



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة قاصدي مرباح - ورقلة
UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences Agronomiques



Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Sciences
Sciences Agronomiques
Spécialité : Protection des végétaux

Thème

**Importance de trois bio-
agresseurs (*Ceratitis capitata*, *Virachola livia* et *Epilachna
chrysomelina*) sur quelques cultures dans l'extrême Sud-
est algérien (Djanet et Tamanrasset)**

Présentée et soutenue publiquement le 26/11/2020

Par : **BEDDIAF Rahma**

Devant le jury composé de :

Présidente	M ^{me} BISSATI-BOUAFIA Samia	Professeur	Univ K.M. Ouargla
Directeur de thèse	M. SEKOUR Makhlof	Professeur	Univ K.M. Ouargla
Rapporteur	M. SOUTTOU Karim	Professeur	Univ. de Djelfa
Rapporteur	M. ABABSA Labeled	Professeur	Univ. d'Oum El Bouaghi
Rapporteur	M. GUEZOUL Omar	Professeur	Univ K.M. Ouargla
Rapporteur	M ^{me} DEHLIZ-LAKHDARI Wassima	M.R.A	INRAA Touggourt

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur le Professeur Makhlouf SEKOUR, directeur de cette thèse. C'est un honneur pour moi de travailler avec lui. Il a mis à ma disposition sa riche expérience et ses connaissances. Je lui remercie aussi pour ses conseils, ses orientations, sa disponibilité, sa gentillesse et sa patience.

Je remercie bien vivement Madame Samia BISSATI-BOUAFIA, professeur à l'Université de Kasdi Merbah Ouargla pour l'honneur qu'elle me fait en présidant le jury de ma thèse, pour sa bienveillance et pour ses encouragements.

Je suis très sensible à l'honneur que me fait Monsieur Karim SOUTTOU, professeur à l'université de Djelfa en examinant ce travail. Je tiens à lui remercier également pour sa disponibilité, sa gentillesse et son aide.

Ma reconnaissance et mes remerciements vont également à Monsieur Labeled ABABSA professeur à l'université d'Oum Elbouagui pour avoir accepté d'évaluer ce travail en dépit de leurs nombreuses autres obligations.

Mes remerciements vont également à Monsieur Omar GUEZOUL, professeur à l'Université de Kasdi Merbah pour l'honneur qu'il me fait en s'associant en tant que membre examinateur du jury de cette thèse.

Je remercie également Madame Wassima DEHLIZ-LAKHDARI, maître de recherche A à l'INRA de Touggourt pour l'honneur qu'elle me fait en s'associant en tant que membre examinateur du jury de cette thèse.

Il m'est agréable aussi de remercier monsieur Amar EDDOUD, Maître de conférences à l'université de Kasdi Merbah Ouargla, pour sa contribution la plus importante dans cette étude à travers ses identifications des plantes et ses connaissances qu'il m'a transmises, merci pour sa patience et sa générosité.

Ce travail n'aurait pas été possible sans la disponibilité et la bonne volonté de nombreuses personnes que je tiens à remercier du fond de mon cœur, notamment. Monsieur Ahmed CHAABNA Maître de conférences à l'université de Kasdi Merbah Ouargla, Madame Yasmina KH ERBOUCHE Maître de conférences à l'université de Kasdi Merbah Ouargla, pour ses orientations et son aide et tous mes collègues de la direction déléguée des services agricoles à Djanet et spécialement Sami OUANI Ahmed (Allah yarhmou), Mr Ayoub Agaoud, Mr Atik Laalâ, Mm^e Abdou ali Rekia, Melle Chali

Ali Fatma, Melle Beddiaf Zineb, Mm^e Elias Amina Sana et mon marie Belkhir Rokia pour leur aide sur terrain.

Je remercie en particulier ma mère, mon père (Allah yarhmou), mes frères et mes sœurs, ainsi que mon marie et ma belle-famille, pour leur compréhension, leur patience, leurs encouragements et leurs aides au terrain.

Grand merci à tous mes collègues au Département d'agronomie et spécialement Torki Soumia, Djilali Kelthoum, Fecih Tinhinan, Melik Randa, Belabidi Meriem, Chahma Saaida, Djedi Souad, Zaghti Samira et Bouras Asma.

Sans oublier, un grand merci pour tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé soit sur le terrain ou au laboratoire à la réalisation de cette thèse.

BEDDIAF Rahma

Table de matières

Table des matières

Liste des Tableaux.....	g
Liste des figures.....	i
Liste des abréviations.....	m
Introduction.....	2
Chapitre 1 - Présentation des régions d'étude	
1.1.– Position géographique des régions d'étude	06
1.1.1. – Situation géographique de la région de Djanet	06
1.1.2. – Situation géographique de la région du Tamanrasset.....	06
1.2.– Facteurs édaphiques.....	07
1.2.1. – Caractéristiques géologiques de la région de Djanet.....	07
1.2.2. – Particularités géologiques de la région de Tamanrasset	08
1.3.- Caractéristiques climatiques des régions d'étude.....	08
1.3.1.- Températures.....	08
1.3.2.- Pluviométries.....	09
1.3.3.- Synthèse climatique.....	10
1.3.3.1.- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	10
1.3.3.2.- Climagramme d'Emberger	13
1.4. – Facteurs biotiques des régions d'étude.....	14
1.4.1. – Flore des régions d'étude.....	14
1.4.2. – Faune des régions d'étude.....	15
1.4.2.1. – Arthropodes	15
1.4.2.2 — Poissons.....	16
1.4.2.3. – Reptiles et amphibiens.....	16
1.4.2.4. –Oiseaux	16
1.4.2.5. – Mammifères.....	16
Chapitre 2 – Matériel et méthodes	
2.1. – Choix des stations d'étude.....	19
2.1.1.-Région de Djanet.....	21
2.1.1.1.- Station Teghargharte.....	21
2.1.1.2.-Station Ifoten.....	22
2.1.1.3.-Station Tin Ouraghen	22
2.1.1.4.-Station Elmizane.....	23
2.1.1.5.-Station In Abarbar.....	24
2.1.1.6.- Station Iherir.....	25

2.1.1.7.- Station Bordj Elhaouas.....	26
2.1.1.8.- Station Esséndilene.....	26
2.1.1.9.-Station Assassou.....	28
2.1.2.-Région de Tamanrasset.....	29
2.1.2.1-Station Tazrouk (1).....	29
2.1.2.2- Station Tazrouk (2).....	30
2.2. -Méthodes utilisées sur le terrain et au laboratoire.....	30
2.2.1. – Bio- écologie et estimation des dégâts causés par la mouche méditerranéenne de fruit <i>Ceratitis capitata</i>	30
2.2.1.1.- Durée de pupaison.....	32
2.2.1.2.- Taux d'émergence	33
2.2.1.3.- Longévité des adultes	33
2.2.1.4.-Sex-ratio.....	34
2.2.2. – Bio- écologie et estimation des dégâts causés par le papillon de grenadier <i>Virachola livia</i>	34
2.2.2.1.- Estimation de taux d'attaque.....	34
2.2.2.2.- Biologie de <i>Virachola livia</i>	36
2.2.2.2.1.- Elevage du papillon de grenadier <i>Virachola livia</i>	36
2.2.2.2.2.-Durée de cycle de <i>Virachola livia</i>	36
2.2.2.2.3.-Durée du stade nymphal	37
2.2.2.2.4.-Taux d'émergence.....	37
2.2.2.2.5.-Longévité des deux sexes et taille de ponte.....	37
2.2.3. – Bio- écologie et estimation des dégâts causés par la coccinelle du melon	37
2.2.3.1. – Prélèvement des individus d' <i>Epilachna chrysomelina</i> pour élevage.	38
2.2.3.2. – Elevage de la coccinelle phytophage <i>Epilachna chrysomelina</i>	38
2.2.3.2. – Taux de consommation.....	39
2.3. - Exploitation des résultats par les indices statistiques.....	40
2.3.1. - Test d'ANOVA.....	40
2.3.2. - Test de Kruskal-Wallis.....	40
2.3.3. - Corrélation de Pearson.....	40
2.3.4. - Méthode d'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.).....	40

Chapitre 3 – Résultats sur les dégâts et la bio-écologie de quelques ravageurs des cultures

3.1.- Résultats sur les dégâts et la bio-écologie de la mouche méditerranéenne de

fruits	43
3.1.1.- Taux d'infestation	43
3.1.2 - Quelques paramètres bioécologiques de <i>Ceratitis capitata</i> en fonction des cultures.....	47
3.1.2.1.- Durée de pupaison.....	47
3.1.2.2.-Morphométrie des pupes	48
3.1.2.3.-Taux d'émergence.....	49
3.1.2.4.-Longévité des adultes.....	50
3.1.2.5.-Sex-ratio.....	51
3.1.3 - Analyse factoriel multi dimensionnel des données mixtes (A.F.D.M)	52
3.2.- Résultats sur les dégâts et la bio-écologie du papillon de grenadier.....	56
3.2.1- Dégâts et bio-écologie de <i>Virachola livia</i> sur grenadier.....	56
3.2.1.1- Estimation des dégâts.....	56
3.2.1.2- Quelques données sur la bio-écologie de <i>Virachola livia</i>	61
3.2.1.2.1- Etude de cycle biologique de <i>Virachola livia</i> au laboratoire....	61
3.2.1.2.1.1- Durée de cycle de <i>Virachola livia</i>	61
3.2.1.2.1.2- Morphométrie.....	63
3.2.1.2.1.3- Longévité des adultes de <i>Virachola livia</i>	66
3.2.1.2.1.4- Taille de ponte.....	67
3.2.1.2.1.5- Taux d'émergence.....	68
3.2.1.2.1.6- Sex-ratio.....	69
3.2.2- Dégâts et bio-écologie de <i>Virachola livia</i> sur <i>Acacia raddiana</i> et <i>Acacia nilotica</i>	70
3.2.2.1- Estimation des dégâts de <i>Virachola livia</i> sur <i>Acacia raddiana</i> et <i>Acacia nilotica</i>	70
3.2.2.2- Comparaison entre le taux d'attaque d' <i>Acacia raddiana</i> , <i>Acacia nilotica</i> et <i>Punica granatum</i> par <i>Virachola livia</i>	75
3.2.2.3- Quelques données sur la bio-écologie de <i>Virachola livia</i> sur <i>Acacia nilotica</i>	76
3.2.2.3.1- Morphométrie de chrysalides <i>Virachola livia</i> retrouvées sur <i>Acacia nilotica</i>	76
3.2.2.3.2- Durée de pupaison des chrysalides des <i>Virachola livia</i> retrouvées sur <i>Acacia raddiana</i> et <i>Acacia nilotica</i>	77
3.2.2.4- Périodes d'infestation de <i>Virachola livia</i> sur les différentes plantes	

