit à la formation des gousses vers la fin de l'hiver. Au début du printemps les premiers adultes de *D. livia* émergent et vont directement vers les arbres de *V. farnesiana*, où ils trouvent les gousses déjà formées pour développer les premières générations de l'année. Ensuite, avec le début du mois d'avril les grenades seront déjà au stade nouaison, les premières femelles commencent à tourner vers les grenades nouvellement formées pour pondre leurs œufs. Car il a été observé que les femelles préfèrent de pondre leurs œufs essentiellement sur les fruits qui ont atteint leur nouaison pour assurer la persistance des fruits sur les arbres ce qui assure la survie de leurs progénitures. Avec la fin du mois de juin les gousses de *V. farnesiana* se dessèchent totalement et les femelles ne pondent plus sur elles. En revanche, le papillon continue son

développement sur les grenades et quelques individus se dirigent en même temps sur le palmier dattier entre mi-août et début de novembre, mais son développement se fait principalement sur les grenadiers. Vers la fin de la saison automnale, les températures commencent à s'abaisser ce qui agit sur le développement larvaire qui devient très lent. Les larves de la dernière génération restent sur les grenades infestées sur les arbres et elles passent toute la période hivernale à cet état et se transforme en chrysalides (Fig. 55).

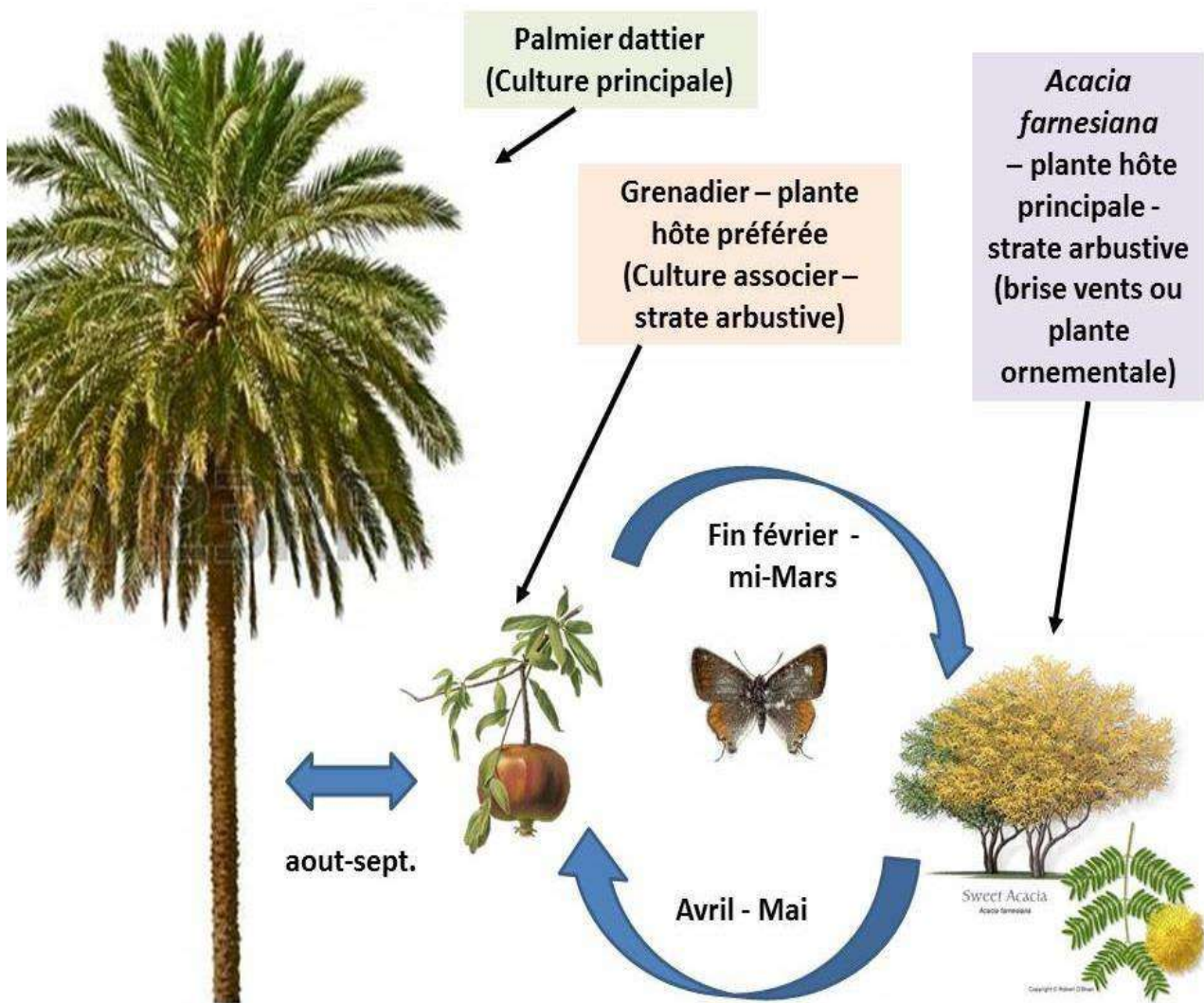


Figure 55 – Synthèse de stratégie de subsistance de *D. livia* à l'intérieur des palmeraies (Originale)

3.4. – Dégâts provoqués par *Deudorix livia*

Les dégâts provoqués par ce papillon sont importants et apparaissent d'une façon claire sur les trois plantes hôtes, à savoir le grenadier, le palmier dattier et l'*Acacia farnesiana*.

3.4.1. – Attaques dues aux *D. livia* sur *Punica granatum*

Les dégâts sur le grenadier commencent à apparaître à partir du mois de Mai – Juin et continuent jusqu'à la période de récolte (Septembre - Octobre).

Les symptômes d'attaque sont typiques, ils apparaissent sous forme d'un trou créé par la larve du papillon et avec le temps on constate la sortie d'excréments de la larve. Au cours que la larve s'agrandie le trou lui aussi s'élargie d'avantage. Après la sortie de la larve, les fruits attaqués pourrissent à cause de l'infestation massive d'insectes ravageurs secondaire tels que *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 et *Carpophilus* sp. associés à la fermentation des fruits. Parfois, la chute des fruits est résultante de l'attaque de ce papillon (Fig. 56).



Figure 56 – Symptômes des dégâts provoqués par *D. livia* sur grenades avec les insectes ravageurs secondaires (Originale)

Le suivi des dégâts provoqués sur les grenades montre que les dommages commencent par un faible pourcentage (4 %) en mois de Juin, ensuite ils commencent à prendre de l'ampleur avec le développement des fruits jusqu'elles arrivent à 84,6 % en mois Septembre qui est le mois de la récolte des grenades (Fig. 57).

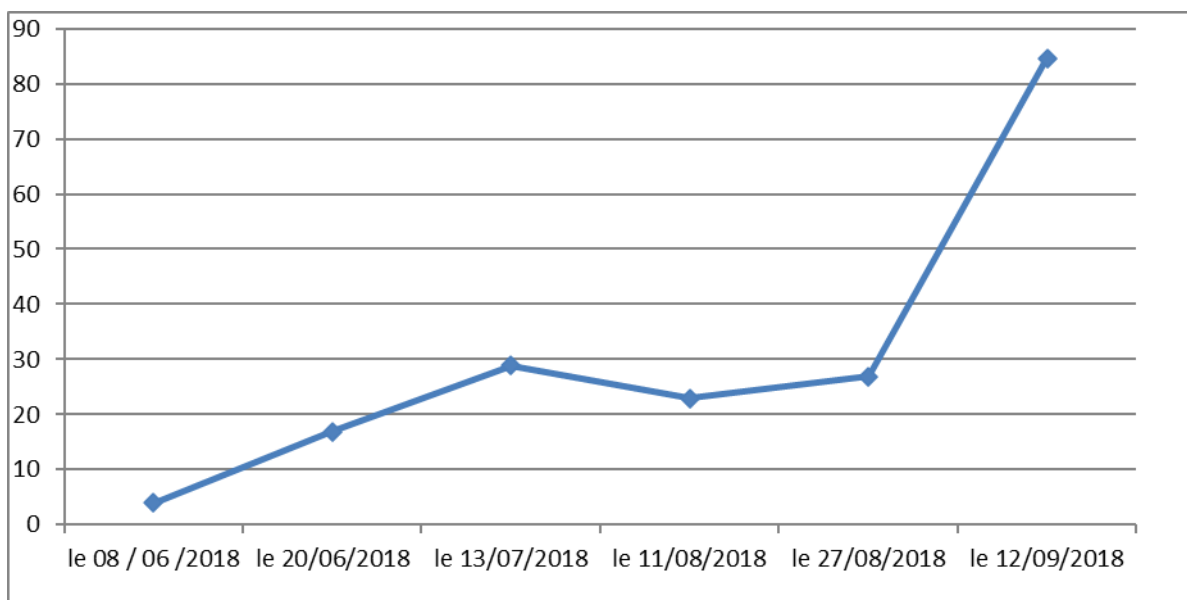


Figure 57 – Evolution du taux de dommages sur les grenades

La comparaison des dégâts causés par *Deudorix livia* sur les grenades dans les palmeraies de Ghardaïa entre 2018 et 2019 a révélé une variation dans les taux de dégâts (Fig. 58). En 2018, le taux de dégâts a été de 84,6 %, tandis qu'en 2019, les infestations ont été estimées à 58,5 %. Cela peut être attribué au fait que l'année 2019 a été plus chaude que celle de 2018, ce qui a entravé le développement de cette espèce sensible à la chaleur.

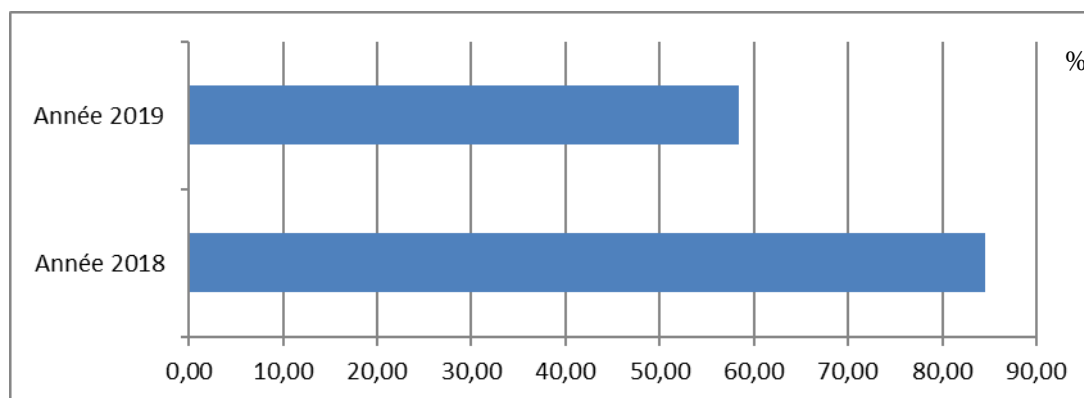


Figure 58 – Comparaison des taux de dégâts sur les grenades entre 2018 et 2019

3.4.2. – Estimation des dégâts sur les dattes dus au *D. livia*

Le suivi des attaques de *D. livia* sur les dattes révèle que les attaques commencent au mois d'août avec l'arrivée des dattes au stade blah et se termine jusqu'au début de maturation des dattes. Généralement, les dattes attaquées sont celles qui se trouvent à l'intérieur du régime et celles qui sont en bas du régime.

Les symptômes sont typiques pour cette espèce. La femelle du papillon dépose ces œufs à la surface des dattes. La larve nouvellement éclos creuse un trou dans la datte et commence à perforer vers l'intérieur en s'alimentant sur la chaire de la datte. Souvent la larve ne consomme pas le tégument de la datte. A chaque fois la larve sort du fruit et rejette ces excréments à l'extérieur et rentre à nouveau. Le trou s'élargit petit à petit en fonction du développement de la larve. La larve peut se déplacer d'une datte à une autre, au cours de son développement, elle peut s'alimenter sur plusieurs dattes adjacentes. Vers la fin de l'attaque, des insectes de fermentation peuvent s'installer comme *D. melanogaster* et *Carpophilus* sp. et même parfois des champignons saprophytes se développent à l'intérieur des dattes comme l'*Aspergillus* (Fig. 59). Enfin, la datte se dégrade et devient impropre à la consommation. La quasi-totalité des dattes attaquées subissent une chute (Fig. 60).

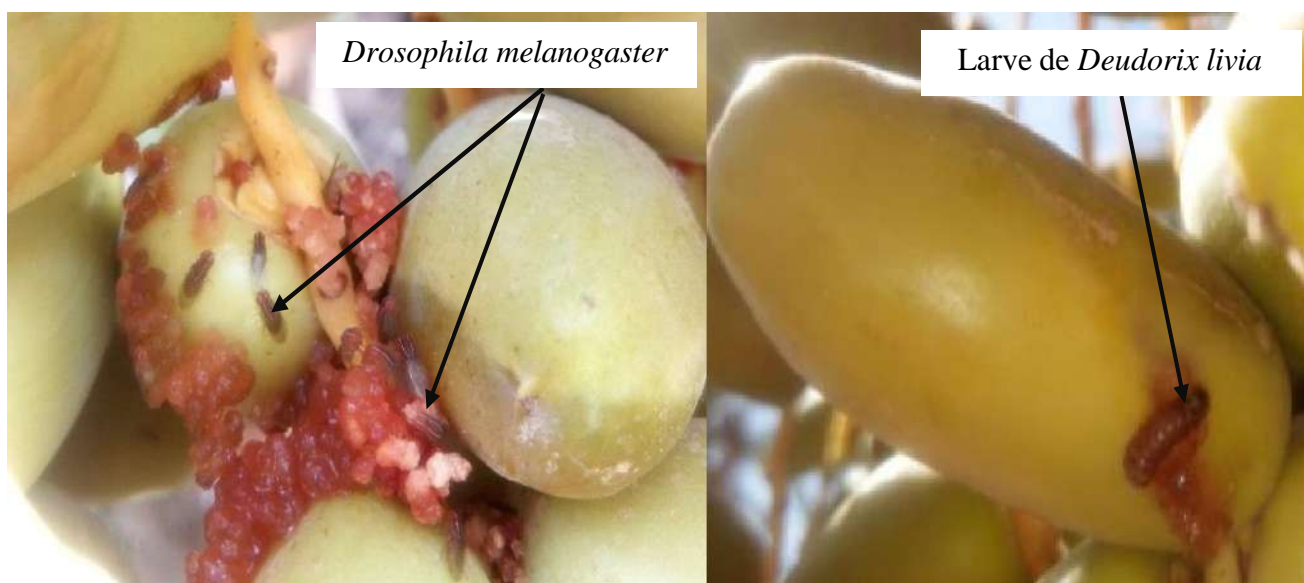


Figure 59 – Symptômes de dommage sur les dattes (Originale)



Figure 60 – Dattes tombées par terre suite aux attaques de *D. livia* (Originale)

L'insecte est observé sur les cultivars suivants : Deglet Nour, Tamjoughert, Dallet, Oultekbala et Tazerzait. Le taux moyen de pertes est estimé à 3,7 % avec une variation de 1,7 à 7,1 %. Il est à signaler que le pourcentage de perte varie selon les cultivars. Sur cinq cultivars suivis, le plus touché est celui de Dallet avec 7,1 % de dattes détériorées, suivi par la variété Tazerzait (4,3 %), ensuite le cultivar Oultekbala avec 1,9 % de dommage et enfin le cultivar le moins touché est celui de Tamjoughert avec seulement 1,7 % de pertes (Fig. 61).