hôtes dans la région de Djanet.....	77
3.3.- Résultats sur les dégâts et la bio-écologie de la coccinelle du melon.....	78
3.3.1 –Dégâts d' <i>Epilachna chrysomelina</i> sur cucurbitaceae.....	78
3.3.1.1 – Densité d'infestation.....	78
3.3.1.2 – Taux d'attaque.....	78
3.3.1.3 – Taux de consommation.....	79
3.3.1.4 – Préférence alimentaire des différents stades de développement.....	81
3.3.2. – Bio-écologie d' <i>Epilachna chrysomelina</i>	82
3.3.2.1 – Durée d'accouplement, d'incubation et nombre des œufs par ponte...	83
3.3.2.2 – Durée de cycle.....	83
Chapitre 4 – Discussions de résultats des dégâts et bio-écologie de quelques ravageurs des cultures	
4.1.- Discussions de résultats du dégâts bio-écologie de la Mouche méditerranéenne de fruits	87
4.1.1.- Taux d'infestation	87
4.1.2.- Paramètres bio écologiques de <i>Ceratitis capitata</i>	88
4.1.2.1.- Durée de pupaison.....	88
4.1.2.2.- Morphométrie des pupes.....	89
4.1.2.3.- Taux d'émergence.....	89
4.1.2.4.-Longévité des adultes.....	90
4.1.2.5.-Sexe-ratio.....	90
4.2.- Discussions de résultats du dégâts et bio-écologie de <i>Virachola livia</i>	90
4.2.1.- Estimation des dégâts sur grenadier	90
4.2.2.- Estimation des dégâts sur acacia	91
4.2.3.- Périodes d'infestation de <i>Virachola livia</i> sur les différentes plantes hôtes dans la région de Djanet.....	92
4.2.4- Discussions sur la bio-écologie de <i>Virachola livia</i>	93
4.3.- Discussions des résultats du dégâts bio-écologie de la coccinelle du melon	95
4.3.1.- Dégâts d' <i>Epilachna chrysomelina</i> sur cucurbitaceae e.....	95
4.3.2. – Bio-écologie d' <i>Epilachna chrysomelina</i>	95
Conclusion et perspectives	98
Références bibliographiques.....	101
Annexes.....	113

Liste des tableaux

<i>Numéros</i>	<i>Titers</i>	<i>Page</i>
1	Températures minimales, maximales et moyennes mensuelles, des régions d'étude	09
2	Pluviométries (mm) mensuelles et annuelles des régions d'étude	09
3	Taux d'attaque des différents fruits par <i>Ceratitis capitata</i>	43
4	Nombre des piqûres, nombre de fruits attaqués et taux d'infestation par <i>Ceratitis capitata</i> en fonction de type de fruits dans l'extrême sud-est d'Algérie	45
5	Nombre des piqûres, nombre de fruits infestés et taux d'attaque de <i>Ceratitis capitata</i> sur les fruits en fonction des directions et des stations	47
6	Morphométrie des pupes de <i>Ceratitis capitata</i>	48
7	Sex-ratio chez <i>Ceratitis capitata</i> en fonction des cultures et des stations	51
8	Variation de nombre des œufs et les pénétrations des larves de <i>Virachola livia</i> en fonction de deux stations d'étude	57
9	Matrice de similarité entre le nombre d'œufs et le nombre de trous de pénétration de <i>Virachola livia</i> sur Grenadier dans les deux stations d'étude. Valeurs de corrélation de Pearson (r) sous la diagonale et valeurs de probabilité (p) au-dessus de la diagonale	59
10	Variation de nombre d'œufs et les pénétrations des larves de <i>Virachola livia</i> en fonction des directions	60
11	Taille de ponte des femelles non fécondées chez <i>Virachola livia</i>	67
12	Variation de nombre d'œufs et les pénétrations des larves de <i>Virachola livia</i> sur <i>Acacia raddiana</i> et <i>Acacia nilotica</i>	71
13	Morphométrie des chrysalides de <i>Virachola livia</i> notées sur <i>Acacia nilotica</i>	76
14	Durée de pupaison des chrysalides des <i>Virachola livia</i> retrouvées dans les gousses d' <i>Acacia raddiana</i> et <i>Acacia nilotica</i>	77
15	Succession des périodes d'infestation de <i>Virachola livia</i> sur les différentes plantes hôtes dans la région de Djanet	77
16	Estimation des densités d'infestation d' <i>Epilachna chrysomelina</i> sur la courgette dans la région Djanet	78
17	Taux de consommation des différents stades de développement d' <i>Epilachna chrysomelina</i> sur quelques espèces de cucurbutaceae e	80

18	Superficies de feuilles de quelques cucurbitaceae consommées par différents stades larvaire d' <i>Epilachna chrysomelina</i>	82
19	Durée d'accouplement et nombre des œufs par ponte chez <i>Epilachna chrysomelina</i> au laboratoire	83

Liste des figures

<i>Numéros</i>	<i>Titres</i>	<i>Page</i>
1	Situation géographique des régions d'étude	07
2	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Djanet durant les années 2015, 2016 et 2017	11
3	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Tamanrasset durant l'année 2016	12
4	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Djanet (a) et Tamanrasset (b) durant la période allant entre 2009 et 2018	12
5	Place des régions d'étude dans le climagramme d'EMBERGER	14
6	Situation des stations d'étude	20
7	Station Teghargharte	21
8	Station d'Ifoten	22
9	Station de Tin Ouraghen	23
10	Station d'Elmizan	24
11	Station In Abarbar	25
12	Station d'Iherir	26
13	Station Bordj Elhouas	27
14	Station d'Esséndilene	28
15	Station d'Assassou	28
16	Station de Tazrouk (1)	29
17	Station de Tazrouk (2)	30
18	Dégâts de <i>Ceratitis capitata</i> sur oranger	31
19	Dispositif expérimental pour la récupération des pupes de <i>Ceratitis capitata</i> dans les mandarines	32
20	Pupes de <i>Ceratitis capitata</i> sous loupe binoculaire	32
21	Emergence d'un adulte de <i>Ceratitis capitata</i>	33
22	Dispositif expérimental pour la détermination de la longévité des adultes	33
23	Adultes de <i>Ceratitis capitata</i>	34
24	Schéma représentatif de la méthode d'échantillonnage	35
25	Dégâts de <i>Virachola livia</i> sur <i>Punica granatum</i> (a) et sur <i>Acacia nilotica</i> (b)	35
26	Dispositif expérimental pour la récupération des chrysalides de <i>Virachola livia</i>	36
27	Elevage des larves de <i>Virachola livia</i>	37
28	Schéma représentatif de la méthode de quadra	38
29	Boite d'élevage d' <i>Epilachna chrysomelina</i>	39
30	Dispositif expérimental pour la détermination de taux de consommation des différents stades d' <i>Epilachna chrysomelina</i>	39

31	Dégâts causés par <i>Ceratitis capitata</i> sur oranger (A), grenadier (B) et figuier (F)	113
32	Nombre des piqûres de <i>Ceratitis capitata</i> sur différents arbres fruitiers	44
33	Nombre des piqûres de <i>Ceratitis capitata</i> sur différentes cultures fruitières en fonction de la position des fruits	46
34	Variation de la durée de pupaison de <i>Ceratitis capitata</i> selon le type de culture	48
35	Taux d'émergence des adultes de <i>Ceratitis capitata</i> en fonction des plantes hôtes	49
36	Variation de la longévité des adultes de <i>Ceratitis capitata</i> selon le type de culture	50
37	Longévité des adultes de <i>Ceratitis capitata</i> selon le type de culture et le sexe	51
38	Valeurs propres et pourcentages cumulés des contributions des différents axes pour les attaques de <i>Ceratits capitata</i> en fonction des stations, des directions et des cultures	52
39	Contributions des variables qualitatives dans la formation des axes	53
40	Cercle de corrélation de l'Analyse Factorielle des Données Mixtes (A.F.D.M) appliquée aux variables quantitatives	54
41	Carte factorielle de l'AFDM avec axe 1 et 2 des taux d'attaque de <i>Ceratitis capitata</i> selon le support végétal	55
42	Carte factorielle de l'AFDM avec axe 1 et 2 des taux d'attaque de <i>Ceratitis capitata</i> selon les cultures attaquées et les stations d'étude	56
43	Comparaison entre le nombre des œufs (Nbr.w) et les pénétrations (Nbr.p) des larves par fruit dans les deux stations d'étude (S1) et (S2)	58
44	Variation du nombre des œufs (Nbr.w) de <i>V. livia</i> et les nombre de trous de pénétration (Nbr.p) sur les fruits du grenadier à Djanet	58
45	Variation du nombre des œufs (Nbr.w) de <i>V. livia</i> et les nombre de trous de pénétration (Nbr.p) sur les fruits du grenadier en fonction des directions (Nord : N, Sud : S, Est : E, Ouest : O et Centre : C)	59
46	Taux d'attaque de grenade par <i>V. livia</i> selon les expositions et le stade de développement	61
47	Durée de différents stades de développement de <i>Virachola livia</i> sur grenadier	62
48	Stades de développement de <i>Virachola livia</i>	63
49	Morphométrie des larves de différents stades et des pré pupes de <i>Virachola livia</i>	64
50	Morphométrie des chrysalides de <i>Virachola livia</i>	64
51	Morphométrie des adultes de <i>Virachola livia</i>	65
52	Adultes de <i>Virachola livia</i> (a : face dorsale ; b : face ventrale)	66

53	Longévité des mâles et des femelles de <i>Virachola livia</i> sur le terrain et au laboratoire	67
54	Œufs de <i>Virachola livia</i> (a : œufs fertiles blanchâtres ; b : œufs stériles verdâtres)	68
55	Taux d'émergence et mortalité des chrysalides de <i>Virachola livia</i> selon les directions	68
56	Taux d'émergence des chrysalides de <i>V.livia</i> à l'intérieur et à l'extérieur de fruits	69
57	Sex-ratio chez <i>Virachola livia</i>	69
58	Comparaison entre le nombre des œufs (Nbr.w) et les pénétrations (Nbr.p) des larves sur <i>Acacia raddiana</i> et <i>Acacia nilotica</i>	70
59	Nombre moyen de fruit attaqués en fonction des stations d'étude	73
60	Variation de nombre des œufs et le nombre des pénétrations des larves de <i>Virachola livia</i> en fonction de plantes hôtes et de stations d'étude	74
61	Comparaison entre les fréquences d'attaques de <i>Punica granatum</i> , <i>Acacia raddiana</i> et <i>Acacia nilotica</i> par <i>Virachola livia</i>	75
62	Dégâts causés par <i>Virachola livia</i> sur <i>Punica granatum</i> (A), <i>Acacia nilotica</i> (B) et <i>Acacia raddiana</i> (C)	114
63	Taux d'attaque de quelques espèces de cucurbitaceae e par <i>Epilachna Chrysomelina</i>	79
64	Dégâts causés par <i>Epilachna chrysomelina</i> sur fruits (A) et feuilles(B) de melon serpent	115
65	Taux de consommation des différents stades de développement d' <i>Epilachna chrysomelina</i>	80
66	Consommation journalière des différents stades larvaires d' <i>Epilachna chrysomelina</i>	81
67	Durée de vie de différents stades de développement d' <i>Epilachna chrysomelina</i>	83
68	Différents stades de développement d' <i>Epilachna chrysomelina</i>	85

Liste des abréviations

- M. : Moyennes mensuelles des températures maximales en °C
- ONM: Office national météorologique
- T moy. : Moyennes mensuelles des températures en °C
- R1: Djanet
- R2: Tamanrasset
- Q₃: Quotient pluviométrique
- P : Précipitations moyennes annuelles exprimées en mm
- UNESCO : Organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture
- A.P.F.A. : Accession à la Propriété Foncière Agricole
- INPV : Institut national de la protection des végétaux
- Nbr. pic.: Nombre des piqûres
- Min.: Minimum
- Max.: Maximum
- Moy: Moyenne
- SD: Déviation standard
- Nbr. f. p. : Nombre des fruits piqués
- Ta : Taux d'attaque
- If. : Station ifoten
- T. O. : Station tin ouaraghen
- Tegh. : Station tegherghart
- Ta. 1 : Tazrouk 1
- Ta. 2 : Tazrouk 2
- N : Nombre de fruit
- L : Longueur
- GD : Grand diamètre
- Nbr w : Nombre des œufs
- Nbr p : Nombre des trous de pénétration
- CV: Coefficient de variation
- S1: Station 1
- S2: Station 2
- H: Hauteur de la plante

- R: Rayon de la plante
- N. f: Nombre de feuilles de plant
- N. w: Nombre de œufs par feuille
- N. L : Nombre des larves
- N.A : Nombre des adultes
- FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
- p : Probabilité
- r : Coefficient de corrélation de Pearson

Introduction

Introduction

Depuis longtemps l'agriculture a connu des différents problèmes liés à des facteurs biotiques et abiotiques. Les principaux facteurs qui ont une incidence sur l'agriculture sont la variabilité météorologique, la saisonnalité, les précipitations, la disponibilité de l'eau, ainsi que la dynamique et la répartition des bio-agresseurs, notamment les insectes, les maladies et plantes adventices (BOURGEOIS, 2009). La gestion de ces dernières repose, selon les principes de l'agriculture biologique, sur une approche globale de l'agrosystème en lien avec les écosystèmes environnants. Cependant la demande par les producteurs de solutions de protection rapidement opérationnelles peut amener l'expérimentateur à privilégier la recherche de mesures basées sur les produits phytosanitaires (LE PICHON *et al.*, 2008).

Par ailleurs, l'objectif de chaque pays a toujours été d'assurer une production, aussi bien végétale qu'animale, qui pourra être accordée aux besoins alimentaires d'une population en progression. Cet objectif ne sera atteint qu'à la faveur de l'évolution des progrès techniques en agriculture. Parmi les composantes de ces progrès, la protection des plantes occupe une place primordiale. Malheureusement, en dépit de tous les efforts, les parasites et les ravageurs déprécient chaque année environ 35% des cultures sur pied. Après la récolte, d'autres bio-agresseurs (micro-organismes, insectes, rongeurs et oiseaux) occasionnent une perte supplémentaire de 15%, ce qui porte les pertes totales à plus ou moins 50% (FAO, 2001).

Les insectes, représentés par plus d'un million d'espèces décrites et près de 8 millions estimés, constituent par excellence le groupe vivant ayant la plus grande richesse spécifique (RAMADE, 2008). Le groupe dit « Bio-agresseur » exerce une grande pression en agriculture, qui ne cesse pas d'augmenter. Cette pression croissante s'explique par l'extension des monocultures et par l'intensification des pratiques culturales, qui modifient les paysages et réduisent la biodiversité. Elle est accentuée par les changements climatiques, qui favorisent les migrations des insectes tropicaux vers les zones tempérées et modifient la biologie des insectes (GOEBEL, 2013).

L'évaluation de l'impact et la relation qui existent entre les bio-agresseurs et les plantes ont fait l'objet de plusieurs études dans le monde et en Algérie, mais rarement dans le Sahara algérien, notamment l'extrême sud-est. C'est dans ce sens que cette présente étude est assignée, ayant comme but principal, mettre en évidence la situation et l'état des argo-écosystèmes sahariens vis-à-vis des bio-agresseurs.

Pour cela, trois espèces d'insectes ravageurs font l'objet de cette étude, il s'agit de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824, le papillon de grenadier *Virachola livia* Klug, 1834 et la coccinelle du melon *Epilachna chrysomelina* Fabricius, 1775. Le choix de ces bio-agresseurs est basé sur l'importance des dégâts causés par ces derniers sur les cultures dans les régions d'étude.

La mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann), est un ravageur dangereux qui vit dans la plupart des régions subtropicales du monde. La femelle perce la peau des fruits, ce qui représente déjà un dommage économique, où elle dépose ses œufs dans la poche ainsi créés. Après leur éclosion, les larves se nourrissent de la pulpe du fruit, ce qui réduit encore la valeur commerciale de la récolte et peut même la rendre impropre à la consommation humaine (VAIL et al., 1976). Elle peut s'attaquer à 353 espèces non cultivées et cultivées, notamment les espèces fruitières à maturité successive dans le temps, telles que les agrumes, les abricots, les pêches, les grenades et les figues (LIQUIDO et al., 1991). Elle peut s'attaquer aux cultures maraichères dans les régions sahariennes (MOSTAFAOUI et al., 2020). De plus, c'est une espèce polyvoltine qui développe jusqu'à 6 générations par an en Algérie (OUKIL, 1995). Son développement complet est très variable pour une même région et dépend des facteurs climatiques ainsi que de l'espèce fruitière sur laquelle a eu lieu la ponte (RAMADE, 2003).

De même, *Virachola livia* Klug, 1834 est l'un des plus dangereux bio-agresseurs, qui cause de très importants dégâts sur grenadier, en Egypte (SAYED et al., 2010) à Oman (ABBAS et al., 2008), en Jordanie (OBEIDAT et AKKAWI, 2002) et en Tunisie (KSENTINI et al. 2011). Cette espèce a été signalé aussi comme étant un ravageur du palmier dattier au Maroc (SEDRA, 2003), en Egypte (SAMY, 2004) et en Tunisie où elle était signalée pour la première fois en 2011 (ZOUBA et CHERMITI, 2015). Les taux d'infestation peuvent atteindre les 48% sur le grenadier (OBEIDAT et AKKAWI, 2002). En effet les grenades produites dans la région d'étude, ces dernières années étaient infestées et presque la totalité de la production a été perdue, ce qui suscitait notre attention. En outre, la famille de Coccinellidae compte plus de 4500 espèces recensées dans le monde (DIXON, 2000). En Algérie, il existe 47 espèces, qui sont pour la majorité des espèces prédatrices des homoptères et des acariens (SAHRAOUI, 2001). Néanmoins, le genre *Epilachna* comprend des ravageurs importants qui se nourrissent de plantes telles que *E. chrysomelina* (Fabricius, 1775), *E. varivestis* Mulsant (FAN et al., 1992), *E. niponica* Lewis et *E. yasutomii* (KATAKURA et al., 1981,1989) (SHIRAI et MORIMOTO, 1997, 1999). Cette première espèce est considérée comme l'un des plus

importants bio-agresseurs de Cucurbitaceae dans plusieurs régions dans le monde. Les adultes comme les larves se nourrissent des feuilles de diverses espèces (melon, pastèque, courge, concombre, ...etc.), causant ainsi des pertes atteignant 80% des productions de Cucurbitaceae en Iran (AKNADAH *et al.*, 1990).