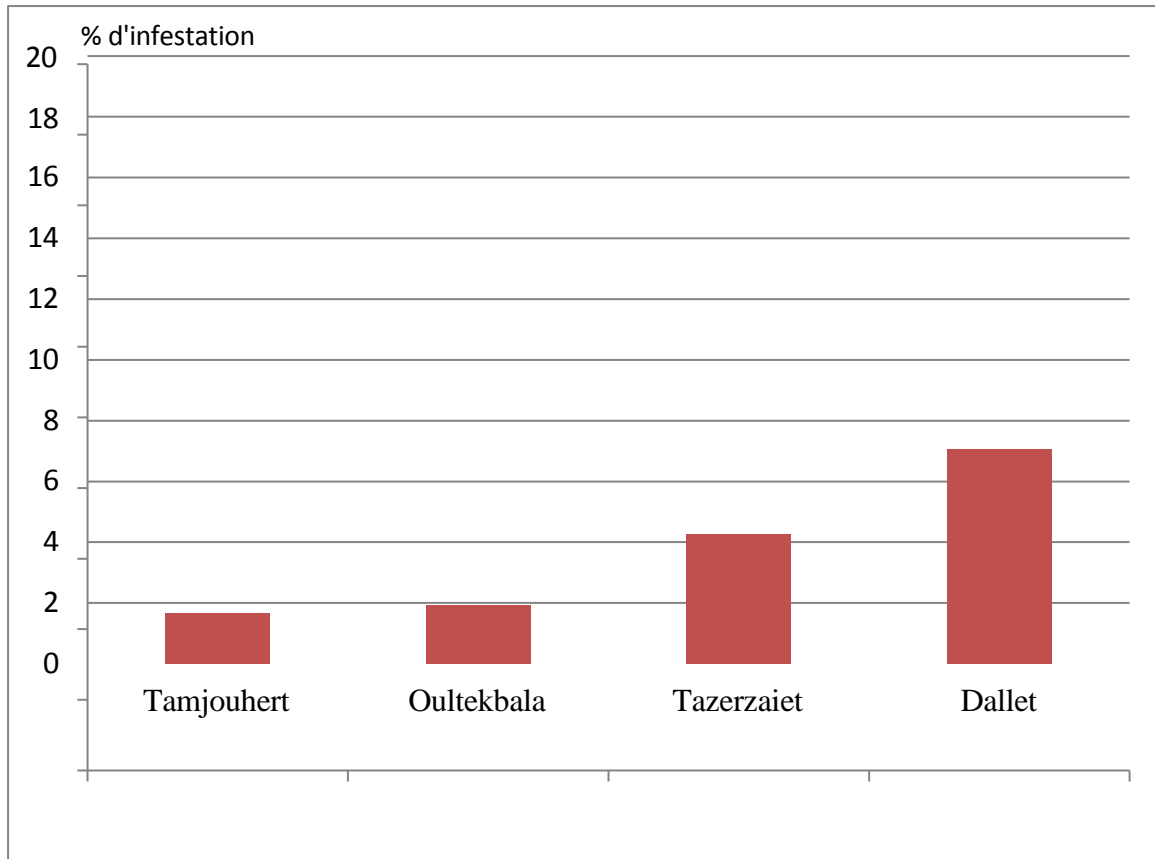


Figure 61 – Taux de dommages causés par *D. livia* sur quatre variétés de dattes étudiées

3.4.3. – Dégâts sur les gousses de *Vachellia farnesiana*

Les dégâts observés sur les gousses de *Vachellia farnesiana* commence à partir du mois de Mars où les gousses commencent à s'agrandir, et continuent jusqu'au mois de Mai et début de Juin (Fig. 62). A ce stade les gousses de *V. farnesiana* atteignent leur maturation finissent par leur dessèchement total. A ce moment-là, les femelles du papillon arrêtent la ponte et s'orientent vers d'autres plantes hôtes.



Figure 62 – Dégâts sur les gousses de *V. farnesiana* (Originale)

En 2018, les dégâts observés sur les gousses varient entre 29% dans la région de Noumirate et 52% dans la région d’Akhelkhal. Le taux moyen des dégâts est de 40 %. (Fig. 63)

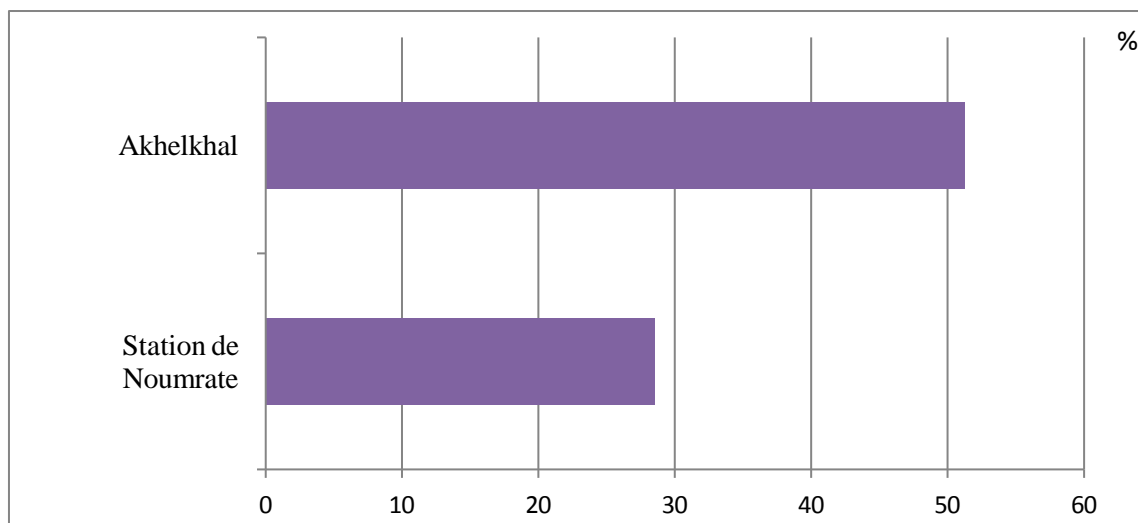


Figure 63 – Pourcentage des dégâts sur *V. farnesiana* dans deux stations en 2018

3.5. – Essais de lutte contre *Deudorix livia*

Pour lutter contre ce ravageur, quatre méthodes de lutte sont proposées. Ces méthodes de lutte sont la lutte chimique, la lutte physique, l'évaluation de l'effet répulsive par les hydrolats des plantes aromatiques et la lutte par le sucre industriel, et enfin l'établissement d'un programme de lutte intégrée.

3.5.1. – Essai par la lutte chimique

La pulvérisation de la matière active Lambda-Cyhalothrin sur les arbres du grenadier a permis d'obtenir des résultats intéressants avec un taux d'infestation extrêmement faible 0,08% par rapport aux arbres témoins qui ont montré un taux d'attaque moyen de 84,6% (Fig. 64).

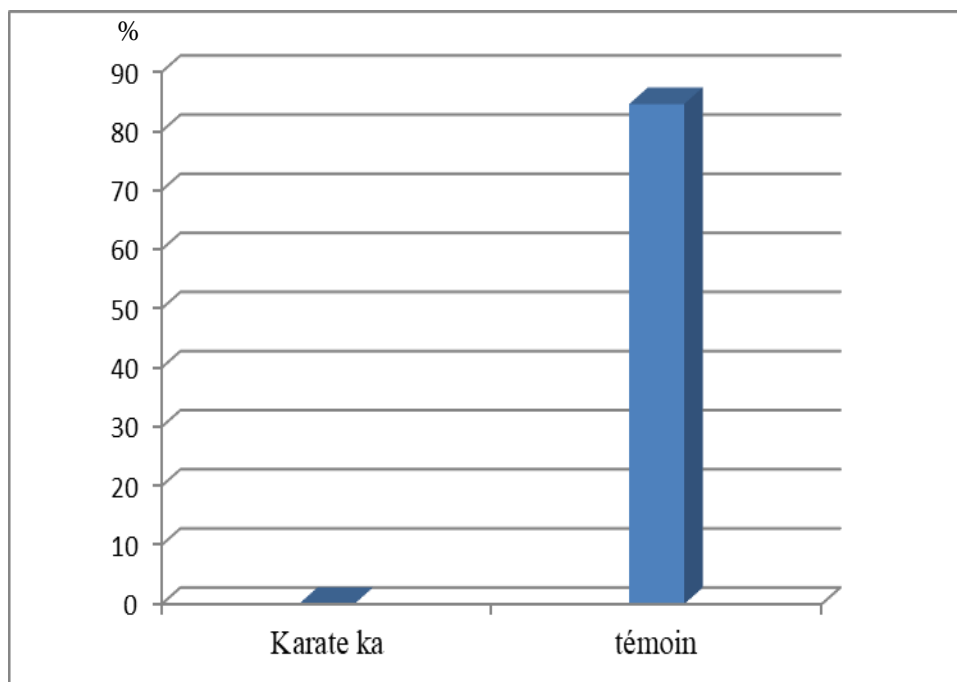


Figure 64 – Effet du larvicide par Lambda-Cyhalothrin

Les observations faites sur le terrain n'ont pas montré un effet ovicide. Cependant, cette matière active possède un effet larvicide par excellence.

C'est un produit qui agit par ingestion. L'efficacité du produit apparaisse durant l'éclosion dès que la larve commence à s'alimenter et creuser le fruit. Elle ingère le produit et elle se termine par mourir (Fig. 65).

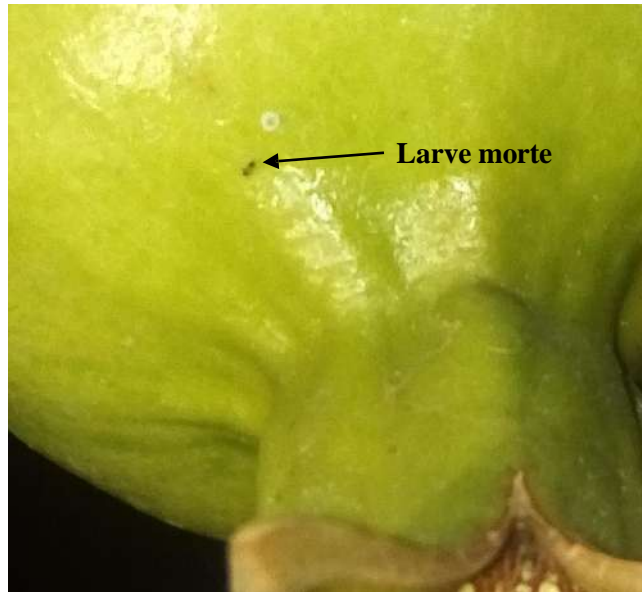


Figure 65 – Mortalité de larve à cause du traitement chimique (Originale)

3.5.2. – Essai de lutte Physique

La technique d'ensachage des fruits a donné des résultats très intéressants avec des taux d'infestation qui ne dépassent pas les 0,1 % par rapport au témoin qui est 85 % (Fig. 66).

Les sacs constituent une barrière forte contre les femelles de *D. livia*, ce qui empêche les femelles à pondre sur les fruits. En cas où la femelle réussit à pondre sur le pédoncule des fruits, la larve ne pourra pas creuser le fruit.

Cette méthode de lutte écologique est moins coûteuse car les sacs sont à prix bas, et peuvent être réutilisables pendant plusieurs années.

En revanche, cette méthode de lutte présente des limites. Le premier inconvénient est que le fruit ne se développe pas bien et reste chétif notamment les sacs en tissus sombres et ceux en papier kraft. Ceci probablement au manque de photosynthèse menée par les cellules du tégument du fruit.

De plus, les sacs en papier peuvent se déchirer à cause des conditions climatiques (Vents, pluies, etc.) ce qui limite leur efficacité et rend les fruits exposés aux attaques des insectes

ravageurs. Enfin, la mise en place de ces sacs nécessite beaucoup de main d'œuvres. En plus il faut installer les sacs avant l'arrivée de l'insecte.

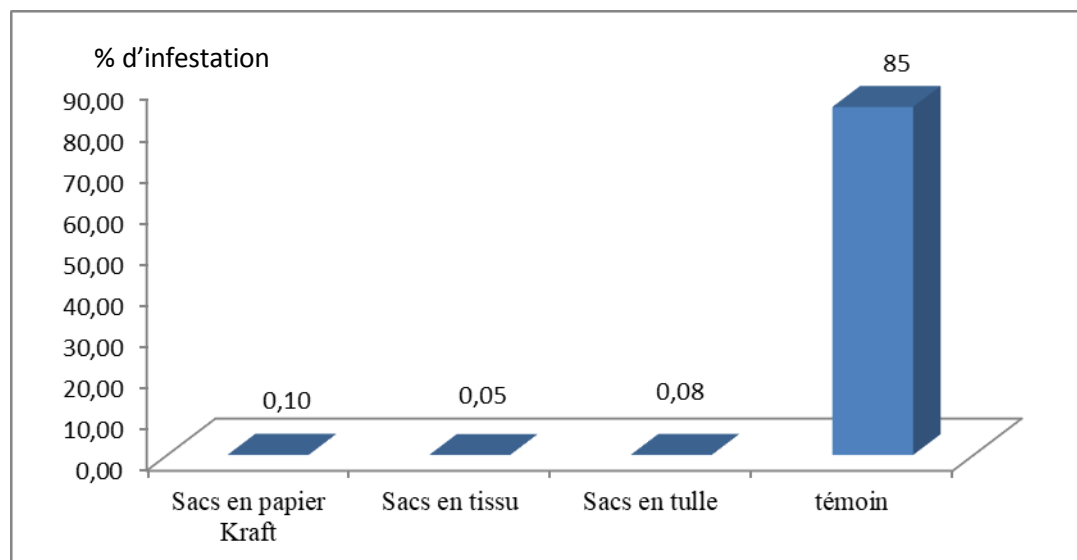


Figure 66 – Résultats de lutte physique par la méthode d'ensachage des fruits

3.5.3. – Effet répulsive par les hydrolats des plantes aromatiques

Le test de l'effet répulsive sur les femelles des hydrolats des plantes aromatiques suivant : l'hysope, le basilic, l'eucalyptus et l'armoise a montré un effet positif dans la réduction du taux des pontes sur les fruits du grenadier (Fig.67).