Dans le monde, plusieurs auteurs ont penché sur l'étude des dégâts causés par les différents bio-agresseurs précédemment cités. Parmi les travaux portés sur la cératite, on peut citer BALACHOWSKY (1950), FERON (1962), LIQUIDO *et al.* (1991), GARCIA et RICALDE (2013), DE PEDRO *et al.* (2013), HAFSI *et al.* (2015 a, b), HARBI *et al.* (2015), HAFSI *et al.* (2016), HAFSI *et al.* (2019) et HARBI *et al.* (2019). Concernant le papillon de grenadier, il est à citer AVIDOV (1958), AWADALLAH (1970), HANNA (1990), GHARBI (2010), KSENTINI *et al.* (2011), BHUT *et al.* (2013), MKAOUAR *et al.* (2013), MKAOUAR *et al.* (2016). Alors que pour la coccinelle de melon, on peut mentionner les études de GIRAI (1971), ALI et EL-SAEADY (1981, 1983), AL-IRAQUI et FARAG (1986) et AZZAM (2001).

Sur le plan national, des nombreux travaux ont été réalisés, comme ALI AHMED-SADOUDI (2007), ALI AHMED-SADOUDI *et al.* (2010), BOUDJELIDA et SOLTANI (2011), METNA *et al.* (2012), LAAMARI *et al.* (2015), ALI AHMED-SADOUDI *et al.* (2017), BACHI et ALI AHMED-SADOUDI (2017) et SETTAOUI *et al.* (2017), pour *Ceratitis capitata*. Alors que pour *Epilachna chrysomelina*, à part l'étude de BEKKARI (2012) aucun travail n'a été réalisés. Il en est de même pour *Virachola livia* où justes deux études ont été fait en Algérie (BELADIS *et al.*, 2018 ; ALMI *et al.*, 2018). La rareté des travaux concernant quelques espèces de bio-agresseurs et l'absence d'études sur d'autres nous a incité à réaliser ce présent travail.

La présente étude est articulée en quatre chapitres. Le premier traite les généralités sur les régions d'étude, la position géographique, les caractéristiques climatiques, floristiques et faunistiques. Les méthodes employées sur terrain et les techniques utilisées pour exploiter les résultats sont regroupées dans le deuxième chapitre. Les résultats obtenus seront présentés dans le troisième chapitre, discutés et comparés avec les travaux réalisés par les différents auteurs juste après dans le quatrième chapitre. Une conclusion et des perspectives clôturent ce travail.

Chapitre 1 :
Présentation des
régions d'étude

Chapitre 1 - Présentation des régions d'étude

La situation géographique, les facteurs édaphiques et climatiques ainsi que les particularités floristiques et faunistiques sont mis en évidence dans ce premier chapitre.

1.1. – Position géographique des régions d'étude

La situation géographique de deux régions d'étude (Djanet et Tamanrasset) est représentée dans la partie suivante.

1.1.1. – Situation géographique de la région de Djanet

Djanet (24°31' à 24°34' N ; 9°27' à 9°29' E) est située à l'extrême sud-Est d'Algérie (Fig. 1), à environ 420 km de son chef-lieu (wilaya d'Illizi) et 2200 km de la capitale Alger (DUBIEF, 1999). Elle est localisée dans la partie nord de la région du Tassili n'Ajjer sur une altitude de 1094 m. De point de vue limites naturelles, Djanet est bordée par, le massif de l'Ahellakane au nord, par l'erg Tihoudaine au sud-est, par le grand Oued Tafessasset et par la trouée d' Afara au sud-ouest (ABDOUN, 2002). Administrativement, cette région est limitée par les communes de Bordj Elhouas et d'Illizi au nord. La frontière libyenne à l'est, la frontière Nigérienne au sud et par la wilaya de Tamanrasset au sud-ouest.

1.1.2. – Situation géographique de la région du Tamanrasset

Tamanrasset (20°54' à 23°38' N. ; 4°40' à 6°38' E.) est située dans le Sahara méridional à environ 2000 km au sud de la capitale (Fig. 1). Elle s'étend sur une superficie de 556.200 km² elle est localisée sur une altitude de 1350 m (SELTZER, 1937). La région de Tamanrasset est subdivisée en deux régions géographiques différentes à savoir le Tademaït-Tidikelt au nord et l'Ahaggar avec ses contreforts tassiliens au sud. Cette région se caractérise par un immense système montagneux, bordé au nord par la plaine stérile du Tidikelt et au sud-est et à l'ouest par les plateaux désertiques du Ténéré et du Tanezrouft (BLANGUERNON, 1955). Elle est limitée administrativement par la wilaya d'Illizi au nord, les wilayas de Ghardaïa et Ouargla à l'est, la wilaya d'Adrar au nord-ouest, la frontière malienne au sud-ouest et par celle de Niger au sud-est (SELTZER, 1937 ; HAMDINE, 2001).



Figure 1 – Situation géographique des régions d'étude

1.2. – Facteurs édaphiques

Dans cette partie sont développés, le relief et le sol des régions d'étude, à savoir Djanet et Tamanrasset.

1.2.1. – Caractéristiques géologiques de la région de Djanet

La connaissance géologique de cette région a débuté avec les premiers explorateurs comme KILIAN (1925), qui établit un schéma exact de la structure géologique de massif central. Ce dernier caractérise deux ensembles montagneux, le premier est les pays cristallins et le second est l'enceinte tassilienne, formée par un ensemble à relief moins important qui constitue les pays pré-tassiliens.

1.2.2. – Particularités géologiques de la région de Tamanrasset

Cette région est caractérisée par un sol qui s'est formé en deux principales périodes, un socle précambrien vieux de plus de 600 millions d'années et une couverture qui s'est déposé à partir du paléozoïque (HAMDINE (2001)). En termes de relief, plusieurs systèmes montagneux se distinguent, à savoir, l'Atakor qui est un noyau central du système montagneux de l'Ahaggar, culminant à 3003 m avec le mont Tahat, l'Anahef situé à l'est de l'Atakor, formé d'une série de collines orientées nord, nord-ouest à sud, sud-est débouchant au nord sur la cuvette de Serouamont et au sud sur le Ténéré et au nord la Tafedest, avec une altitude maximale de 2400 m. Il apparaît comme un fragment de planète enfoncé dans la croûte terrestre et les monts du Moydir, qui est le prolongement vers l'ouest du Tassili n'Ajjer, où il culmine à Iftissene sur 1680m (D.P.A.T., 1994 ; HAMDINE, 2001).

1.3.- Caractéristiques climatiques des régions d'étude

Les êtres vivants ne peuvent se maintenir en vie et de prospérer que lorsque les conditions de vie, notamment climatiques sont respectées (DAJOZ, 1974). Dans ce qui va suivre, les températures, les précipitations accompagnées de la synthèse climatique des deux régions d'étude sont prises en considération.

1.3.1.- Températures

Les températures mensuelles maxima, minima et moyennes des régions de Djanet et de Tamanrasset pour les années 2015, 2016, 2017 et la période allant de 2009 jusqu'aux 2018 sont regroupées dans le tableau 1.

Les données des températures montrent que le mois de janvier est le plus froid à Djanet durant les trois années d'étude (2015 à 2017) avec des températures moyennes variantes entre 10,3°C et 10,9°C (Tab. 1). Alors que les mois les plus chauds sont août ($T_{moy} = 32,6^{\circ}\text{C}$) en 2015, juin ($T_{moy} = 31,1^{\circ}\text{C}$) en 2016 et juillet ($T_{moy} = 31,6^{\circ}\text{C}$) en 2017.

Pour la région de Tamanrasset le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de 14,3°C durant l'année 2016, la moyenne thermique mensuelle du mois le plus chaud pour l'année 2016 est enregistrée au mois du juin ($T_{moy} = 30,1^{\circ}\text{C}$; Tab. 1).

Tableau 1 – Températures minimales, maximales et moyennes mensuelles, des régions d'étude

Région	Années	T (°C)	Mois											
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
R1	2015	m.	2,3	7,3	10,2	13,5	21,1	24,2	24,2	25,6	23,6	18,6	9,8	2,5
		M.	19,4	23,2	24,4	32,1	37,7	39,6	38,7	39,5	37,8	33,5	25,2	19,6
		T moy.	10,9	15,3	17,3	22,8	29,4	31,9	31,5	32,6	30,7	26,1	17,5	11,1
	2016	m.	4	7,1	11,3	17,6	21,5	24,1	23,9	23,8	22,3	17,53	10,2	5,8
		M.	20,0	23,1	27,7	33,0	36,3	38,1	38,1	38,0	36,6	32,1	26,4	22,2
		T moy.	12	15,1	19,5	25,3	28,9	31,1	31,0	30,9	29,4	24,8	18,3	14
	2017	m.	2	6,6	12,6	15,9	22,7	24,5	24,1	23,8	22,5	16,2	8,7	5,6
		M.	18,5	24,2	27,5	32,1	37,4	37,7	39,1	38	37,4	31,4	25,3	20,7
		T moy.	10,3	15,4	20,1	24	30,1	31,1	31,6	30,9	30,0	23,8	17	13,2
	2009-2018	m.	1,1	3,4	7,5	14,1	19,5	22,5	22,6	22,3	20,3	14,4	8,1	2,4
		M.	23,3	26,9	30,4	36,0	39,2	41,1	40,5	39,7	38,6	34,2	29,1	23,9
		T moy.	12,2	15,2	18,9	25,1	29,3	31,8	31,5	31,0	29,5	24,3	18,6	13,1
R2	2016	m.	2,5	0,5	2,9	11,9	17,9	20,1	19,0	17,6	19,3	10,6	4,6	3,8
		M.	27,4	30,9	31,8	37,5	37,9	40,2	39,3	37,6	37,1	33,6	29,3	24,8
		T moy.	15,0	15,7	17,4	24,7	27,9	30,5	29,2	27,6	28,2	22,1	17,0	14,3
	2009-2018	m.	2,3	5,9	8,9	14,9	19,1	22,3	22,7	22,3	21	15,6	9,8	5,6
		M.	23,7	26,9	29,6	33,2	36,1	37,8	37,7	36,5	35,5	31,9	27,3	24,8
		T moy.	13,28	16,4	19,3	24,1	27,6	30,1	30,2	29,4	28,3	23,8	18,6	15,2

M. : Moyennes mensuelles des températures maximales en °C. ;

ONM, Djanet, 2019

m. : Moyennes mensuelles des températures minimales en °C. ;

T moy. : Moyennes mensuelles des températures en °C ;

R1 : Djanet ; R2 : Tamanrasset

1.3.2.- Pluviométries

Les quantités de précipitations mensuelles notées dans les deux régions d'études sont placées dans le tableau 2.

Tableau 2 - Pluviométries (mm) mensuelles et annuelles des régions d'étude

Régions	Années	Mois												Cumul
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Djanet	2015	0	4,1	2,8	0	0	0	0	2,8	1,1	0,4	0	0	11,2
	2016	0	0	0	0,1	3,8	0,2	0	0,2	0	0	0,1	0	4,4
	2017	7,6	0	0	0	0,1	6	0	0	0	0,4	0,1	0,3	14,5
	10ans	0,8	0,6	0,3	0,8	0,7	2,9	1,3	0,9	4,0	2,2	0,08	0,1	14,8
Tamanrasset	2016	0	0	0	0	2	13	48	35	0,51	0	0	0	98,5
	10ans	0,4	0,3	4,7	0	2,1	4,4	10,8	22,3	8,9	5,3	0,2	0	59,4

10ans : 2009 à 2018.

ONM, Djanet, 2019

En 2015, le total annuel de précipitation est de 11,2 mm à Djanet, par contre l'année 2016 a connu de très faible chute des pluies avec 4,4 mm (Tab. 2). Cependant pour l'année 2017, le cumul de précipitation est de 14,5 mm.

Le mois le plus pluvieux à Tamanrasset durant l'année 2016 est juillet avec 48 mm avec un cumul annuel de 98,5 mm. Durant la période 2009 à 2018, le mois le plus pluvieux est août avec 22,3mm avec un cumul annuel de 59,4 mm.

1.3.3.- Synthèse climatique

La synthèse des données climatiques peut être effectuée par plusieurs indices climatiques tels que l'indice d'aridité de Martonne, l'indice des pluies i de Thorntwaite, l'indice xérothermique ou le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et le climagramme d'Emberger (DAJOZ, 1971). Dans notre cas, juste les deux derniers indices sont utilisés.

1.3.3.1.- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

C'est un mode de présentation classique de climat d'une région (DAJOZ, 1975). La sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle P en millimètres est inférieure au double de la température moyenne mensuelle T en degrés Celsius (DAJOZ, 1971). En d'autres termes, la sécheresse s'établit lorsque la courbe des précipitations descend au-dessous de celle des températures (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953).

Les diagrammes ombrothermiques caractérisant la période expérimentale (2015, 2016 et 2017) montrent que la région de Djanet est caractérisée par une période sèche qui couvre toute l'année (Fig. 2). De même pour la région de Tamanrasset où le diagrammes ombrothermique de Bagnouls et Gaussen montre que la période sèche caractérise toute l'année (Fig. 3). Pour la période allant de 2009 jusqu'au 2018, la période sèche caractérise le climat des deux régions d'étude (Fig. 4).

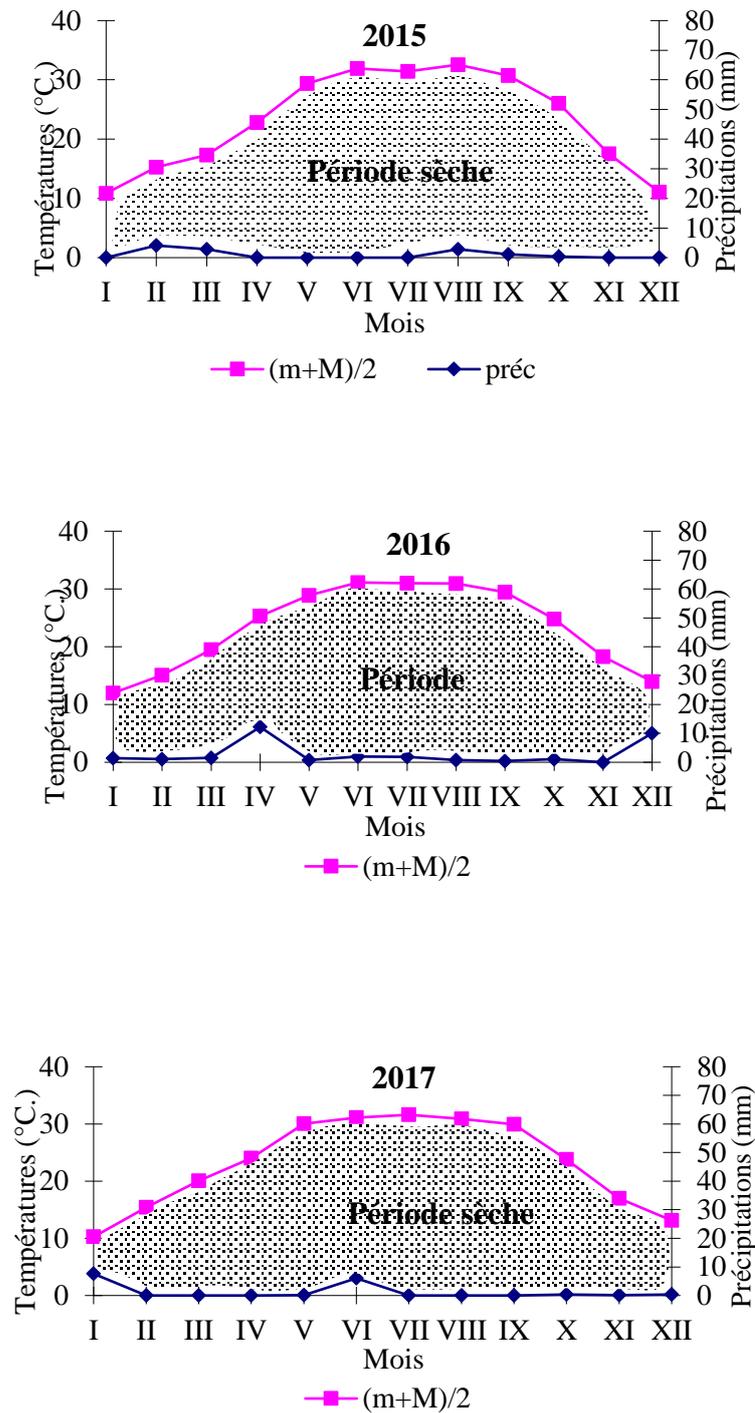


Fig. 2 – Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Djanet durant les années 2015, 2016 et 2017

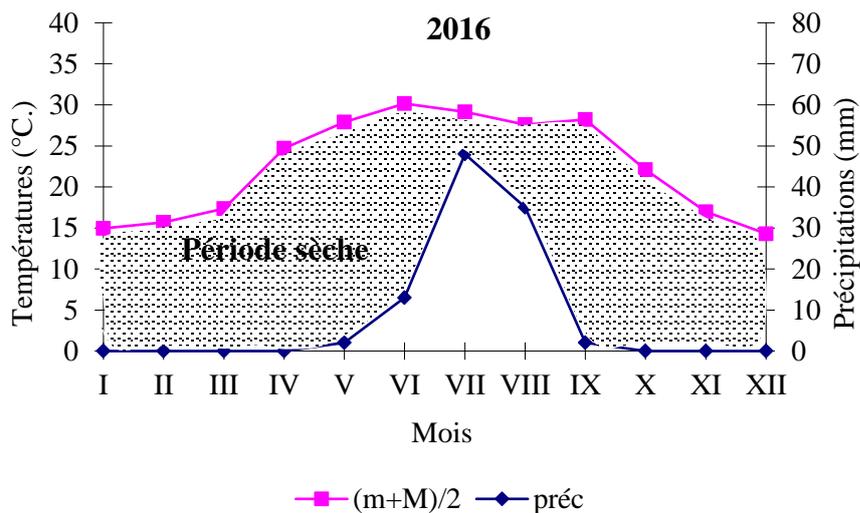


Fig. 3 – Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Tamenrasset durant l'année 2016

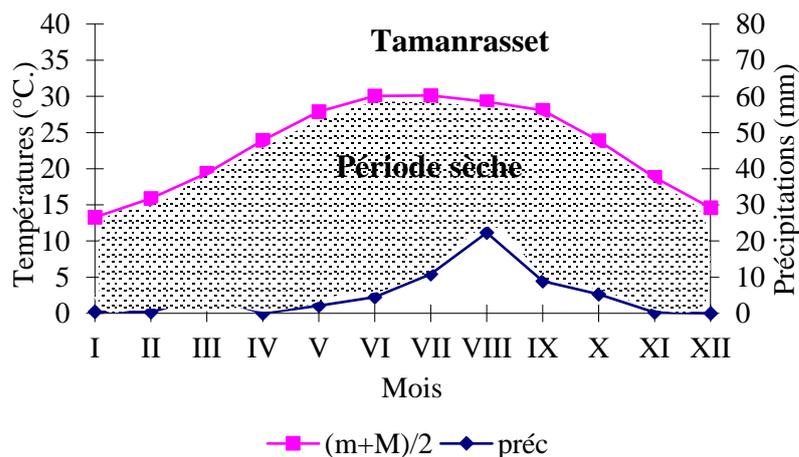
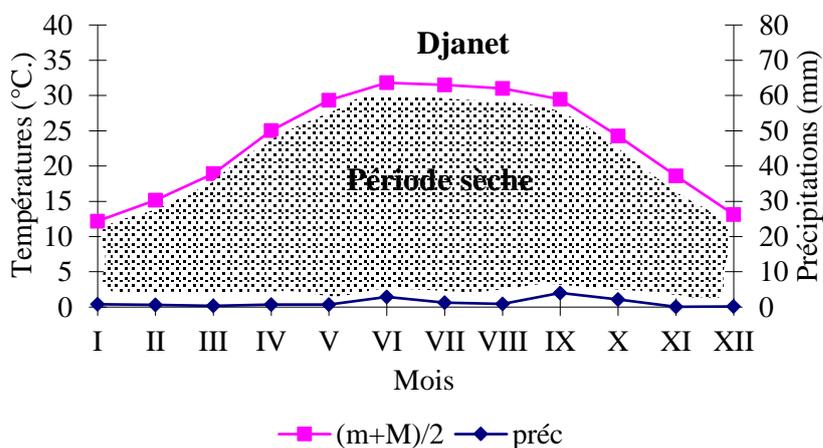


Fig. 4 – Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Djanet et de Tamanrasset durant la période allant de 2009 et 2018

1.3.3.2.- Climagramme d'Emberger

Il permet de classer les différents types de climats des régions méditerranéennes. En d'autres termes, il permet de classer une région donnée dans l'un des étages bioclimatiques, en se basant sur les températures et les précipitations de cette région. Emberger propose une formule plus élaborée qui tient compte des températures et des précipitations (DAJOZ, 1971). Son quotient pluviométrique Q3 est donné par la formule suivante :

$$Q_3 = \frac{3,43 \times P}{m - M}$$

Q₃ : Quotient pluviométrique;

P : Précipitations moyennes annuelles exprimées en mm ;

M : Températures moyennes du mois le plus Chaud °C. ;

m : Températures moyennes du mois le plus froid °C.