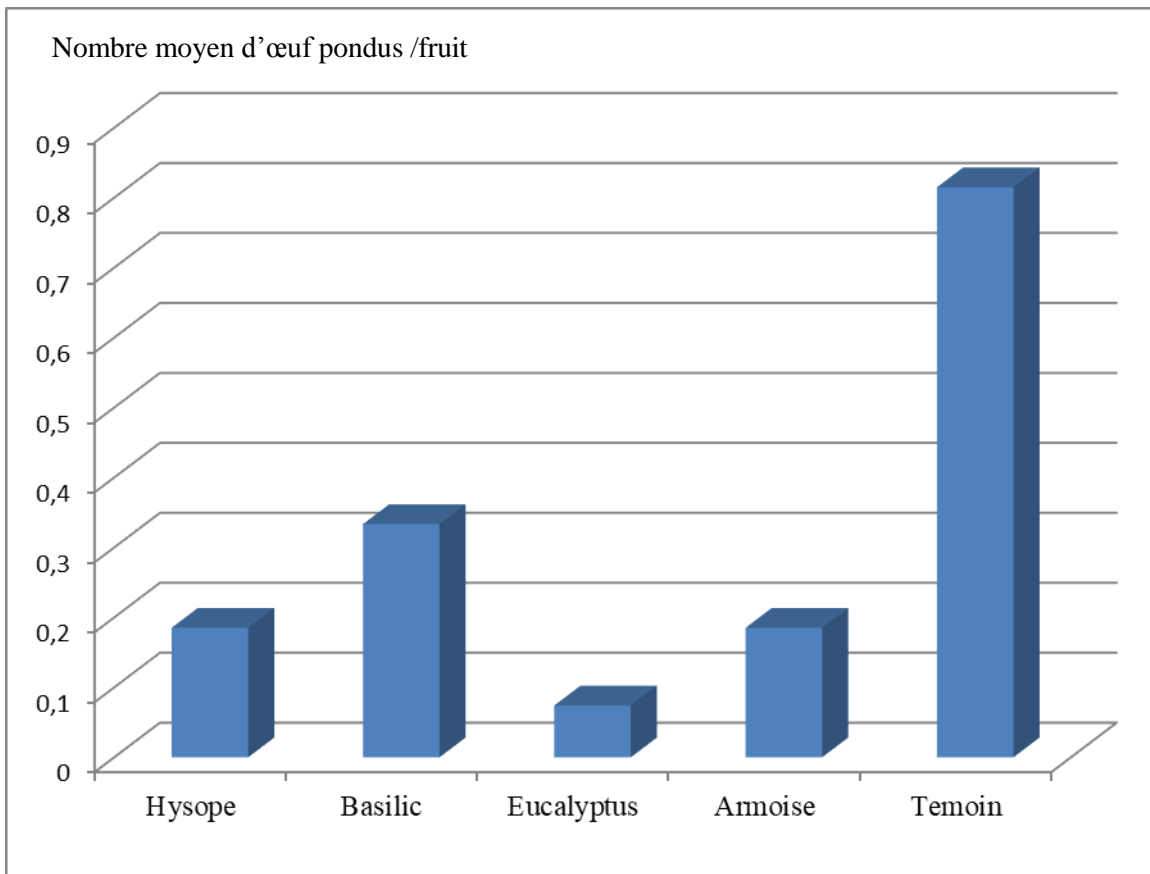


Figure 67 – Résultats de l'effet répulsif par les hydrolats des plantes aromatiques

L'hydrolat de l'eucalyptus a montré le plus grand effet répulsif avec réduction de ponte de 91 % (0,07 œuf/fruit) par rapport au témoin (0,8 œuf/fruit). Les hydrolats de l'hysope et de l'armoise ont donné une diminution des pontes de 77 % (0,2 œuf/fruit) par rapport au témoin. Cependant l'hydrolat du basilic a induit une diminution de 59 % dans le taux des pontes sur les fruits (0,3 œuf/fruit) par rapport au témoin (Fig. 67).

L'analyse statistique appliquée pour comparer entre les hydrolats des plantes aromatiques avec le témoin a montré une différence significative (Shapiro-Wilk normality test : p-value < 2.2e-16 ; Kruskal-Wallis test : p-value = 0,008805).

Le test post hoc de Dunn pour identifier les groupes différents a révélé une différence significative entre le témoin et l'hydrolat de l'eucalyptus et le témoin et l'hydrolat de l'armoise (Tab. 7).

Tableau 7 - Résultats du test post hoc de Dunn.

.y.	group1	group2	n1	n2	statistic	P	p.adj	p.adj.	Signif.
*	<chr>	<chr>	<chr>	<int>	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<chr>
1	Obs	Armoise	Basilic	27	27	1.09	0.276	1	ns
2	Obs	Armoise	Eucalyptus	27	27	0.259	0.796	1	ns
3	Obs	Armoise	Hysope	27	27	0.991	0.322	1	ns
4	Obs	Armoise	Témoin	27	27	3.09	0.00197	0.0197	*
5	Obs	Basilic	Eucalyptus	27	27	-0.831	0.406	1	ns
6	Obs	Basilic	Hysope	27	27	-0.0986	0.921	1	ns
7	Obs	Basilic	Témoin	27	27	2.01	0.0450	0.450	ns
8	Obs	Eucalyptus	Hysope	27	27	0.732	0.464	1	ns
9	Obs	Eucalyptus	Témoin	27	27	2.84	0.00457	0.0457	*
10	Obs	Hysope	Témoin	27	27	2.10	0.0354	0.354	ns

*: Différence significative ; ns : Non significative.

3.5.4. – Test de l'effet de sucre sur la stimulation de la défense du grenadier

La pulvérisation des grenadier avec des microdoses de sucre (saccharose) pour but de stimuler la défense chez les arbres contre le papillon du grenadier a montré pour la dose de 100 ppm une diminution de 22 % (0,7 œuf/fruit) par rapport au témoin (0,9 œuf/fruit) dans le nombre des œufs pondus sur les grenades (Fig. 68). Par contre, la dose de 200 ppm a induit une augmentation de 16 % dans le nombre des pontes (1 œuf/fruit) par rapport au témoin.

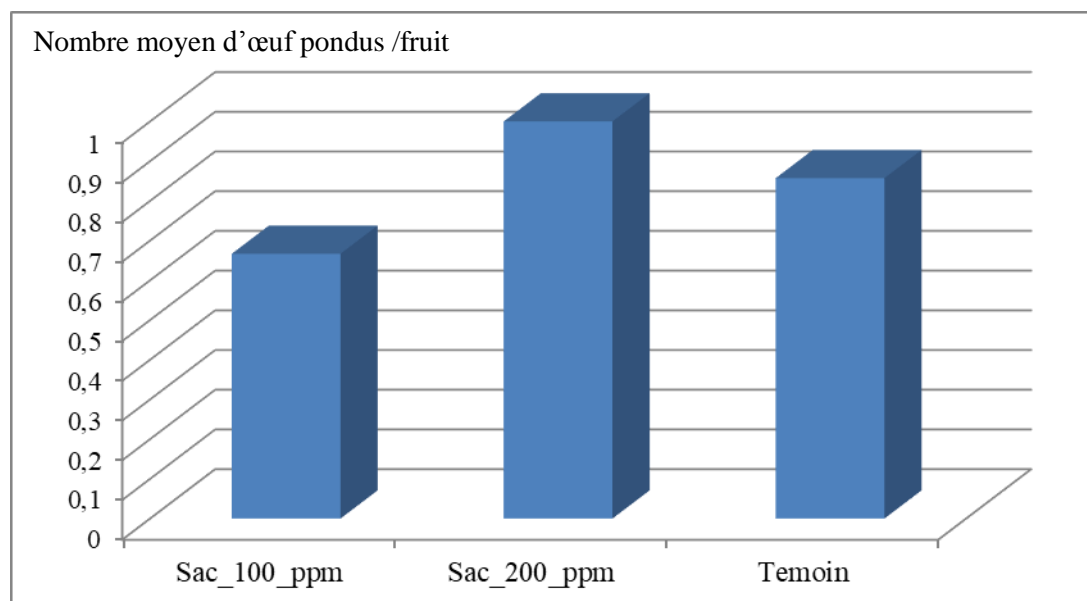


Figure 68 – Taux de ponte de *D. livia* sur les grenades en fonction des traitements avec des micro-doses de saccharose

3.5.5. – Proposition d'un programme de lutte intégrée (IPM) contre *Deudorix livia*

Les programmes de lutte intégrée ont montré les meilleurs résultats de lutte contre les bioagresseurs. Pour cela, un programme de lutte intégrée contre le papillon du grenadier est proposé dans le tableau suivant (Tab. 8).

Tableau 8 - Programme de lutte intégrée (IPM) contre le papillon du grenadier

Opération	Moment de l'année / stade phénologique de la plante	Remarques
Nettoyage et incinération des fruits infestés	Hiver	Elimination et incinération des fruits infestés fixés sur les arbres
Utilisation des plantes pièges : (<i>Tecom</i> , <i>Leucaena</i> , <i>Vachellia</i> spp.)	Avant la plantation des arbres	Plantation près de la zone agricole. Elimination et incinération des gousses qui portent des œufs/larves. Pulvérisation des plantes pièges avec des pesticides au début de printemps.
Pulvérisation des arbres avec des microdoses de saccharose (100 ppm).	Au moment de la nouaison	Répétition de l'opération 2 à 3 fois si nécessaire chaque 15 jours. Nécessité d'autres expérimentations
Pulvérisation des arbres avec des hydrolats des plantes aromatiques (Eucalyptus et armoise, hysope).	A partir du moment de la nouaison.	Répétition de l'opération 2 à 3 fois si nécessaire
Lâchers des Trichogrammes	Printemps et automne	Utilisation des souches locales adaptées
Ensachage des fruits avec des sacs en tulles/tissu	Juste après la nouaison	- Nettoyage du fruit avant la mise en place des sacs.

		- Recommandé pour les petites exploitations
Plantation des plantes répulsives (armoïse, hysope).	Au moment de la plantation.	Utilisation comme des plantes intercalaires entre les lignes d'arbres.
Pulvérisations des substances chimiques (Lambda-Cyhalothrin).	Au début de cycle. En cas d'apparition des foyers importants.	Utilisation des produits homologués. Respect des doses. Opération unique dans les foyers d'attaque primaires.

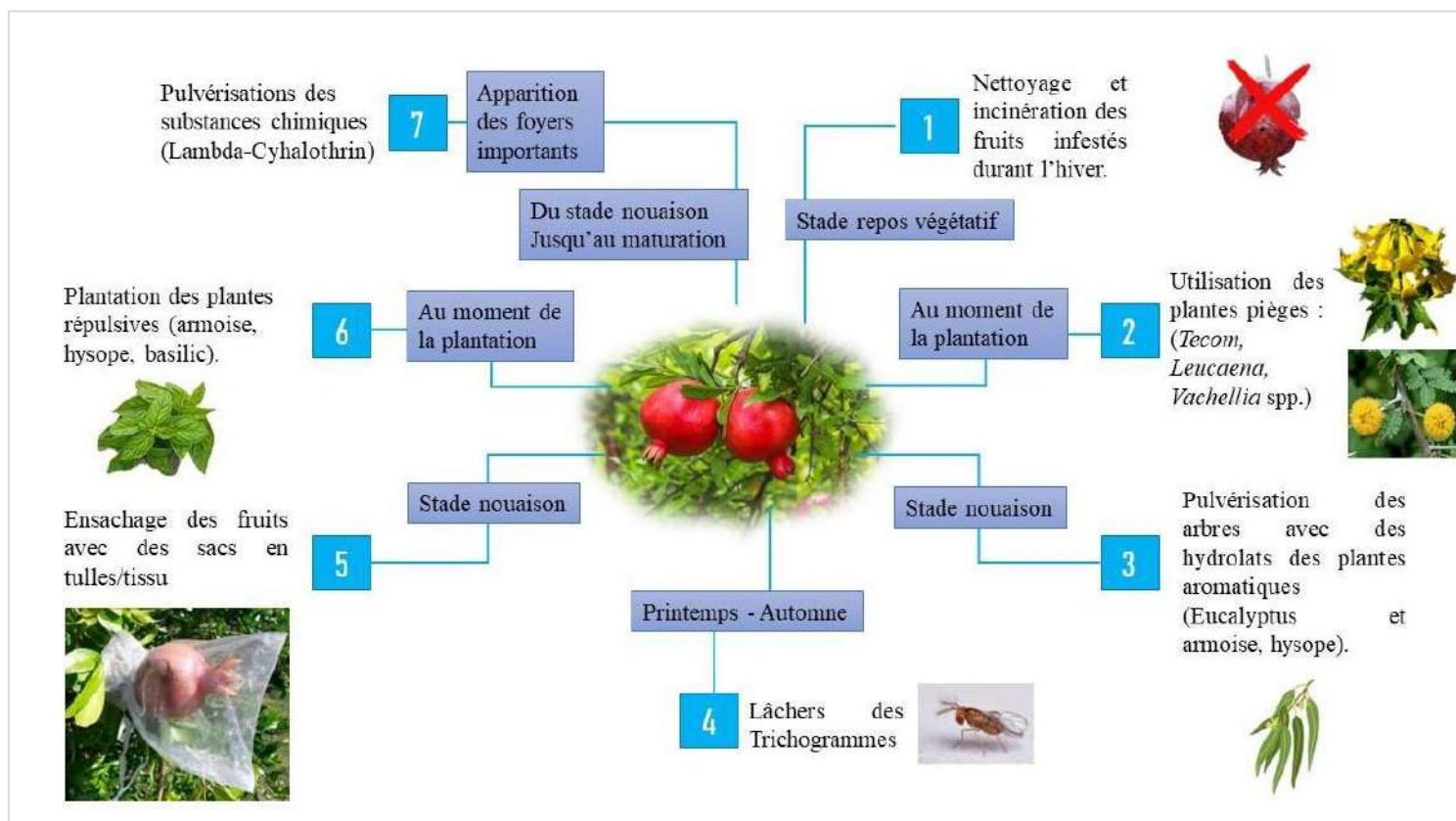


Figure 69 – Schéma de programme de lutte intégrée contre le papillon du grenadier (Originale)

Chapitre IV - Discussion

Chapitre IV - Discussion

Ce chapitre porte sur la discussion de tous résultats obtenus dans le cadre de la présente étude à savoir, la répartition géographique de *D. livia*, ses plantes hôtes identifiées, sa bioécologie, ses dégâts engendrés sur les différentes plantes hôtes et enfin les différentes méthodes utilisées pour lutter contre ce ravageur.

4.1. – Discussion sur la répartition géographique de *Deudorix livia*

Les observations de *D. livia* relevées dans la présente étude sont faites dans les oasis de Laghouat, de Ghardaïa, de Zelfana, de Sidi Khlil (Djamaa), de Ouargla, de Timimoun. Ces observations estiment que le papillon est présent pratiquement sur tout le sud de l'Algérie jusqu'au Sahara septentrional. Ces résultats confirment ceux de Almi (2020) qui a déclaré la présence de *D. livia* dans plusieurs régions en Algérie (Laghouat, Ghardaïa, Ouargla avec toutes ses Dairas, Illizi, Adrar, Tamanrasset, El Oued et Biskra).

La signalisation du papillon du grenadier dans la région d'Oued Talh « Oued d'Acacia » au niveau de la partie Sud de la région d'El Goléa sur des arbres de *Vachellia tortilis* (*Acacia raddiana*) confirme les résultats obtenus par Beddiaf (2020) dans la région de Djanet et Haddad (2020) dans la région de Tamanrasset sur les arbres d'*A. raddiana*.

En revanche, aucun de ces auteurs a signalé la présence de ce ravageur dans la région de Djelfa, ce qui a été montré dans la présente étude où ce papillon a été observé sur des arbres de grenadier dans les vergers de la région de Mesaâd et Mojbara qui sont des zones potentielles de production de grenades en Algérie. Ce phénomène d'expansion de l'aire de répartition de *D. livia* vers le nord est observé aussi en Jordanie (Obeidat, 2000). De plus, Müller *et al.*, (2005) précisent que *D. livia* migre de façon irrégulière, en dehors de son aire de répartition. Ces mêmes auteurs ajoutent que l'aire de répartition de cette espèce s'étend progressivement vers les régions du nord de Chypre.