Le quotient pluviométrique pour la région de Djanet calculé pour une période de 10 ans (2009-2018) est égal à 1,07 avec une température moyenne des minimas (m) de mois le plus froid est égale à 1,1 °C, concernant la région de Tamanrasset, ce quotient est égal à 5,8 et la température moyenne des minimas (m) de mois le plus froid est de 2,3 °C. Ces valeurs reportées sur le climagramme d'EMBERGER montrent que les deux régions appartiennent à l'étage bioclimatique saharien à hiver frais (Fig. 5).

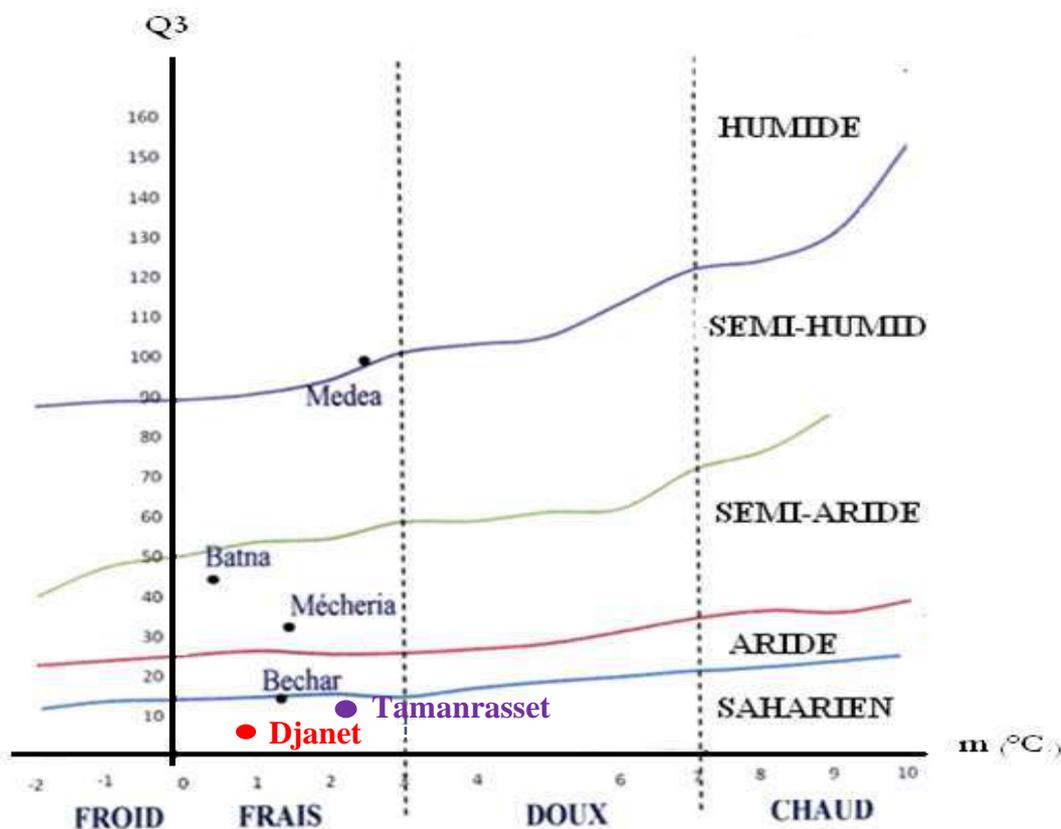


Fig. 5 - Place des régions d'étude dans le climagramme d'EMBERGER

1.4. – Facteurs biotiques des régions d'étude

La vie dans les écosystèmes tassiliens est frugale, du fait de la rudesse du climat. Ce caractère aride a fait une sélection naturelle de certaines formes de vie qui occupent cette aire immense. Cela a causé par conséquent la régression des espèces végétales d'origine méditerranéenne et l'extinction de certaines espèces animales, laissant la place à l'installation d'autres espèces plus adaptées à la xéricité du milieu (ABDOUN, 2002). Dans la partie suivante sont détaillées les caractéristiques floristiques et faunistiques des régions d'étude.

1.4.1. – Flore des régions d'étude

La flore de la région de Djanet est représentée par près de 21 familles botaniques, qui abritent des espèces caractéristiques des régions arides et/ou sahariennes (OZENDA, 2003). Parmi ces espèces il est à citer *Artemisia judaica* (L.), *Fagonia bruguieri* DC., *Calotropis procera* (Aiton), *Acacia raddiana* (Forssk.), *Zygophyllum simplex* (L.), *Olea laperrini* (Batt., Trab. & Maire) et *Cupressus dupreziana* (A. Camus.)

(BENCHELAH et *al.*, 2000 ; OZENDA, 2003 ; SAHKI et SAHKI, 2004 ; BENCHELAH et *al.*, 2006).

Concernant la région de Tamanrasset, la flore varie selon les différentes zones climatiques, comprenant des espèces propres au Sahara auxquelles s'additionnent des éléments méditerranéens et tropicaux (OZENDA, 1983). D'une manière globale, près de 199 espèces réparties en 40 familles. Parmi ces espèces, il est à citer *A. judaica* (L.), *A. campestris* (L.), *Cotula cinerea* (Del.), *Lavandula antineae* (Maire), *Zilla spinosa* (L.) et *Tamarix aphylla* (L.) (SAHKI et SAHKI, 2004 ; WACHER et *al.*, 2005).

1.4.2. – Faune des régions d'étude

Les animaux vivent en symbiose avec la végétation qui sert de fourrage pour les uns et nourrit les proies des autres. Ces peuplements faunistiques sont représentés par différentes catégories d'invertébrées et de vertébrées, notamment les arthropodes, les poissons, les reptiles, les batraciens, les mammifères et les oiseaux.

1.4.2.1. – Arthropodes

L'arthropodofaune de la région du Djanet compte d'une manière globale deux classes, à savoir les Arachnida et les Insecta. Cette dernière est représentée par 14 ordres tels que les Orthoptera, les Coleoptera et les Hymenoptera. En termes d'espèces, il est à citer *Androctonus hoggarensis* (Pallary, 1929), *Buthus occitanus* (Amoreux, 1789), *Aiolopus thalassinus* (Fabricius, 1781), *Schistocerca gregaria* (Forsskål, 1775), *Zophosis zyberi* (Locky, 1984) et *Cataglyphis bombycina* (Roger, 1859) (VACHON, 1952 ; AYOUB, 2000 ; BEDDIAF, 2008 ; SEKOUR et *al.*, 2011 ; BEDDIAF 2012 ; BEDDIAF et *al.*, 2014 ; KHERBOUCHE, 2015).

De même pour la région de Tamanrasset, deux classes (Arachnida et Insecta) sont notées pour la faune arthropodologique. Cette dernière est estimée à 66 espèces, réparties entre 39 familles et 15 ordres (KOURIM et *al.*, 2011 ; KHERBOUCHE, 2015). Parmi ces espèces, il est à citer *A. hoggarensis* (Pallary, 1929), *Orhethrum chrysostigma* (Burmeister, 1839), *Acrotylus patruelis* (Herrich-Schäffer, 1838), *Icerya purchasi* (Maskell, 1878) , *Ectomyeloides ceratoniae* (Zeller, 1839) et *Anthia sexmaculata* (Fabricius, 1787), (MAROUF, 1997 ; KOURIM, 2009 ; KOURIM et *al.*, 2011 ; KHERBOUCHE, 2015).

1.4.2.2. – Poissons

Cinq espèces de poissons ont été recensées dans la région de Djanet et Tamanrasset, il s'agit de *Barbus callensis biscarensis* (Boulenger, 1911), *Barbus deserti* (Pellegrin, 1909), *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) et *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) (LE BERRE, 1989).

1.4.2.3. – Reptiles et amphibiens

Il s'agit du groupe le moins étudié de la faune de Tassili n'Ajjer et l'Ahhegar (LE BERRE, 1989). Parmi les espèces recensées dans ces deux régions, on cite *Agama mutabilis* (Merrem, 1820), *Uromastix acanthinurus* (Bell, 1825) *Ptyodactylus hasselquistii* (Donndrof, 1789) et *Cerastes vipera* (Linnaeus 1758) (LE BERRE, 1989 ; HAMDINE, 2001 ; KOURIM, 2009).

1.4.2.4. – Oiseaux

Dans les deux régions d'étude, plusieurs espèces d'oiseaux sont observées réparties selon la nature et la composition floristique de l'écosystème. Il s'agit de grands et petits échassiers, oiseaux aquatique et terrestres, rapaces, gallinacés et columbidés, oiseaux nocturnes, alouettes, fauvelles, bergeronnettes, traquets, hirondelles, des oiseaux (passereaux) aux couleurs vives inhabituelles au Sahara comme le guêpier d'Europe ou l'élégante huppe fasciée (HACHID, 1998). Parmi les espèces aviennes qui ont été signalées dans les deux régions d'étude, on peut citer, *Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758), *Neophron percnopterus* (Linnaeus, 1758), *Aquila rapax* (Temminck, 1828), *Streptopelia senegalensis* (Linnaeus, 1766), *Bubo ascalaphus* (Savigny, 1809), *Athene noctua saharae* (Scopoli, 1769), *Delichon urbica* (Linnaeus, 1758) et *Passer simplex* (Lichtenstein, 1823) (ISENMANN et MOALI, 2000).

1.4.2.5. – Mammifères

La richesse des deux régions d'étude explique la diversité du peuplement des vertébrés et plus particulièrement de Mammifères. Ces derniers sont représentés actuellement par plus de 130 espèces. L'augmentation du caractère aride de cette partie de l'Afrique, a fait que certaines espèces telles que le bubale antique par exemple sont disparues. D'autres sont encore présentes dans le domaine saharien mais leur aire de distribution a fortement rétréci (LE BERRE, 1990). Parmi les espèces de mammifères signalées dans les deux régions on peut citer *Ammotragus lervia* (Pallas, 1777), *Addax*

nasomaculatus (Blainville, 1816), *Gazella dorcas* (Linnaeus, 1758), *Fennecus zerda* (Desmarest, 1804), *Gerbillus campestris* (Le Vaillant, 1867), *Meriones crassus* (Sundevall, 1842), *Psammomys obesus* (Cretzschmar, 1828), *Acomys cahirinus* (Desmarest, 1819), *Jaculus jaculus* (Erxleben, 1777), *Massautiera mzabi* (Lataste, 1881) et *Lepus capensis* (Linnaeus, 1758) (LE BERRE, 1989, 1990; HAMDINE, 2001 ; BEDDIAF, 2008; BEDDIAF et SEKOUR, 2010 ; BEDDIAF et *al.*, 2013)

Chapitre 2 :
Matériel et méthodes

Chapitre 2 – Matériel et méthodes

Le choix, la description des stations d'étude et les différentes méthodes utilisées sur terrain et au laboratoire sont détaillés dans ce deuxième chapitre.

2.1. – Choix des stations d'étude

Le présent travail s'est déroulé dans deux régions sahariennes, à savoir la région de Djanet (Tassili n'Ajjer) et la région de Tamanrasset (Tassili n'Ahagar) (Fig.6). Il s'agit de détecter et suivre quelques bio-agresseurs des plantes cultivées dans ces régions. Après des sorties de prospections et des enquêtes réalisées au niveau de plusieurs stations, le choix est basé surtout sur les critères suivants :

- Plaintes des agriculteurs sur des dégâts dus aux différents ravageurs des cultures ;
- Observations des symptômes et des bio-agresseurs sur les sites visités ;
- Accessibilité des stations et recevabilité des propriétaires des exploitations ;
- Caractéristiques écologiques des stations (relief, diversité faunistique et floristique).

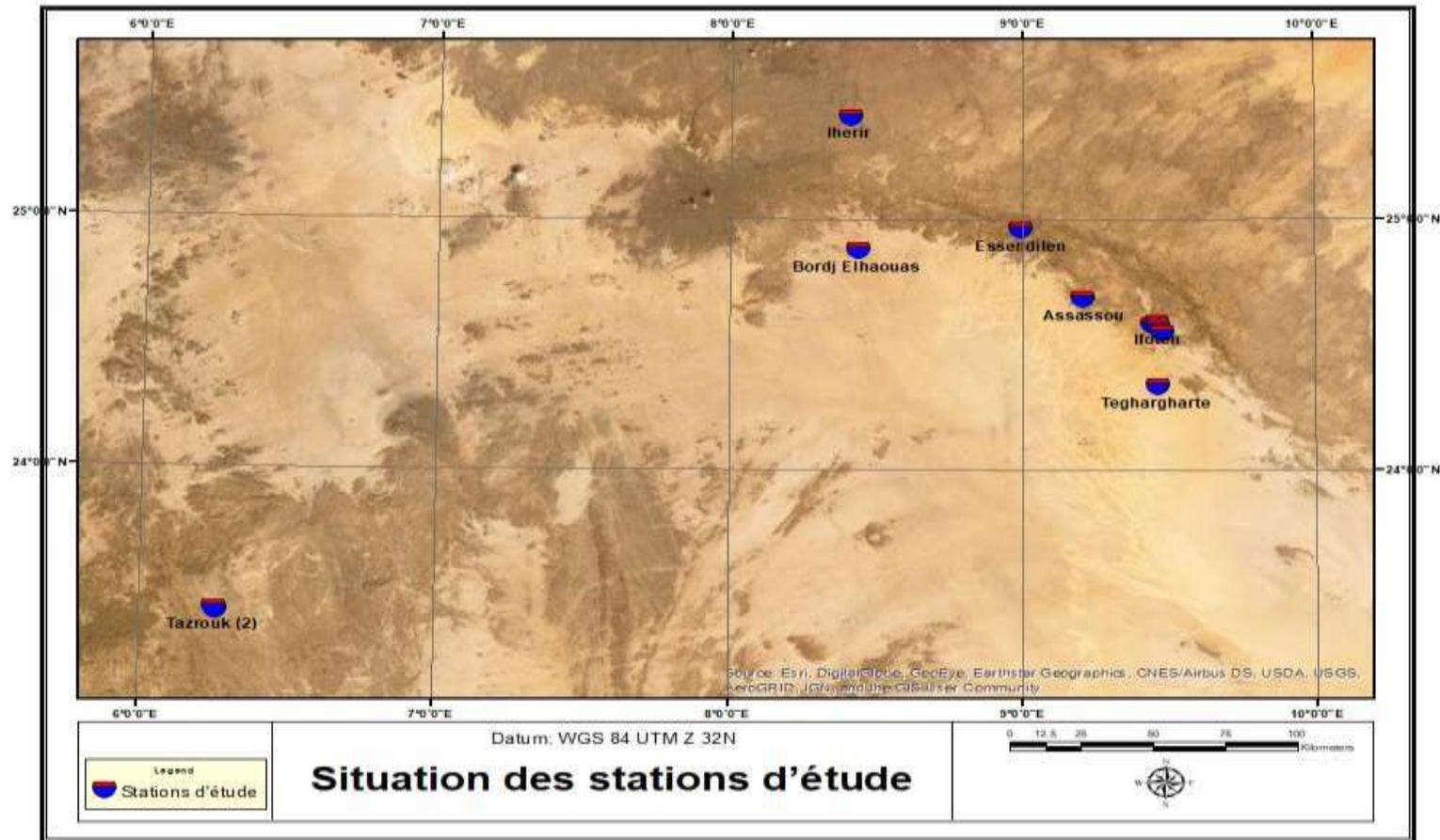


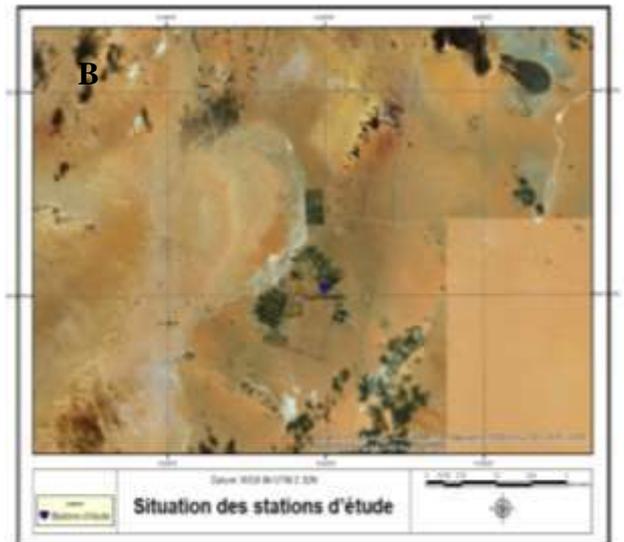
Figure 6 – Situation des stations d'étude

2.1.1.-Région de Djanet

Dans la région de Djanet, 9 stations sont choisies. Elles sont détaillées dans ce qui va suivre

2.1.1.1.- Station Teghargharte

La station de Teghargharte (24°20'06,55'' N ; 9°28'00,61''E) se situe à 30 km au sud-ouest du chef-lieu de Djanet, dans le lieu-dit « périmètre 40 ha ». C'est une exploitation privée dont la date de fondation est le 4 avril 2001 acquise dans le cadre de l'A.P.F.A., avec une superficie de 12 ha (Fig. 7). La source d'eau est un forage avec un débit de 12 l/s et un bassin d'accumulation de 120 m³, deux systèmes d'irrigation sont utilisés, à savoir, le goutte à goutte et la submersion. Les cultures principales sont, la phoeniculture avec 400 palmiers, l'agrumiculture avec 200 arbres, 0,5 ha pour les cultures maraichères, 1 ha de viticulture et 0,5 ha des cultures Fourragères, quelques plantes spontanées sont signalées dans cette station à savoir *Cynodon dactylon* L., *Setaria verticillata* L. et *Melilotus officinalis* L. Pour la production animale, on note la présence de 85 têtes des ovins et 70 têtes des caprins. Mise à part l'utilisation des acaricides pour le Boufaroua du palmier dattier, l'utilisation des autres produits phytosanitaires reste négligeable.



A : Vue globale de la station

B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 7 - Station Teghargharte

2.1.1.2.-Station Ifoten

La station d'Ifoten ($24^{\circ}35'15,75''N$; $9^{\circ}27'40,68''E$) est représentée par l'exploitation privée (Fig.8) de Dahou Hamou qui s'étend sur une superficie de 14 ha. Elle est limitée au nord et à l'ouest par Oued Edjériou, au sud par un ensemble d'exploitations agricoles, à l'est par la montagne d'Ajlaz. Les cultures les plus abondantes sont les arbres fruitiers, à savoir, l'olivier (263 arbres), le palmier dattier (222 palmiers), l'oranger (141 arbres), la vigne (121 pieds), le figuier (118 arbres), le pommier (112 arbres), le citronnier (48 arbres), le pêcher (33 arbres), le mandarinier (32 arbres), le poirier (32 arbres), le grenadier (31 arbres) et le néflier (16 arbres). Les cultures maraîchères sont aussi présentes sous serres et plein champ, c'est le cas de la tomate et le piment (400 m^2). Quelques espèces spontanées sont à signaler, c'est le cas de l'*Atriplex halimus* L., *Solenostemma argel* Del. et *Artimisia judaica* L. Le système d'irrigation utilisé dans cette exploitation est le goutte à goutte, la source d'eau est un puit avec la présence d'un bassin d'accumulation. Aucun produit phytosanitaire n'a été utilisé dans cette station à part le traitement de l'INPV contre le Boufaroua.