4.2. – Discussion sur les plantes hôtes de *Deudorix livia* identifiées en Algérie

Pendant cette étude, le papillon du grenadier est observé sur plusieurs essences végétales, ces espèces sont *Vachellia farnesiana*, *Punica granatum*, *Phoenix dactylifera*, *Vachellia tortilis*, *Vachellia nilotica*, et *Ficus carica* ce qui confirme les résultats de Hanna

(1939), Katbeh-Bader *et al.* (2003), Müller *et al.* (2005), Kozina *et al.* (2011), Beladis *et al.* (2018), Almi *et al.* (2020), Beddiaf *et al.* (2020), et Haddad *et al.* (2020) qui ont mentionné une ou plusieurs de ces plantes hôtes dans leurs travaux scientifiques.

Il est à préciser qu'il y a dans la présente étude des plantes où le papillon du grenadier est observé pour la première fois, ces plantes sont : *Argania spinosa*, *Tecoma stans* et *Leucaena leucocephala*.

4.3. – Discussion sur la bioécologie de *Deudorix livia* en Algérie

La discussion de la bioécologie du papillon du grenadier porte sur : i) le suivi de sa dynamique des populations, ii) son comportement de ponte chez les femelles sur les grenades et sur les gousses de *V. farnesiana*, iii) le comportement de la larve à perforer des trous sur le fruit, iv) sa façon de passer l'hiver, v) les lieux préférés pour effectuer sa nymphose, vi) ses ennemis naturels observés dans les stations d'étude, vii) sa stratégie de survivre au dans les milieux oasiens.

4.3.1. – Discussion sur la dynamique de populations (nombre de générations)

Sur *V. farnesiana*, les résultats montrent que durant la période d'étude *D. livia* développe deux générations, la première commence au début d'avril et atteint son maximum au début de mai, ensuite la deuxième génération commence au début de mai et atteint son maximum à la première semaine de juin. Cette deuxième génération est plus importante que la première génération. Ces résultats concordent avec ceux de Gharbi (2010) en Tunisie où cet auteur a noté la présence de deux générations sur les arbres de *V. farnesiana*. Cependant, Mkaouar *et al.* (2016) ont mentionné que le papillon du grenadier développe trois générations sur les gousses de *V. farnesiana*, la première commence vers la fin d'avril, la deuxième en fin mai et la troisième vers la fin de juin avec le dessèchement total des gousses. De plus Avidov (1958) en Palestine a noté la présence de quatre générations sur *V. farnesiana*.

En revanche, Awadallah *et al.* (1970) et Badawi *et al.* (1977) en Egypte ont apporté la présence de six générations sur les gousses de *V. farnesiana*. Ces différences dans le nombre de générations selon les régions peut être dû aux différences des conditions climatiques et notamment la température, ce qui agit sur la bioécologie du papillon et même des plantes

hôtes, car cette espèce de papillon nécessite 13 °C et 365 degrés jours pour compléter une génération (Abbes *et al.*, 2019). De plus, Awadallah *et al.* (1970) affirment qu'en Egypte, la floraison chez les arbres de *V. farnesiana* commence en septembre. Tandis qu'en Algérie, il a été remarqué que la floraison sur la même plante commence vers la fin novembre et les premières gousses se forment jusqu'au début de mars ce qui rend le papillon du grenadier moins de générations sur *V. farnesiana* en Algérie qu'en Egypte.

Sur le grenadier, le papillon a développé quatre générations dans la région de Ghardaïa, la première est une très faible génération vers la fin de mars, la deuxième génération a débuté vers le mois de mai et elle a atteint son pic en début de juin. La troisième génération a commencé immédiatement avec un nombre d'individus plus important qui a atteint son maximum en début de juillet. A partir de la fin du juillet jusqu'à la fin août, le nombre des pontes a connu une régression importante et vers le début du mois de septembre avec la baisse des températures à nouveau, le nombre de pontes a connu une augmentation importante qui reflète le début de la quatrième génération qui est la génération la plus importante durant l'année. Ces résultats confirment ceux de Avidov (1958) dans la vallée de Beit Shean en Palestine et aussi concorde avec les résultats d'Almi (2020) dans la région du Sahara septentrional de l'Algérie. Cependant, Gharbi (2010) en Tunisie a précisé que *D. livia* peut produire plus de quatre générations par an sur les arbres du grenadier. Tandis que Obeidat (2000) dans la partie nord de la Jordanie a mentionné que ce bioagresseur développe deux et parfois trois générations sur le grenadier notamment pendant la saison automnale.

En revanche, Awadallah *et al.* (1970) en Egypte, ont précisé que ce lépidoptère présente uniquement une seule génération sur le grenadier et qui se déroule entre mai et septembre, ce qui est très différent aux résultats trouvés dans la présente étude.

4.3.2. – Discussions sur le comportement de ponte

Cette partie porte sur les discussions des résultats du comportement des femelles du papillon du grenadier à pondre leurs œufs sur les grenades et les gousses de *V. farnesiana*.

4.3.2.1. – Discussions sur le comportement de ponte sur les grenades

Sur le grenadier, et selon les quatre directions cardinales, les femelles de *D. livia* ont une légère préférence vers les deux parties Nord et Sud de l'arbre pour pondre leurs œufs. La partie Ouest semble être la partie la moins préférée. Ces résultats concordent partiellement avec ceux de Mokhtar et Al Nabhani (2016) en Sultanat d'Oman, où ils ont

remarqué que le plus grand nombre d'œufs est enregistré dans la direction nord (31,6% des œufs pondus), suivie par la direction est (28,2%). La direction ouest est venue dans la troisième place avec 21,1%, et enfin la direction sud porte le moins effectif d'œufs (19,2%).

Concernant la répartition des pontes sur la surface des grenades, il a été remarqué que la partie préférable. Ces résultats confirment en grande partie ceux de Mokhtar et Al Nabhani (2016) en Sultanat d'Oman et Almi (2020) en Algérie qui ont indiqué que les femelles du papillon du grenadier préfèrent respectivement les parties de grenade 4, 3 (la moitié inférieure du fruit), 7 (intérieur du calice), 2 (moitié supérieure du fruit), 5 (extérieur du calice), 1 (Apex du fruit) et enfin 6 (extrémité du calice). Ces mêmes observations sont apportées auparavant par Awadallah *et al.* (1970) et Gharbi (2010) qui ont mentionné la préférence des femelles à pondre leurs œufs dans la partie inférieure du fruit à proximité du calice et même à l'intérieur du calice. Il semble que les femelles pondent à l'intérieur du calice notamment durant les périodes à basses températures (Almi, 2020), ce qui a été aussi observé dans la présente étude. C'est-à-dire les femelles s'orientent davantage vers la deuxième moitié du fruit près du calice, parce qu'elles veulent protéger leurs œufs contre la lumière du soleil, les oiseaux et autres prédateurs et assurer une certaine vitalité de leur progéniture (Mokhtar et AlNabhani, 2016).

4.3.2.2. – Discussions sur le comportement de ponte sur les gousses de *V. farnesiana*

Les résultats montrent que les femelles s'orientent plus vers la direction Nord de l'arbre afin de pondre leurs œufs sur les gousses de *V. farnesiana*. En revanche, les deux parties Est et Ouest sont moyennement appréciées par les femelles par rapport à la partie Sud qui est la moins préférée. Le nombre d'œufs du côté sud de l'arbre peut être due à l'effet du soleil, car le rayon de soleil perpendiculaire au sud faisant plus chaud conduisant à la dessiccation des œufs (Mokhtar et Al Nabhani, 2016).

Concernant la préférence de ponte chez les femelles sur les différentes parties de la gousse de *V. farnesiana*, les résultats montrent une préférence vers la partie médiane de la gousse, ensuite

la partie près du pédoncule et enfin la partie du bout de la gousse. Également, les femelles ont une tendance à pondre leurs œufs sur la partie latérale du fruit plus que dans le sillon de la gousse. Ceci peut expliquer que la partie médiane de la gousse est la partie la plus mince et la plus favorable pour les larves nouvellement éclos pour creuser vers l'intérieur du fruit. Par conséquent, les papillons doivent faire un compromis entre les zones les plus favorables sur le fruit et l'exposition au soleil pour garantir un développement embryonnaire optimal (Janz, 2002 ; Bancroft, 2005).

4.3.3. – Discussions sur le comportement de pénétration des larves dans les grenades

Les résultats indiquent que pour accéder à l'intérieur du fruit les larves du premier stade ont une préférence vers la partie 3 du fruit, ensuite la partie 4 (la moitié inférieure du fruit) ensuite la partie 2 (la moitié supérieure du fruit). Par contre, il n'y'a aucun trou observé sur les parties 5, 6 et 7 (près et à l'intérieur du calice). Aucune étude dans la bibliographie consultée a abordé les parties du fruit préférées par les larves pour accéder au fruit.

4.3.4. – Discussions sur la forme d'hivernation de *Deudorix livia*

Au début de décembre, les larves provenant des dernières générations à l'intérieur subissent une diminution de leur activité biotique en raison des conditions climatiques défavorables, telles que les températures basses. Finalement, ces larves se transforment en chrysalides à l'intérieur des grenades séchées qui demeurent fixées à l'arbre. Cette observation est soutenue par l'observation d'un nombre considérable de larves dernier stade et de chrysalides à l'intérieur des grenades séchées. En revanche, Jorjes et Mohammed (1992) qui ont étudié la biologie de *D. livia* en Iraq, ont trouvé que cette espèce ne possède pas de stade dormant, par contre elle est présente durant toute l'année, mais l'insecte pour compléter son cycle (de l'œuf à l'adulte) il a besoin 50 jours en hiver qui est une période allongée par rapport aux autres périodes de l'année à cause des basses températures. Awadallah *et al.* (1970) en Egypte ont fait un suivi continue des stades de *D. livia* durant toute la période d'hiver sur les gousses de *V. farnesiana*, leurs résultats révèlent la présence de tous les stades de l'insecte durant la saison hivernale, ce qui indique l'absence de forme de diapause mais la durée de chaque stade est prolongée. Cette différence dans le comportement de l'insecte durant la saison froide entre l'Algérie et l'Egypte est due à la différence de climat entre les deux régions.

4.3.5. – Discussions sur les lieux de nymphose de *Deudorix livia*

Généralement, les larves de *D. livia* effectuent leur nymphose sous les écorces des arbres ou sous les différents objets qu'elles localisent sur le sol sous l'arbre comme : des pierres, des papiers en carton, des objets en plastique, mais le plus grand nombre de nymphes est enregistré sous l'écorce des arbres. Il est à préciser qu'il est rarement où la larve se nymphose à l'intérieur du fruit. En revanche, Hanna (1939) note en Egypte que dans la plupart des cas, la nymphose aura lieu à l'intérieur du fruit, parfois rarement où la larve du dernier stade se migre vers l'intérieur du calice pour effectuer sa nymphose dedans. De plus, Awadallah *et al.* (1970) ont précisé que la larve du dernier stade, avant d'entamer sa nymphose elle procède à élargir le trou d'entrer afin de faciliter l'émergence de l'adulte à partir du fruit. Obeidat et Akkawi (2002) en Jordanie ont indiqué que la nymphose s'effectue à l'intérieur du fruit ou bien dans le sol. Ainsi que Massimino Cocuzza *et al.* (2016) et Mkaouar et Ben Djamâa (2016) ont souligné que la larve du dernier stade quitte les gousses de *V. farnesiana* afin d'entamer sa nymphose à l'extérieur. Almi (2020) a observé au laboratoire que les larves du dernier stade quittent le fruit pour s'installer dans un endroit isolé, et sur le terrain, il est remarqué qu'elles se localisent dans le calice, sur les grenades ou à l'intérieur des grenades endommagées. Beddiaf (2020) a noté que le taux des chrysalides observées à l'extérieur de fruit est de 63,6%, alors que celles examinées à l'intérieur est de 36,4%.

4.3.6. – Discussions sur le taux d'éclosion et causes de stérilisation des œufs de *Deudorix livia*

Le suivi du taux d'éclosion des œufs de *D. livia* montre une fluctuation selon les stations et les saisons. Parmi les principales causes qui diminuent le taux d'éclosion des œufs, il est à citer : les œufs non fécondés (stériles), les œufs vides et les œufs qui présentent des larves mortes. Selon les stations, le taux d'éclosion varie entre 87 % et 41 %. Dans la présente étude, les œufs stériles présentent 7,5 % des œufs non éclos. Cependant, les œufs vides présentent un taux qui fluctue entre 3 à 10 %. Parfois, les larves complètent leur embryogénèse à l'intérieur des œufs mais quand elles arrivent au moment d'éclosion elles meurent à l'intérieur de l'œuf ce phénomène apparaît notamment dans 29 % des œufs non éclos.

Selon les mois de cette étude, le taux d'éclosion le plus important est enregistré durant le mois de mars (65 %). Par contre, ce taux a diminué considérablement pendant l'automne et principalement en mois de novembre (19 %). Les œufs stériles apparaissent principalement en novembre (12 %) et en mars (9 %), ceci peut être dû au faible activité sexuelle des adultes durant ces deux mois à cause des basses températures, ce qui obligent quelques femelles de pondre des œufs non féconds. Almi (2020) précise que le taux d'éclosion est lié aux stades phénologiques de développement du fruit, et à la variation de fertilité des femelles. Durant un essai d'élevage du papillon au laboratoire, le taux d'éclosion obtenue varie entre 98% sur grenadier et 96 % sur les gousses vertes de *V. farnesiana* (Gharbi, 2010). En plein champ Awadallah *et al.* (1970) rapportent un taux d'éclosion fluctue entre 87% à 98%.

Le taux le plus important des œufs vides est enregistré en avril (13 %) et en juillet (11 %), tandis que les taux les plus faibles sont enregistrés pendant le mois de novembre (2 %).

Le phénomène de la mortalité des larves juste avant l'éclosion est noté surtout en mois de novembre (43 %) et en juillet (32 %). Par contre, le taux le plus faible de ce phénomène est noté au mois de mai (3 %). Il est à préciser que Almi (2020) a observé une diminution du taux d'éclosion en juillet. Awadallah *et al.* (1970) notent que la température ambiante possède un effet primordial dans le taux d'éclosion. La température idéale pour l'éclosion est de 30 °C, par contre les températures de 10 °C et 35 °C ont donné des taux d'éclosion très faibles, voire nuls.

4.3.7. – Discussions sur les ennemis naturels et le taux de parasitisme

L'ennemie naturel de *D. livia* observé dans la présente étude est identifié comme *Trichogramma* Sp. C'est une espèce autochtone des oasis de Ghardaïa et non pas introduite comme dans d'autres régions du monde. Cette espèce de parasitoïde adaptée avec les conditions environnementales de cette région peut être utilisée comme un agent de lutte biologique intéressant contre le papillon du grenadier et même contre la pyrale des dattes, si on mènera des programmes d'élevage massif de cette espèce au laboratoire et on fait des lâchers sur le terrain. Car ce même parasitoïde a été exposés aux œufs de la pyrale des dattes au laboratoire, il a réussi à parasiter ces œufs avec une grande performance.

Il est à noter quelques espèces de trichogrammes sont observés comme des parasitoïdes des œufs de *D. livia* d'une façon naturelle dans quelques régions du monde. On peut citer par

exemple, dans plusieurs localités en Egypte, le *Trichogramma evanescens* parasite naturellement les œufs de *D. livia* (Awadallah *et al.*, 1970). De plus, le *Trichogramma turkistanica* est observé en train de parasiter les œufs de *D. livia* dans les vergers du grenadier dans la région de Taif en Arabie Saoudite (Sayed *et al.*, 2015).

Plusieurs expériences de lutte biologique contre le papillon du grenadier sont menées par des lâchers intensives des trichogrammes, il est à mentionner celle de Abbas *et al.* (2008) dans la région d'Aljabal Al Akhdar en sultanat d'Oman par les lâchers intensifs de deux espèces de trichogramme *Trichogramma brassicae* et *T. evanescenes* dans les verges du grenadier, l'expérience d'Arafa *et al.* (2012) en Egypte par l'utilisation de *T. brassicae*. De plus, celle de Salwa *et al.* (2019) dans quelques oasis d'Egypte. Enfin, celle d'Elrehewy *et al.* (2020) en Egypte qui ont testé l'efficacité du parasitoïde *T. evanescenes* sur quelques ravageurs du palmier dattier dont *D. livia*. Toutes ces expériences ont révélé une haute efficacité de ce parasitoïde pour diminuer les populations de *D. livia* et minimiser ses dégâts sur le grenadier et le palmier dattier.

Le nombre d'individus de parasitoïde observés dans la présente étude qui sort des œufs de *D. livia* varie entre 3 et 5 individus, ce qui montre que ce parasitoïde est polyembryonnaire (phénomène de superparasitisme). Ceci confirme les résultats obtenus par Abbas *et al.* (2008) où ils ont trouvé qu'un œuf de *D. livia* parasité par *T. brassicae* et *T. evanescenes* donne naissance de 2 à 6 individus de parasitoïde adulte.

Les observations menées sur les œufs de *D. livia* dans la présente étude montrent des taux de parasitisme du trichogramme indigène variant entre 5,3% et 44,5 % avec un taux moyen estimé à 24,9%.

Dans le cadre d'un programme de lutte biologique dans la région d'Aldjabel Al Akhdar d'Oman par des lâcher intensives de deux espèces de trichogrammes introduites *T. brassicae* et *T. evanescenes* ont montré des taux de parasitisme allant de 0% à 52,7% avec une moyenne de 20,9% pour *T. brassicae*, tandis que ce taux varie de 0% à 15,4% avec une moyenne de 9,9% pour *T. evanescenes* (Abbas *et al.*, 2008). Les résultats de cette étude se rapprochent de celles des autres auteurs. Dans la même région et dans l'année suivante, Plant Protection Research Center (2009) a noté des taux de parasitisme qui varient entre 0% et 40% entre avril et juin. Arafa *et al.* (2012) en Egypte ont utilisé le *T. brassicae* comme méthode de lutte alternative contre le papillon du grenadier, le taux de parasitisme varie entre 82,1% et 84,4%

avec un taux moyen de 83,3%. Dans la région de Taif (Arabie Saoudite), les lâchers des *T. turkestanica* dans les vergers de grenadier a donné des taux de parasitisme variant entre 0% et 14% avec un taux moyen de 4,5% (Sayed *et al.*, 2015). Il est à préciser que ces taux sont plus faibles par rapport aux taux enregistrés dans la présente étude malgré la grande similitude entre les deux régions en ce qui concerne les conditions environnementales.

Salwa *et al.* (2019) en Egypte ont utilisé le *Trichogramma* sp. pour la lutte contre *D. livia* sur le palmier dattier. Les résultats ont montré un taux de parasitisme excellent avec 97,8% dans les oasis d'El-Bahariya et 95% dans les oasis de Siwa.

L'utilisation de *T. evanescens* dans les palmeraies d'Al Mansoureyah, Imbaba et Giza en Egypte a permis de réduire considérablement les dégâts de *D. livia* avec des taux de parasitisme de 82,3% en 2018 et 79,8% en 2019 (Elrehewy *et al.*, 2020).

Le suivi de parasitisme en fonction des mois de l'année a permis de comprendre l'activité de ce *Trichogramma* sp. qui est essentiellement printanière et automnale avec un taux moyen de parasitisme atteignant 34,5% en automne et 32% au printemps. Ceci peut être expliqué du fait que ce parasitoïde préfère des températures modérées et ne peut pas supporter les températures élevées. Cependant, Awadallah *et al.* (1970) ont précisé que le taux de parasitisme par *T. evanescens* était élevé en été et très faible en hiver dans les oasis d'Egypte.

4.3.8. – Discussions sur la stratégie de survie de *D. livia* à l'intérieur des palmeraies

Cette espèce de papillon passe l'hiver généralement sous forme de chrysalide ou de larve à l'intérieur des fruits de *Punica granatum* attaqués et séchés et qui restent fixés sur les arbres. En revanche, en Egypte, Hanna (193) a observé tous les stades de développement de l'insecte (œufs, larves et adulte) durant la période hivernale, ce qui indique que le papillon ne subit pas de phénomène d'hivernation à cause des températures hivernales modérées en Egypte, ce qui diffère de notre région d'étude.

Au début du printemps les premiers adultes de *D. livia* émergent et vont directement vers les arbres de *V. farnesiana*, où ils développent une première génération et une deuxième. Ensuite, avec le début du mois d'avril les grenades seront déjà au stade nouaison, les premières femelles commencent à tourner vers les grenades nouvellement formées pour pondre leurs œufs. Avec la fin du mois de juin les gousses de *V. farnesiana* se dessèchent totalement et les femelles ne pondent plus sur elles. Ces observations confirment ceux de Awadallah *et al.*

(1970), de Ksentini *et al.* (2011) et de Mkaouar *et al.* (2016) où ils mentionnent le passage de cette espèce de papillon de l'acacia vers le grenadier pendant la période estivale.

Ensuite, le papillon continue son développement sur les grenades au même temps, quelques femelles se dirigent vers les dattes au stade bser, kimri et khalal afin de pondre aussi leurs œufs entre mi-août et début de novembre. Ces observations confirment ceux de Abbes *et al.* (2019) et Elrehewy *et al.* (2020) qui rapportent le développement de cette espèce sur le palmier dattier. Ainsi que Awadallah *et al.* (1970) ont précisé le passage des femelles de *D. livia* des grenadiers vers les palmiers dattiers à la fin de la période estivale pour développer une génération sur les dattes. Vers la fin de la saison automnale, les températures commencent à s'abaisser ce qui agit sur le développement larvaire qui devient très lent. Les larves issues de la dernière génération restent sur les grenades infestées sur les arbres et elles passent toute la période hivernale par se transformer en chrysalides. Par contre, en Egypte, le papillon du grenadier possède un autre comportement selon ces conditions environnementales (Awadallah *et al.*, 1970). Ces mêmes auteurs précisent, à cause des températures modérés durant la période hivernale, le papillon continue son développement d'une façon normale où la dernière génération automnale rejoint directement les gousses de *V. farnesiana* qui sont déjà en place pour passer l'hiver en développant 8 générations jusqu'au début du printemps.

4.4. – Discussions sur les dégâts provoqués par *Deudorix livia*

La discussion porte sur les dégâts provoqués par ce papillon sur le grenadier, le palmier dattier et l'*Acacia farnesiana*.

4.4.1. – Sur les grenades

Les dégâts sur le grenadier commencent à apparaître à partir d'avril et continuent jusqu'au période de récolte. Obeidat (2000) en Jordanie, indique que les dégâts sur le grenadier commencent à apparaître à partir de la première semaine d'août. En revanche, Almi *et al.* (2020) précisent que l'attaque commence avec l'apparition des fleurs à la deuxième décade du mois de mars, ce qui est un peu plus tôt que dans la présente étude.

Les symptômes d'attaque sont typiques, elles apparaissent sous forme d'un trou créé par la larve de papillon et avec le temps on constate la sortie d'excréments de la larve. Au cours que la larve s'agrandie le trou lui aussi s'agrandi d'avantage. Les fruits attaqués pourrissent à

cause de l'infestation massive d'insectes ravageurs secondaire tels que *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 et *Carpophilus* sp. associés à la fermentation des fruits. Parfois, les fruits infestés subissent une chute. Ces résultats confirment ceux de Hanna (1939), Obeidat et Akkawi, (2002), Gharbi (2010) et Ksentini *et al.* (2011).

Le suivi des dégâts provoqués sur les grenades montre que les dégâts commencent par un faible pourcentage (4% en mois de juin) ensuite, ils commencent à prendre de l'ampleur avec le développement des fruits jusqu'elles arrivent à 84,6% en mois septembre qui est le mois de la récolte des grenades. Ces résultats montrent un état d'infestation très accentué par rapport aux autres régions du pays ou bien du monde. De fait, Almi *et al.* (2020) ont relevé des taux de dégâts de *D. livia* sur le grenadier dans les oasis du nord du Sahara varient entre 32,2% et 34,6% entre 2017 et 2019. En plus, Beddiaf *et al.* (2020) ont enregistré dans la région de Djanet un taux de dégâts au moment de la récolte qui avoisine les 78,7%. Ceci confirme les conclusions de Hanna (1939) qui a remarqué une corrélation positive entre le taux d'infestation et la proximité des arbres d'*Acacia* qui sont des plantes hôtes primaires pour le papillon du grenadier, ce qui est réellement dans la région de Djanet avec la forte présence des *Vachellia tortilis* et *V. nilotica* dans les oueds. En Tunisie, Ksentini *et al.* (2011) ont enregistré un taux d'infestation qui atteint les 52% sur quelques variétés de grenadier. Mais récemment, Abbas *et al.* (2019) rapportent dans le sud de Tunisie des taux de pertes plus importantes. Elles atteignent 47,5% dans les oasis de Kebili, 63% dans les oasis de Gafsa et 93% dans les oasis de Tozeur. Moawad *et al.* (2011) ont enregistré dans la région de d'Al-Taïf, en Arabie Saoudite, un pourcentage de dégâts moyen de 19,9% avec des variations entre 1,2% et 67,8% selon les variétés. En Jordanie, Obeidat et Akkawi (2002) ont signalé un taux de dégâts moyen de 48%.

4.4.2. – Sur quelques variétés de dattes

Le suivi des attaques de *D. livia* sur les dattes révèle que les attaques commencent au mois d'août avec l'arrivée des dattes au stade véraison et se termine jusqu'au début de maturation des dattes. Ces résultats confirment ceux de Gameel *et al.* (2014) qui ont noté ce même comportement chez les larves de *D. livia*.

La larve aussi peut se déplacer d'une datte à une autre, et au courant de son développement, elle peut s'alimenter sur plusieurs dattes adjacentes. Ceci confirme les résultats d'Abbas *et al.*

(2019) où ils précisent que la même larve peut se nourrir de plusieurs dattes avant d'achever son développement.

Il a été remarqué aussi dans la présente étude que la quasi-totalité des dattes attaquées subissent une chute, ce qui confirme les observations de Zouba et Chermiti (2015).

Le taux moyen d'infestation calculé dans le cadre de cette étude est estimé à 3,7% avec une variation de 1,7 à 7,1 % selon les cultivars. Ces résultats sont un peu plus faibles à ceux enregistré dans les oasis de la Tunisie où le taux de perte varie entre 7,51% et 12,09% avec une moyenne de 10,10% (Abbes *et al.*, 2019). Cependant, ces pertes restent toujours faibles par rapport à ceux signalés en Egypte où ce ravageur est devenu un véritable fléau de la phoeniciculture. Saleh *et al.* (1974) ont enregistré des pertes estimées à 37,3% dans les oasis d'Egypte. De plus, Metwally *et al.* (2007) ont signalé dans les oasis de Baharia et Giza en Egypte, des pertes moyennes avoisinent les 31% avec une des variations entre 11% et 52%. Récemment, le taux moyen des dégâts dans ces mêmes oasis est devenu plus important 51% selon Salwa *et al.* (2019). En effet, ce ravageur prend de l'ampleur d'une année à une autre s'il ne subit pas un programme de lutte rigoureux et généraliste peut devenir au future parmi les ravageurs importants du dattier dans les oasis de l'Algérie.

4.4.3. – Sur les gousses de *Vachellia farnesiana*

Les dégâts observés sur les gousses de *Vachellia farnesiana* commence à partir de mois de mars où les gousses commencent à s'agrandir, et continuent jusqu'au début juin. A ce stade les gousses de *V. farnesiana* atteignent leur maturation finissent par leur dessèchement total, donc les femelles du papillon arrête la ponte et s'orientent vers d'autres plantes hôtes. Ces résultats se diffèrent de ceux de Mkaouar *et al.* (2016) où les dégâts commencent vers la fin de mai et continuent jusqu'au mi-juillet qui coïncide avec le dessèchement total des gousses de *V. farnesiana*.

Dans la présente étude, les dégâts observés sur les gousses *V. farnesiana* varient entre 29% dans la région de Noumirate et 52 % à la région d'Akhelkhal. Le taux moyen des dégâts est de 40%. Mkaouar *et al.* (2014) ont mentionné en Tunisie, des taux de dégâts moins importants sur les gousses de *V. farnesiana* qui varient entre 2% et 9,3% selon les régions.

4.5. – Discussions sur les essais de lutte contre le papillon du grenadier

La discussion porte sur les quatre méthodes de lutte adoptées dans la présente étude contre le papillon du grenadier, à savoir, la lutte chimique, la lutte physique, la lutte par les hydrolats des plantes aromatiques, la lutte par le sucre industriel et la lutte intégrée.

4.5.1. – Discussions sur la lutte chimique

Dans le cadre de la présente étude, le traitement avec l'insecticide Karate Ka® qui contient de la matière active Lambda-Cyhalothrin sur les arbres du grenadier a donné des résultats efficaces avec un taux d'infestation moyen extrêmement faible 0,08% par rapport aux arbres témoins qui ont subi un taux d'attaque moyen de 84,6%. Ces résultats confirment ceux de Kahramanoglu et Usanmaz (2013) au Chypre, où ils ont montré une efficacité importante de Lambda-Cyhalothrin dans la lutte contre le papillon du grenadier avec un taux de perte qui varie entre 3,72% et 4,43% chez les arbres de grenadier traités. Les mêmes résultats sont rapportés auparavant par Obeidat et Akkawi (2002) où ils ont enregistré un taux d'infestation moyen de 2,67% chez les grenadiers traités avec le Lambda-Cyhalothrin.

Ali (2017) a prouvé que l'insecticide Lambda-Cyhalothrin est le plus efficace parmi plusieurs méthodes qui a utilisé contre le papillon du grenadier en Egypte avec des taux de perte varie entre 5% et 6,3% sur les grenades.

D'autres nouveaux produits sont testés contre le papillon du grenadier, notamment les pesticides produits par la chimie verte qui sont des pesticides naturels non pas d'effet néfastes sur la santé humaine. Il est à mentionner l'étude de Temerak *et al.* (2014) qui ont montré que l'alternance entre deux pesticides de la chimie verte qui sont le spinosad™ (Tracer) et le methoxyfenozide (Runner™) ont donné des taux d'infestations très faible du papillon du grenadier sur les dattes en Egypte (entre 0% et 2,4%). Abd-Ella (2015) a montré que les arbres de grenadier traités avec le pesticide vert methoxyfenozide ont montré des taux d'infestation assez faible (0,33% et 17,67%).

4.5.2. – Discussions sur la lutte physique par l'ensachage des fruits

La technique d'ensachage des fruits a donné des résultats très intéressants avec des pourcentages d'infestation qui ne dépasse pas les 0,1% par rapport au témoin qui est 85%. Ces résultats confirment ceux de Hussein *et al.* (1994) car ils ont révélé un taux d'infestation de 1% dans les arbres où leurs fruits sont ensachés une semaine après la nouaison. De plus,

Obeidat et Akkawi (2002) ont montré en Jordanie que les fruits enveloppés avec des sacs durant la période de fin juin et début juillet ont présenté 0% d'attaque par *D. livia*. Par contre, Ali (2017) a montré que l'ensachage des fruits avec des sacs en papier à partir de mai a donné 27,5% de perte. De ce fait, selon les régions, le moment de l'ensachage des fruits est primordial dans la réussite de cette technique de lutte. Le meilleur moment de l'ensachage dépend du stade phénologique du fruit qui correspond au stade nouaison et non pas d'une date précise, car le développement phénologique des arbres change en fonction des conditions environnementales de chaque région.

Par contre, cette méthode de lutte présente quelques inconvénients tel que : le mauvais développement du fruit à l'intérieur des sacs sombres ceci confirme les remarques de Hanna, (1939), l'exposition des sacs aux différents aléas climatiques qui peuvent les gâcher, et finalement la nécessité d'une grande main d'œuvre pour les mettre en place. Cependant, d'autres limites sont rapportées par Shlomo (2015) qui sont : le non savoir de la situation de l'attaque du fruit par d'autres ravageurs et maladie au moment de l'ensachage, la susceptibilité du fruit ensaché aux attaques de maladies, l'ensachage aussi peut augmenter l'humidité relative à l'intérieur du sac ce qui favorise l'attaque des insectes opophages s'ils sont déjà en place.

4.5.3. – Discussions sur l'effet répulsive des hydrolats des plantes aromatiques

Le test de l'effet répulsif des hydrolats des plantes aromatiques suivant: l'hysope, le basilic, l'eucalyptus et l'armoise sur les femelles de *D. livia* a montré des résultats intéressants dans la réduction des pontes sur les fruits du grenadier.

L'effet répulsif le plus marqué a été observé avec l'hydrolat d'*Eucalyptus*, entraînant une réduction de la ponte de 91% (0,07 œuf/fruit) par rapport au groupe témoin (0,8 œuf/fruit). Les hydrolats d'hysope et d'armoise ont également montré une diminution significative de la ponte, soit 77% (0,2 œuf/fruit) par rapport au témoin. Cependant, l'hydrolat de basilic a entraîné une diminution de 59% du taux de ponte sur les fruits (0,3 œuf/fruit) par rapport au témoin. Dans la bibliographie consultée, aucune étude n'a évalué l'effet répulsif des plantes aromatiques et médicinales sur le papillon du grenadier. Ces résultats sont confirmés par Latif *et al.* (2022) qui ont testé l'effet de trois plantes (*Azadirachta indica*, *Persicaria hydropiper*, et *Eucalyptus globulus*) sur l'infestation de *Virachola isocrates* qui est un papillon voisin de *D. livia* mais son aire de répartition dans les pays est du continent asiatique et qui cause des

dommages importants sur le grenadier. Les résultats ont montré que l'extrait de l'*E. globulus* a donné une réduction de taux d'infestation de 55%, l'extrait de *P. hydropiper* a montré une réduction de taux d'infestation de 51% et finalement l'extrait de l'*A. indica* a donné une réduction de taux d'infestation de 49%.

4.5.4. – Discussions sur l'effet de sucre commercial sur la stimulation de la défense du grenadier contre le papillon du grenadier

L'application de microdoses de sucre commercial (saccharose) sur les arbres de grenadier dans le but de renforcer leur défense contre le papillon du grenadier a donné des résultats intéressants. À une dose de 100 ppm, une diminution de 22% (0,7 œuf/fruit) du nombre d'œufs pondus sur les grenades a été observée par rapport au groupe témoin (0,9 œuf/fruit). Cependant, à une dose de 200 ppm, une augmentation de 16% du nombre de pontes a été constatée (1 œuf/fruit) par rapport au groupe témoin (0,9 œuf/fruit).

Malgré que cette méthode de lutte commence à prendre de l'ampleur dans la gestion des nuisibles de quelques cultures notamment en arboriculture sous le nom « Sweet Immunity » qui veut dire "Immunité Sucrée" qui est un nouveau concept de lutte alternatif à la lutte conventionnelle (Tarkowski *et al.*, 2019). Cette méthode de lutte est utilisée contre le carpocapse du pommier *Cydia pomonella* sur les arbres de pommiers (Tiffrent et Lombarkia, 2021). Par contre aucune étude trouvée dans la bibliographie disponible a utilisé cette méthode sur les insectes ravageurs du grenadier notamment le papillon du grenadier.

Pour cette raison, des expérimentations supplémentaires sont nécessaires afin d'approfondir sur cette méthode de lutte, d'évaluer son efficacité contre le papillon du grenadier, et de déterminer la dose de sucre optimale permettant d'obtenir une meilleure efficacité contre ce ravageur.

4.5.5. – Discussions sur le programme de lutte intégrée (IPM) contre le papillon du grenadier

Le programme de lutte intégrée contre le papillon du grenadier proposé dans le cadre de la présente étude repose sur la stratégie suivante : la prophylaxie, la technique de « push and pull » qui signifie en français "pousser et tirer" en utilisant des plantes aromatiques et médicinales à effet répulsif et des plantes pièges, l'immunité induite des arbres par la pulvérisation d'infra-doses de sucre, le lâcher des Trichogrammes ooparasites, l'ensachage

des fruits avec des sacs en tulles, en tissu ou en papier et enfin la pulvérisation de quelques substances chimiques «ex : Lambda-Cyhalothrin » dans des moments précis de la campagne agricole. Ce programme de lutte intégrée permet de contrôler d'une façon efficace les populations de papillon du grenadier dans les oasis de l'Algérie. Samy (2003) a proposé un programme de lutte intégrée contre les ravageurs potentiels des dattes dont le *D. livia*. Ce programme repose sur trois stratégies : la lutte biologique par les lâchers des Trichogrammes, la lutte chimique et la lutte physique par l'ensachage des régimes de dattes. Un autre programme de lutte intégrée par l'utilisation du *Bacillus thuringiensis* et une espèce indigène de la région de Taif en Arabie Saoudite qui est le *Trichogramma turkistanica*, est proposé par Sayed *et al.* (2015). Khan (2016) a expérimenté quatre programmes de lutte intégrée contre l'espèce voisine du papillon du grenadier *V. isocrates* en Inde. Les trois premiers programmes consistent sur la combinaison entre la prophylaxie et le nettoyage des verges + le ramassage des fruits infestés + l'utilisation d'un insecticide. Tandis que le quatrième programme ajoute l'ensachage des fruits au lieu de la pulvérisation du pesticide. Les résultats de ces programmes ont montré une réduction du taux d'infestation varie entre 46 et 100%.

De plus, Ali (2017) a mis en évidence un programme de lutte intégrée pour contrôler le papillon du grenadier dans les vergers du grenadier en Egypte. Ce programme est basé sur l'utilisation d'insecticide chimique (Lambda), l'utilisation de bioinsecticides (Tracer et DiPel 2X), L'ensachage, le poudrage des arbres avec le kaolin (Super Nano), la pulvérisation des arbres avec des diatomées et de leur mélange, ainsi que la réduction de la concentration de l'insecticide chimique (Lambda) en mélangeant Lambda à 100, 75, 50 et 25% de la dose recommandée avec du kaolin et des diatomées. Ce programme de lutte intégrée a permis d'obtenir des résultats intéressants avec des taux de réduction d'infestation importantes qui atteignent 97%.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'étude de la bio-écologie du papillon du grenadier *Deudorix livia* en Algérie et plus précisément dans les palmeraies du Sahara septentrional a permis de tirer plusieurs conclusions.

Le suivi de la répartition géographique en Algérie de cette espèce du papillon montre que ce papillon est largement réparti dans le grand sud de l'Algérie allant de Djanet et Tamanrasset en passant par toutes les oasis de l'Algérie jusqu'à la zone steppique et même les limites des hauts-plateaux et en particulier dans la région de Djelfa. Ce qui montre que son aire de répartition est en expansion vers le Nord et l'introduction de ce ravageur dans ces régions représente un réel péril pour la culture du grenadier.

Les investigations ont révélé la présence de *D. livia* en Algérie sur neuf espèces végétales. Mais sa préférence se concentre uniquement sur cinq espèces botaniques sur lesquelles l'espèce arrive à compléter son développement.

Dans chaque région ce lépidoptère vit sur une ou quelques essences végétales spécifiques, par exemple : dans le grand sud et en plein désert, on le trouve chez les arbres d'acacia de plusieurs espèces notamment : *Vachellia tortilis*, *Vachellia nilotica* et *Vachellia farnesiana*. A l'intérieur des oasis, ce papillon se développe sur les plantes cultivées notamment le grenadier et le palmier dattier. Dans la région steppique, il se développe surtout dans les vergers du grenadier.

Le suivi de la dynamique des populations du papillon du grenadier a montré la présence de deux générations sur *V. farnesiana*, quatre générations sur *Punica granatum* et une génération sur *Phoenix dactylefira* chevauchante avec celles du grenadier.

Afin d'établir un programme de lutte efficace contre ce ravageur, il a été indispensable de comprendre exactement son comportement d'attaque. Pour cela, le présent travail révèle que les femelles de cette espèce ont une légère préférence vers la partie Nord de l'arbre pour pondre leurs œufs. De plus elles pondent d'avantage leurs œufs sur l'hémisphère bas de la grenade et rarement sur le calice. Concernant le comportement de pénétration des larves à l'intérieur du fruit, les larves du premier stade choisissent surtout l'hémisphère bas du fruit.

Quand les températures deviennent trop froides, ce papillon passe l'hiver sous forme de larve de dernier stade ou bien sous forme de chrysalide à l'intérieur des grenades infestées restées crochées sur les arbres. La nymphose a lieu rarement à l'intérieur du fruit, elle se fait surtout à l'extérieur du fruit notamment sous l'écorce des arbres ou bien sous des objets et des pierres qui se trouve sous l'arbre.

L'étude a permis de détecter un parasitoïde local des œufs de *D. livia* du genre *Trichogramma*. Ce parasitoïde est très actif notamment durant les deux saisons printanière et automnale avec des taux de parasitismes qui atteignent 35%. Ce parasitoïde peut être une espèce prometteuse dans la lutte biologique contre le papillon du grenadier si elle est assistée par un programme d'élevage massif au laboratoire suivi par des lâchers réguliers sur le terrain.

Ce lépidoptère a développé une stratégie lui permettant de maintenir ses populations tout au long de l'année dans les oasis de l'Algérie. Cette stratégie repose sur la transition d'une plante hôte à une autre en fonction de leurs cycles phénologiques. Une bonne compréhension de cette stratégie est bénéfique dans la lutte contre ce fléau, car elle permet de rompre son cycle de développement à des moments précis.

Les dégâts provoqués par ce ravageur atteignent 85% au moment de la récolte sur grenadier, 40% sur les gousses de *V. farnesiana* et commencent à prendre de l'ampleur sur le dattier mais restent encore assez faibles (4%).

Au cours de cette étude, différentes méthodes de lutte ont été testées pour faire face aux dommages causés par ce bioagresseur. La méthode de lutte chimique en utilisant le Lambda-Cyhalothrin a été extrêmement efficace. La méthode de lutte physique par l'ensachage des fruits a également démontré une efficacité significative. De plus, l'utilisation d'hydrolats issus de plantes aromatiques a révélé des résultats encourageants et peut être envisagée comme une alternative à la lutte chimique. Enfin, la stimulation de la défense des plantes en les pulvérisant avec de faibles doses de saccharose commercial peut constituer une nouvelle piste prometteuse. Cependant, davantage d'expérimentations sont nécessaires pour confirmer son efficacité et déterminer la dose optimale requise.

Ces expérimentations ont permis de développer un programme de lutte intégrée contre ce ravageur, reposant sur différentes approches. Parmi celles-ci, on retrouve la prophylaxie par le nettoyage des vergers en se débarrassant des fruits infestés, la technique du "pousser et tirer"

utilisant des plantes aromatiques ayant un effet répulsif, ainsi que des plantes pièges. Le programme inclut également l'immunité induite des arbres par la pulvérisation de faibles doses de sucre, le lâcher de Trichogrammes ooparasites, l'ensachage des fruits avec des sacs en tulles, en tissu ou en papier, et enfin la pulvérisation de certaines substances chimiques, telles que le Lambda-Cyhalothrin, à des moments spécifiques de la campagne agricole.

En perspective, il serait intéressant de mener des études approfondies afin de mieux comprendre la bioécologie de cette espèce et d'explorer de nouvelles méthodes de lutte. Par exemple, la lutte sémi chimique pourrait être étudiée en caractérisant la phéromone sexuelle de ce lépidoptère et en évaluant la possibilité de la synthétiser au laboratoire pour une utilisation commerciale. De plus, l'élevage et le lâcher de Trichogrammes locaux pour une lutte biologique méritent une attention particulière et devraient faire l'objet d'études approfondies.

Par ailleurs, l'étude de la susceptibilité des variétés de grenadier et de palmier dattier aux attaques de ce papillon revêt un intérêt particulier. Cela permettrait d'établir un catalogue de variétés résistantes qui pourraient être recommandées pour la plantation dans de nouveaux périmètres agricoles.

En résumé, la réalisation d'études approfondies sur la bioécologie, l'exploration de méthodes de lutte innovantes telles que la lutte sémi chimique, l'élevage des Trichogrammes et l'évaluation de la résistance des variétés de grenadier et de palmier dattier sont des pistes de recherche prometteuses à envisager dans le futur.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Abbas M.S.T., Razvi S.A., Shidi R.H., et Al-Khatry S.A., 2008 - Role of egg parasitoids for controlling the pomegranate butterfly, *Virachola livia* Klug (Lycanidae: Lepidoptera) in Sultanate of Oman. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 18, 43-46.
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. *EPPPO Bulletin*, 50(1): 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*, 28(88), 1-10.
4. Abd-Ella AA., 2015 - Efficacy of emamectin benzoate, pyridalyl and methoxyfenozide on pomegranate butterfly, *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera: Lycanidae) in cultivated and reclaimed lands. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 2, 32-42.
5. Aberlenc-Bertossi, F., 2010 - *Biotechnologies du palmier dattier*. IRD Édi., Marseille, 261 p.
6. Afaq F. et Malik A. 2005 - Pomegranate fruit extract modulates UV-B-mediated phosphorylation of mitogen-activated protein kinases and activation of nuclear factor kappa B in normal human epidermal keratinocytes. *Photochemistry and photobiology*, 81: 38-45.
7. Al-Gboori B. et Krepl V. 2010 - Importance of date palm as a source of nutrition. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 43(4), 341-347.
8. Ali E. A., 2017 - Integrated Control of Some Pests Infesting Pomegranate Trees in Northern Western coast. *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.*, 9(1): 59-72.
9. Alioua Y., Bosmans R., Kherbouche O., et Bissati S., 2020 – Distribution of the genus *Larinia* in the Maghreb, with the first record of *Larinia chloris* in Algeria (Araneae: Araneidae). *Arachnologische Mitteilungen: Arachnology Letters*, 59 (1) : 1- 4.
10. Almi A., 2020 - Etude de quelques aspects bioécologiques de *Virachola livia* (Klug, 1834) (Lepidoptera : Lycaenidae) dans la palmeraie du Sud-est algérien et essai de lutte. Thèse. Doc. Univ. Ouargla. 152 p.

11. 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.
12. Almi A., Korichi R., Bradai L. et Bissati-Bouafia S., 2020 - Première étude de la biologie d'un nouveau prédateur *Deudorix livia* (Lepidoptera, Lycaenidae) sur grenadier en Algérie. *IOBC-WPRS Bulletin*. 151: 97-104.
13. Al-Quran S.A., 2009 - Butterflies of ATA'TA mountain in Tafileh, Southern Jordan. *Acta entomologica serbica*, 14, 241-244.
14. 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., Alyahiai A.S., Al-Malki M. S., 2011- Biological control of pomegranate butterfly *Virachola livia* (Lycaenidae: Lepidoptera) in Al- Jabal Al-akhdar. *Agricultural and livestock research - annual report (Oman) 2010/2011*, 284 p.
15. Amouretti M.C. et Comet G. 1992 – Cahier d'histoire des techniques - Des hommes et des plantes : plantes méditerranéennes, vocabulaire et usages anciens. Publications de l'université de Provence, 174 p.
16. Arafa A.A.I., Abd Elaziz H.S., et El-Ashry R.M.A., 2012 - Alternative methods for controlling pomegranate butterfly *Virachola livia* Klug (Lepidoptera : Lycaenidae). *J. Plant Prot. and Path.*, 3(3): 327–335.
17. Arnault I., Lombarkia N., Joy-Ondet S., Romet L., Auger J., Brahim I., Nasri R., et Derridj S., 2016 - Foliar applications of micro-doses of sucrose to reduce codling moth *Cydia Pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae) damages on apple tree. *Pest Management Science*, 72: 1901–1909.
18. Augstburger F., Berger J., Censkowsky U., Heid P., Milz J. et Streit Ch. 2002 - Organic farming in the tropics and subtropics: Date palm. Exemplary Description of 20 crops. Naturland edi. 1st edition, 23 p.
19. Awadallah AM, Azab AK & El-Nahal AKM., 1970 - Studies on the pomegranate butterfly, *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera-Rhopalocera: Lycaenidae). *Bulletin de la Societe Entomologique d'Egypte*, 54, 545-567.
20. Baaziz M., Majourhat K. et Bendiab K. 2000 - Date palm culture in the Maghreb: constraints and scientific research. *Proceedings of date palm International Symposium*, Namibia, 22-25 February 2000, 206-311.
21. Bagnouls F. et Gaussen H., 1953 - Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* (88), 193-239.

22. Balikai R.A., Kotikal Y.K., Prasanna P.M., 2011 - Status of pomegranate pests and their management strategies in India. *Acta Horticulturae*, 890: 569-583.
23. Bancroft J.S. 2005 - Dispersal and Abundance of *Lygus hesperus* in Field Crop. *Environ. Ent.*, 34: 1517-1523.
24. Beladis B., Verheggen F., Baba Aissa N., Boukraa S., Salah Ou Elhadj B., Yagoub L., Doumandji S. et Guezoul O., 2018 - Premier signalement de *Deudorix livia* (Lepidoptera: Lycaenidae) en d'Algérie : Un ravageur important du grenadier et du palmier dattier. *Bulletin OEPP/EPPO*, 48 (2), 281–286.
25. Benras H., Guezoul O., Benghedier A., Korichi A., 2019 - First assessment of hybrid sparrow (*Passer domesticus* x *P. hispaniolensis*) damage on cereal crops in Ouargla (Algeria). *Lebanese Science Journal*, 20(3), 379.
26. Blumenfeld A., Shaya F. et Hillel R. 2000 - Cultivation of pomegranate. *Options Méditerranéennes Série A, Séminaires Méditerranéens*, 42: 143-147.
27. Bolouri Moghaddam M.R., Van den Ende W., 2012 - Sugars and plant innate immunity. *Journal of Experimental Botany*, 63 (11), 3989-98.
28. Bounaga N. 1991 - Le palmier dattier : rappels biologiques et problèmes physiologiques. *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*, Groupe d'étude de l'Arbre. John Libbey Eurotext, Paris, 336 p.
29. Carroll D., Puget B., Higbee B., Quist M., Magallene O., Smith N., Gjerde A., et Schneider K., 2006 - Pomegranate pest management in the San Joaquin Valley. *Assoc. Appl. IPM Ecol.* 1, 21.
30. Chedad A., Bendjoudi D., Beladis B., Guezoul O., et Chenchouni H., 2020 - A comprehensive monograph on the ecology and distribution of the House bunting (*Emberiza sahari*) in Algeria. *Frontiers of Biogeography*, 13-27.
31. Chedad A., Bendjoudi D., et Guezoul O., 2020 - A case of leuclsm in the white-crowned wheatear *Oenanthe leucopyga*. *Alauda*, 87 (4): 384.
32. Clarke H.D., Seigler D.S. et Ebinger J.E. 2009 - Taxonomic revision of the *Vachellia acuífera* species group (Fabaceae: Mimosoideae) in the Carribean. *Systematic Botany*, 34(1), 84-101.

33. D.P.A.T., 2018 - Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire, Ghardaïa, 123 p.
34. D.S.A., 2018 - Directions des services agricoles.
35. Dajoz R., 1971 - Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris, 434 p.
36. Delimi A., Taibi F., Bouchelaghem S., Boumendjel M., Hennouni-Siakhène N., et Chefrour A., 2017 - Chemical composition and insecticidal activity of essential oil of *Artemisia herba alba* (Asteraceae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Int J. Biosci*, 10(2), 130-137.
37. Doumandji S., 1981 - Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans le Nord de l'Algérie, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera-Pyralidae). Thèse Doc. Es Scie. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 145 p.
38. Doumandji-Mitiche B., 1983 - Contribution à l'étude bioécologique des parasites et prédateurs de la pyrale des Caroubes *Ectomyelois ceratoniae* en Algérie en vue d'une éventuelle lutte biologique contre ce ravageur. Thèse Doc. Es Scie., Univ. Pierre et Marie Curie. Paris, 253 p.
39. Doumandji-Mitiche B., 1999 - La lutte biologique en palmeraies du Sud algérien contre quelques déprédateurs. II^{èmes} journées scientifiques sur l'agriculture saharienne, Touggourt, Algérie: 16-17.
40. Ekech R., Akomeah P. et Asemota O., 2005 - Somatic embryogenesis in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) from apical meristem tissues from 'zebia' and 'liko' landraces. *African Journal of Biotechnology*, 4(3), 244-246.
41. El-Juhany L.I., 2010 - Degradation of date palm trees and date production in Arab countries: Causes and potential rehabilitation. *Australian Journal of basic and Applied Sciences*, 4 (8), 3998-4010.
42. Elrehewy E.S., Nashed N., El-Banna H.M.S., 2020 - The Efficiency of The Parasitoid, *Trichogramma* sp. Against Some Date Pests. *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci. (F. Toxicology & Pest control)*, 12(2), 269-275.
43. Elsayed G., Bazaid SA., 2011 - Field investigation of pomegranate fruit worms in Taif and laboratory evaluation of *Bacillus thuringiensis* against *Ectomyelois ceratoniae*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 44, 28-36.
44. El-Shafie H.A.F., 2022 - The Old World date palm mite *Oligonychus afrasiaticus* (Mc Gregor 1939) (Acari: Tetranychidae), a major fruit pest: biology, ecology, and management. *CABI Reviews* ,17(20) 1-15.

45. Erkovan I.H., Clarke P.J. et Whalley R.D.B., 2016 - A review on general description of *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn. *Journal of the Agricultural Faculty*, 47(1) 71-76.
46. Fontaine B. et Renard M., 2010 - PROPAGE, protocole de suivi des papillons par les gestionnaires. Muséum d'histoire naturelle et Noé conservation. Paris, 46 p.
47. Gameel S.M.M., Ewais M.A. et Sayed A.A. 2014 - Using of *Trichogramma evanescens* West. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for Controlling *Arenipses sabella* Hmpson and *Batrachedra amydraula* Meyrick in the Date Palm Fields at the New Valley-Egypt. *EAJBS*, 6: 35-41.
48. García-Winder L.R., Goñi-Cedeño S., Olgún-Lara P.A., Díaz-Salgado G., et Arriaga-Jordán C.M., 2009 - Huizache (*Acacia farnesiana*) whole pods (flesh and seeds) as an alternative feed for sheep in Mexico. *Trop. Anim. Health. Prod.*, 41, 1615–1621.
49. Garnier G. et Bezanger-Beauquesne L., 1961 - Ressources médicinales de la flore française. Editions Vigot Frères. 1961. Tome II. 1511 p.
50. Gharbi N., 2010 - Laboratory Rearing of the Pomegranate Fruit Butterfly *Virachola livia* on Two Host Plants in Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 5, 195-199.
51. Giovanni B., Roman P., Angelo C., Kevin C., Giampiero C., Fabio C., Marcello N., Sengottayan S.N., Heinz M. et Filippo M., 2017 - Acute larvicidal toxicity of five essential oils (*Pinus nigra*, *Hyssopus officinalis*, *Satureja montana*, *Aloysia citrodora* and *Pelargonium graveolens*) against the filariasis vector *Culex quinquefasciatus*: Synergistic and antagonistic effects. *Parasitology International*, 66(2), 166-171.
52. Guezoul O., 2021 - Diversité des passereaux (Aves) dans le Sahara septentrional Est. *The International Day for Biological Diversity that was held on May 23th 2021* of the Ouargla University.
53. Guezoul O., Souttou K., Doumandji S., Baziz B., Sekour M., Rabah I.O. et Belkacem A.A., 2006 - Dégâts du moineau hybride sur dattes dans la palmeraie de Biskra, en Algérie. *Phytoma - La Défense des végétaux*, 595: 13-15.
54. Hanna A.D., 1939 - The Pomegranate Fruit Butterfly *Virachola livia* Klug. Morphology, Life-History and Control. Ministry of Agriculture, Egypt, 54pp.
55. Hedrick U.P., 1919 - *Sturtevant's notes on edible plants. State of New York, Department of Agriculture Twenty-seventh Annual Report - Vol. 2 - Part I. Lyon Company, State Printers, 704 p.*
56. Hodel D.R. et Pittenger D.R., 2003 - Studies on the establishment of date palm (*Phoenix dactylifera* 'Deglet Noor') offshoots: Observations on root development and leaf growth. *Palms*, 47(4), 191-200.

57. Hussein M., Abdel-Rahman A. et Rokia B., 1994 - Effectiveness of fruit bagging on yields and fruit quality of pomegranate (*Punica granatum*). *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 32(2): 949-957.
58. Jacques F., 2002 - *Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique*, Gondwana édi., Cirad, Vol. 2, 2538 p.
59. Janz N., 2002 - Evolutionary Ecology of Oviposition Strategies. In: "Chemoecology of Insect Eggs and Egg Deposition", (Eds.): Hilker, M. and Meiners, T.. Blackwell Publishing, Berlin, pp. 349-376.
60. Jorjes S.J., Mohammed A.M., 1992 - Les insectes des vergers. Editions des livres, Maousil, 338 p.
61. Juan P.J., Martinez J.J., Martinez M.A.O., Ferrandez M., 2000 - Current situation of pomegranate growing (*Punica granatum* L.) in southern Alicante. Chemical control of pests and diseases and financial cost. *Options Méditerranéennes Série A, Séminaires Méditerranéens*, 42: 157–161.
62. Juan-Alberto R.P. 1990 - Flore exotique dans les îles Canaries, Leon, Espagne, Edit. Everest, 236p.
63. Kahramanoglu I., USANMAZ S., 2013 - Management strategies of fruit damaging pests of pomegranates: *Planococcus citri*, *Ceratitis capitata* and *Deudorix (Virachola) livia*. *African Journal of Agricultural Research*, 8, 6563-6568.
64. Katbeh-Bader A., Amr Z.S. et Isma'el S., 2003 - The butterflies of Jordan. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 37, 11-26.
65. Khan M.M.H., 2016 - Biology and management of fruit borer, *Virachola isocrates* (Fab.) infesting guava. *Bangladesh J. Agril. Res.* 41(1): 41-51.
66. Kheloufi A., Boukhatem Z. F., Mansouri L. M., Djelilate M. 2018 - Inventory and geographical distribution of Acacia Mill. (Fabaceae : Mimosaceae) species in Algeria. *Biodiversity Journal*, 9(1) 51–60.
67. Kinawy M., Al-Waili H.M. et Almandhari A.M., 2008 - Review of the Successful Classical Biological Control Programs in Sultanate of Oman. *Egyptian journal of pest control*, 18, 1-10.
68. Ksentini I., Jardak T., Zeghal N., 2011 - First report on *Virachola livia* Klug. (Lepidoptera: Lycaenidae) and its effects on different pomegranate varieties in Tunisia. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin.*, 41, 178-182.
69. Latif A., Sattar S., Maula F., Khan I., Iqbal A. et Shah S.H., 2022 - Biology and management of pomegranate fruit borer, *Virachola isocrates* (Lepidoptera: Lycaenidae)

- through chemicals and botanical extracts. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 35(2): 425-433.
70. Laudeho Y. et Benassy C. 1969 - Contribution à l'étude d'écologie de *Parlatoria blanchardi* Targ. en Adrar mauritanien. *Fruits*, 22(5), 273-287.
 71. Massimino Cocuzza G.E., Mazzeo G., Russo A., Giudice V.L. et Bella S. 2016 - Pomegranate arthropod pests and their management in the Mediterranean area. *Phytoparasitica*, 44, 393-409.
 72. Mebarki M. T., Guezoul O., Soutou K., Marniche F., Bouzid H., et Sadine S. E., 2021 - Report of camel spiders (Solifugae: Galeodidae) predation by Saharan horned viper *Cerastes cerastes* (Linnaeus, 1758) in Northern Algerian Sahara. *Serket*, 18(1): 01-05.
 73. Metwally M.M., Mohamed M.A., Hussein A.E., Mohamed H. A., El-Sebai O.A. et Hafez S.F., 2007 - Assessment of *Trichogramma evanescens* westwood effectiveness in controlling lepidopterous insect pests on date palm trees in Baharia oases. *J. Agric. Sci.*, 32 (2): 1461-1469.
 74. Michailides T., Morgan D., Quist M. et Reyes H. 2008 - Infection of pomegranate by *Alternaria* spp. causing black heart. *Phytopathology*, 98: S105.
 75. Mishra, B.B., Tripathi, S.P., et Tripathi, C.P.M., 2012 - Repellent effect of leaves essential oils from *Eucalyptus globulus* (Mirtaceae) and *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) against two major stored grain insect pests of Coleopterons. *Nature and Science*, 10 (2), 50-54.
 76. Mkaouar R., Hausmann A., Ben Jamâa M.L., 2016 - Confirmation of *Deudorix livia* identification on *Acacia farnesiana* and its first report in Southern Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 11, 165-169.
 77. Mkaouar R., Dhahri S. et Benjamaa M., 2016 - Some biological aspects of *Virachola livia* on *Acacia farnesiana* in the South of Tunisia. *Turkish Journal of Forestry*, 17,48-50.
 78. Mkaouar R., Saadaoui E., et 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*, 35, 1749-1753.
 79. Moawad S.S., Hassan S.A. et Al Barty A.M., 2011 - Enumeration and estimation of insect attack fruits of some cultivars of *Punica granatum*. *African Journal of Biotechnology*, 10, 3880–3887.

80. Mokhtar A. M., 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.
81. Müller GC., Kravchenko VD., Phillips A., Shwarz-Tzachor R. and Benyamini D., 2005 - The first record of the Eremic Lycaenid *Deudorix livia* (Klug, 1834) in Europe (Lepidoptera, Lycaenidae). *Atalanta*, 36, 109-112.
82. Munier P., 1973 - Le palmier dattier. Ed Maison Neuve et Larousse. Paris, 231p.
83. Nouh Mefnoun A., 1997 - Contribution à l'inventaire des plantes adventices des cultures en milieu Oasien. Journées techniques phytosanitaires, I.N.P.V., El Harrach, Alger : 152-155.
84. O.N.M., 2018 - Les données climatiques de la station météorologique de Ghardaïa : période 2009-2018. Éd. Station météorologique de Ghardaïa, 5p.
85. Obeidat W.M., Akkawi M., 2002 - Bionomics and control of pomegranate butterfly *Virachola (Deudorix) livia* (Klug) (Lepidoptera: Lycaenidae) in Northern Jordan. *Dirasat-Agricultural Sciences*, 29, 1-12.
86. Ortiz de Elguea-Culebras G., Sánchez-Vioque R., Berruga M.I., Herraiz-Peñalver D., González-Coloma A., Andrés M.F. et Santana-Méridas, O., 2018 - Biocidal Potential and Chemical Composition of Industrial Essential Oils from *Hyssopus officinalis*, *Lavandula x intermedia* var. Super, and *Santolina chamaecyparissus*. *Chem. Biodiversity*, 15(1),1-13.
87. Osman S.M., 2008 - Fruit quality and general evaluation of Zaghloul and Samany date palms cultivars grown under conditions of Aswan. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 4 (2), 230-236.
88. Ozenda P., 1991 - Flore du Sahara. 3ème édition du centre national de recherche scientifique, Paris, 662 p.
89. Ozenda P., 2004 - Flore et végétation du Sahara. Ed. CNRS, Paris, pp. 11-39.
90. Sadine S.E., 2018 - La faune scorpionique du Sahara septentrional algérien : Diversité et Ecologie. Thèse de Doctorat, Université d'Ouargla, 91 p.

91. Saharaoui L., 2017 - Les coccinelles algériennes (Coleoptera, Coccinellidae) : analyse faunistique et structure des communautés. Biodiversité. Thèse Doc., Université Paul Sabatier - Toulouse III, 195 p.
92. Saleh M., 1974 - Ecological, biological and control studies on pests infesting date-bunches in the New Valley, U.A.R. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, 170p.
93. Salwa S.M. A., Hala A. et Abbas M.K., 2019 - A new strategy for controlling three devastating pests attacking date palm plantations in El Bahariya and Siwa oases, Egypt through using a special group of natural enemies. *Egypt. J. Agric. Res.*, 97 (1), 365-382.
94. Samy H.M., 2003 - Integrated control of the key insect pests of date palm fruits in the new valley governorate, Egypt. *Proceedings of the Eighth Arab Congress of Plant Protection*, 12-16 October 2003, El-Beida, Libya.
95. Sayed S.M., Elsayed G., Mahmoud S.F. et Elzahrany O.M., 2015 - Efficacy of *Bacillus thuringiensis* and indigenous *Trichogramma turkistanica* for controlling lepidopterous pests on Taify pomegranate fruits. *African Entomology*, 23, 443-450.
96. Sedra H. et Besri M., 1994 - Evaluation de la résistance du palmier dattier au bayoud causée par *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis*. Recherche d'une méthode de discrimination des vitroplants acclimatées en serre. *Agronomie, EDP Sciences*, 14 (7), 467-472.
97. Spichiger R.E., Savolainen V., Figeat-Hug M., Jeanmonod D. et Perret M., 2004 - Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales. Editions Presses polytechniques et universitaires romandes. Troisième éd., 413 p.
98. Stewart P., 1969 - Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Natu., Afr. Nord*, New York and London, T. 59: 23-36.
99. Tarkowski L.P., Poel B.V., Höfte M., Ende W.V., 2019 - Sweet Immunity: Inulin Boosts Resistance of Lettuce (*Lactuca sativa*) against Grey Mold (*Botrytis cinerea*) in an Ethylene Dependent Manner. *International Journal of Molecular Sciences*, 20, 01-22.
100. Temerak S.A., Sayed A.A., Gameel S.M.M. et Moussa A. 2014 - Rotate Two Different Mode of Actions of Green Chemicals to Combat *Virachola livia* (Klug) on Date Palm Fruit, Egypt. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 4, 620-625.

- 101.** Tiffrent A. et Lombarkia N., 2021 - Assesment of control strategy by spraying low doses of sugars on apple orchard against *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758.). *Acta agriculturae Slovenica*, 117(1):1–6.
- 102.** Tirichine A., 2010 - L'état phytosanitaire des palmeraies algériennes, principaux axes de recherche/développement à prendre en charge. *Workshop sur l'Agriculture Saharienne : Enjeux et Perspectives Université Kasdi Merbah*, Ouargla, Algérie le 03 mai 2010.
- 103.** Tirichine A., Belguedj M., Benkhallfa A. et Guerradp M., 2009 - Identification, classification et sélection de la diversité génétique du palmier dattier (*Phoenix Dactylifera* L.). Cas des palmeraies de la région du Mzab. *Recherche Agronomique*, 1(25), 75-87.
- 104.** Toutain G., 1979 - Eléments d'agronomie saharienne. De la recherche au développement. Paris, 276 p.
- 105.** Toutain G., Dollé V., Ferry M., 1989 - Situation des systèmes oasiens en régions chaudes. *Les cahiers de la recherche développement*, 22, 3-14.
- 106.** Traveset, A., 1990 - Post-dispersal predation of *Acacia farnesiana* seeds by *Stator vachelliae* (Bruchidae) in Central America. *Oecologia* 84, 506–512.
- 107.** Traveset, A., 1992. Effect of vertebrate frugivores on bruchid beetles that prey on *Acacia farnesiana* seeds. *Oikos*, 63, 200-206.
- 108.** Trouvelot S., Héloir M.C., Poinssot B., Gauthier A., 2014 - Carbohydrates in plant immunity and plant protection: roles and potential application as foliar sprays. *Frontiers in Plant Sciences*, 4, 1-14.
- 109.** USDA, NRCS (n.d.) "*Vachellia farnesiana*". The plants Database (plants.usda.gov). Greensboro, North Carolina: National Plant Data Team. Consulté le : 25 March 2018.
- 110.** Wald E., 2009 - Le grenadier (*Punica granatum*) : plante historique et évolutions thérapeutiques récentes. Doctorat en sciences pharmaceutiques, Université Henri Poincare, Nancy, 157 p.
- 111.** Zaied Yahiya Y.M., 2014 - Common insects of orders Coleoptera, Lepidoptera and Hemiptera in middle region of Al-Jabal Al-Khdar, Libya. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3, 395-397.
- 112.** Zergoun Y., 1991 - Contribution à l'étude bioécologique des peuplements Orthoptérologique dans la région de Ghardaïa. Mémoire d'ingénieur agronome Institut National d'Agronomie d'El-Harrach, Algeria, 73 p.

- 113.** Zergoun Y., Guezoul O., Sekour M., Bouras N. et Holtz M.D., 2019 - Acridid (Orthoptera: Caelifera) diversity in agriculture ecosystems at three locations in the Mzab valley, Septentrional Sahara, Algeria. *Journal of Insect Biodiversity*, 9 (1), 18-27.
- 114.** Zergoun Y., Guezoul O., Sekour M., Bouras N. et Hotz M.D., 2020 - Diet selection of *Heteracris littoralis*, in a cultivated environment, Mzab valley, Septentrional Sahara, Algeria. *Tunisian Journal of Plant Protection* 15 (2): 69-80.
- 115.** Zouba A. et Chermiti B., 2015 - Première estimation des dégâts causés par *Virachola livia* Klug (Lepidoptera : Lycanidae) sur palmier dattier en Tunisie. *Premier Symposium National sur la Protection Intégrée des plantes*, Tunisie, 20-21 Avril 2015.

Résumés

Bioécologie, dégâts et essais de lutte contre le papillon du grenadier *Deudorix livia* (Klug, 1834) dans le Sahara septentrional de l'Algérie

Résumé

Ces dernières années, le papillon du grenadier *Deudorix livia* (Klug, 1834) (Lepidoptera: Lycanidae) est devenu l'un des ravageurs les plus redoutables du grenadier dans plusieurs oasis du sud Algérien. Les travaux réalisés sur la bioécologie de ce bioagresseur sont très peu notamment en Algérie. L'objectif de ce travail est d'étudier la bioécologie de ce ravageur ainsi que d'évaluer ces dommages provoqués sur le grenadier et le palmier dattier dans un but de fournir plus d'information pour établir des programmes de lutte contre ce ravageur. L'étude a été réalisée dans les palmeraies du Sahara septentrional algérien pendant les années allant de 2018 jusqu'à 2021. Les sorties effectuées sur le terrain ont permis d'identifier ce ravageur sur neuf plantes hôtes. Parmi lesquelles on a : le grenadier *Punica granatum*, le palmier dattier *Phoenix dactylifera* et *Vachellia farnesiana*. Le suivi des pontes de cette espèce a montré que les premières pontes auront lieu à partir de la mi-mars sur les gousses de *Vachellia farnesiana*. A partir du suivi continu des populations de ce ravageur durant toute la période d'étude, il a été observé la présence de quatre générations sur le grenadier, deux générations sur *Vachellia farnesiana* et une seule génération sur le palmier dattier. Les dégâts provoqués par les larves de ce papillon sur *Vachellia farnesiana* sont estimés à 25,9% dans les palmeraies de Ouargla et 51,3% dans les palmeraies de Ghardaïa. Et chez le grenadier, les dégâts commencent à partir du mois de mai avec 4 % et atteignent les 85% à la période de la récolte sur grenadier. Plusieurs méthodes de lutte ont été testées contre ce ravageur. Les principales méthodes qui ont données les meilleurs résultats sont : la lutte chimique par Lambda-Cyhalothrin, la lutte physique par l'ensachage des grenades. La pulvérisation d'hydrolats issus de quelques plantes aromatiques semble être une méthode intéressante qui nécessite encore d'autres essais pour la valider. Enfin, il est utile de procéder un programme de lutte intégrée est proposé pour l'appliquer dans la lutte contre ce ravageur.

Mots clés :

Deudorix livia, bioécologie, palmeraies, dommages et lutte.

Bioecology, damage and attempts to control the pomegranate butterfly *Deudorix livia* (Klug, 1829) in the northern Sahara of Algeria

Abstract:

In recent years, the pomegranate butterfly *Deudorix livia* (Klug, 1834) (Lepidoptera: Lycaenidae) has become one of the most important pests of the pomegranate in several oases in southern Algeria. The studies on the bioecology of this pest is very limited, especially in Algeria. The aim of this study is to investigate the bioecology of this pest and assess the damage that it causes to pomegranate and date palm in order to provide more informations for the establishment of pest control programs. The study was conducted in the northern Sahara palm groves from 2018 to 2021. Field surveys allowed the identification of this pest on nine host plants, including pomegranate (*Punica granatum*), date palm (*Phoenix dactylifera*), and *Vachellia farnesiana*. Monitoring the egg-laying activity of this species showed that the first egg-laying occurs from March 10th on *Vachellia farnesiana* pods. The continue monitoring of the pest populations throughout the study period revealed four generations on pomegranate, two generations on *Vachellia farnesiana*, and one generation on date palm. Damage caused by the larvae of this butterfly on *Vachellia farnesiana* is estimated at 25.9% in the palm groves of Ouargla and 51.3% in the palm groves of Ghardaïa. In the case of pomegranate, damage begins in may with 4 per cent and reaches 85 per cent during the harvest period. Several control methods were tested against this pest. The important methods that showed the best results were chemical control using Lambda-Cyhalothrin and physical control through bagging of pomegranates. The spraying of hydrolates derived from aromatic plants appears to be a promising method, but further testing is required to validate it. Finally, an integrated pest management program (IPM) is proposed for the best control of this pest.

Key words:

Deudorix livia, bioecology, palm groves, damages, control.

الملخص:

في السنوات الأخيرة، أصبحت فراشة ثمار الرمان (*Deudorix livia* (Klug, 1834) أحد أهم آفات الرمان في العديد من الواحات في جنوب الجزائر. ال تزال الدراسات حول بيونكولوجيا هذه الحشرة محدودة للغاية، خاصة في الجزائر. لذلك فإن الهدف من هذه الدراسة هو التعمق في دراسة بيونكولوجيا هذه الحشرة مما يساعد في صياغة برنامج مكافحة فعال ضد هذه الآفة. كما تم إجراء تقدير للخسائر التي تسببها في محصول الرمان وكذا

محصول التمر. أجريت هذه الدراسة في بساتين النخيل بواحات شمال الصحراء من سنة 2018 إلى 2021. سمحت الدراسة الميدانية بإيجاد هذه الآفة على تسع نباتات مضيقة، بما في ذلك الرمان (*Punica granatum*) ونخيل التمر (*Phoenix dactylifera*) وشجرة الأكاسيا *Vachellia farnesiana*. أظهرت مراقبة نشاط وضع البيض لهذا النوع من الفراشات أن بداية وضع البيض يكون في بداية شهر مارس على قرون *Vachellia farnesiana*. كما كشفت المراقبة المستمرة لتعداد الآفات طوال فترة الدراسة عن أربعة أجيال على الرمان، وجيلين على *Vachellia farnesiana* وجيل واحد على نخيل التمر.

قدرت الخسائر التي تسببها يرقات هذه الفراشة على *Vachellia farnesiana* بحوالي 25.9% في بساتين نخيل ورقلة و51.3% في بساتين النخيل في غرداية. أما في أشجار ال 'رمان، يبدأ الضرر في ماي بنسبة 4% ويصل إلى 85% خلال فترة الجني.

خالل هذه الدراسة تم اختبار العديد من طرق المكافحة ضد هذه الآفة. كانت الطرق المهمة التي أظهرت أفضل النتائج هي المكافحة الكيميائية باستخدام Lambda-Cyhalothrin والمكافحة الفيزيائية من خلال تغليف ثمار الرمان بأكياس من القماش أو الورق. يبدو أن رش الأشجار بالهيدروال المستخلصة من بعض النباتات العطرية طريقة واعدة وبديل جيد عن المكافحة الكيميائية، ولكن يلزم إجراء مزيد من الاختبارات للتحقق من فعاليتها. في نهاية الدراسة، تم اقتراح برنامج للمكافحة المتكاملة ضد هذه الآفة (IPM) من أجل الحصول على نتائج أفضل.

الكلمات المفتاحية:

Deudorix livia – بيونكولوجيا - بساتين النخيل - الخسائر - المكافحة.