A : Vue globale de la station



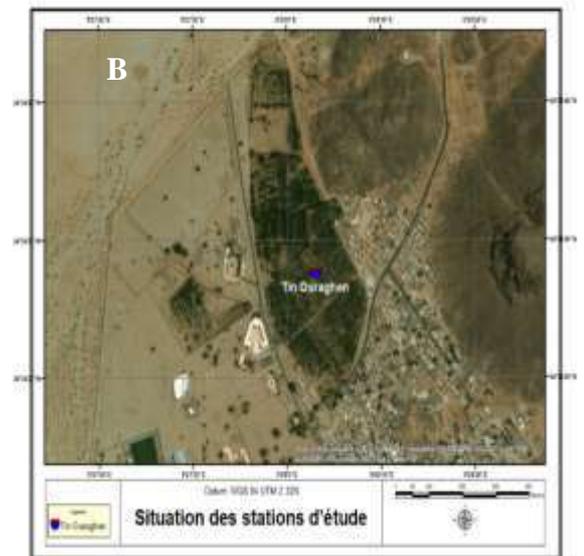
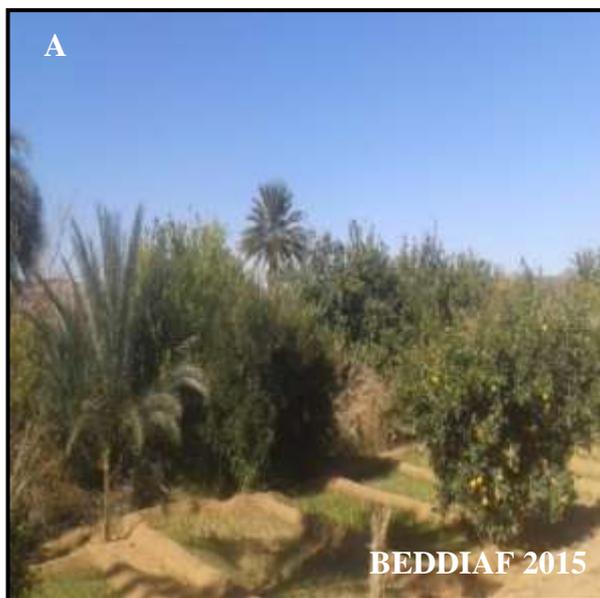
B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 8 - Station d'Ifoten

2.1.1.3.-Station Tin Ouraghen

La station de Tin Ouraghen ($24^{\circ}34'28,35''N$; $9^{\circ}28'04,72''E$) est située au nord-est de la région de Djanet. Elle est limitée au nord et à l'ouest par Oued Edjreou, par la montagne de Timbeur à l'est et par la cité de Zalouaz au sud. C'est un périmètre

agricole qui s'étend sur une superficie de 15 ha avec un système de culture anarchique (Fig.9). Les cultures les plus abondantes sont les arbres fruitiers, notamment les agrumes (742 arbres.), les palmiers dattier (977 arbres), le grenadier (94 arbres), l'abricotier (270 arbres) et la vigne (37 pieds). Quelques cultures fourragères sont mises en place telles que la luzerne et le millet. Par ailleurs, les céréales prennent une place très importante dans cette station à savoir l'orge et le blé tendre. *Zygothymus simplex* L., *Cynodon dactylon* L., *Setaria verticillata* L. et *Solanum nigrum* L. sont parmi les espèces spontanées qui ont été enregistrées dans cette station. La source d'eau est un fourrage collectif et l'irrigation est par submersion. Aucun traitement phytosanitaire n'a été utilisé dans cette station.



A : Vue globale de la station

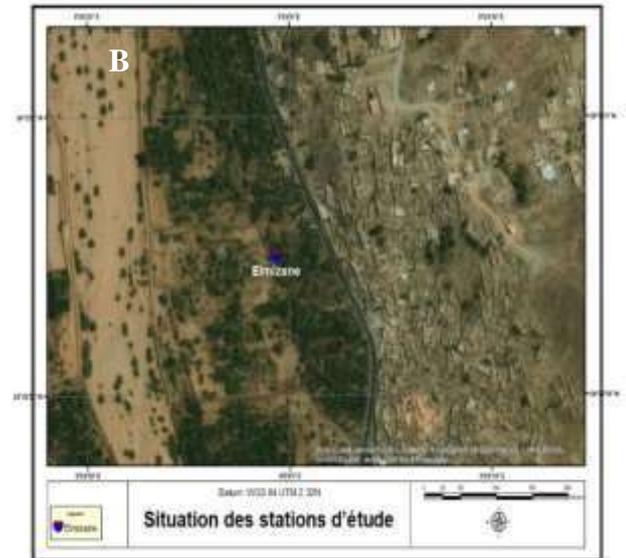
B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 9 - Station de Tin Ouraghen

2.1.1.4.-Station Elmizane

La palmeraie d'Elmizane ($24^{\circ}33'00,97''N$; $9^{\circ}28'57,70''E$) se situe au centre-ville de Djanet (Fig.10). Elle est limitée à l'est par le quartier d'Elmizane, l'ouest par l'oued Edjareou, par la palmeraie d'Ajahil au sud et la route nationale au nord. C'est une exploitation privée d'Abdouali Sidi, qui s'étend sur une superficie de 1,7 ha, dont la nature juridique est du type Houbous. Le palmier dattier est la culture la plus abondante dans cette station avec 162 palmiers des différentes variétés locales, avec une présence non négligeable de quelques arbres fruitiers, telles que l'oranger (73 arbres), le grenadier (12 arbres) le mandarinier (13 arbres). La station est subdivisée en petites parcelles. La

luzerne (300 m²) et le blé tendre (250 m²) sont les cultures les plus représentées dans cette station. Les plantes spontanées qui ont été notées dans la station sont, *Launaea mucronata* Forsk., *Cynodon dactylon* L. et *Melilotus officinalis* L. Les différents systèmes d'irrigation sont utilisés dans cette station (goutte à goutte, submersion et aspersion), la source d'eau est un puits. Aucun produit phytosanitaire n'a été appliqué dans cette station.



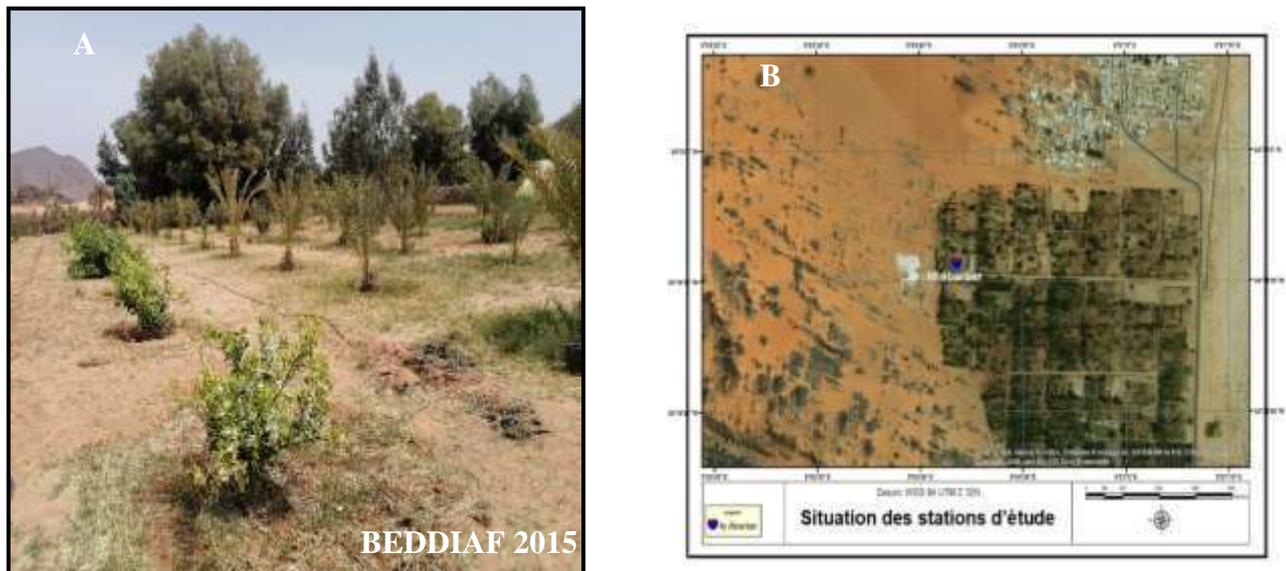
A : Vue globale de la station

B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 10 - Station d'Elmizane

2.1.1.5.- Station In Abarbar

La station In Abarbar (24°34'51.41"N ; 9°26'43.60"E) est située au nord de la région de Djanet à 5 km du centre-ville (Fig. 11). Il s'agit d'une exploitation agricole qui s'étend sur 1 ha et qui est irriguée par goutte à goutte et submersion. L'arboriculture notamment le palmier dattier, l'oranger, le citronnier et la vigne est la plus représentée dans cette exploitation. Il existe également des cultures maraichères qui sont la tomate, la laitue, la pastèque, le melon, la fève et l'oignon et des cultures fourragères à savoir la luzerne et le millet. Quelques plantes spontanées sont également notées telles que *Cynodon dactylon* L., *Zizyphus lotus* Lam. et *Senecio vulgaris* L.



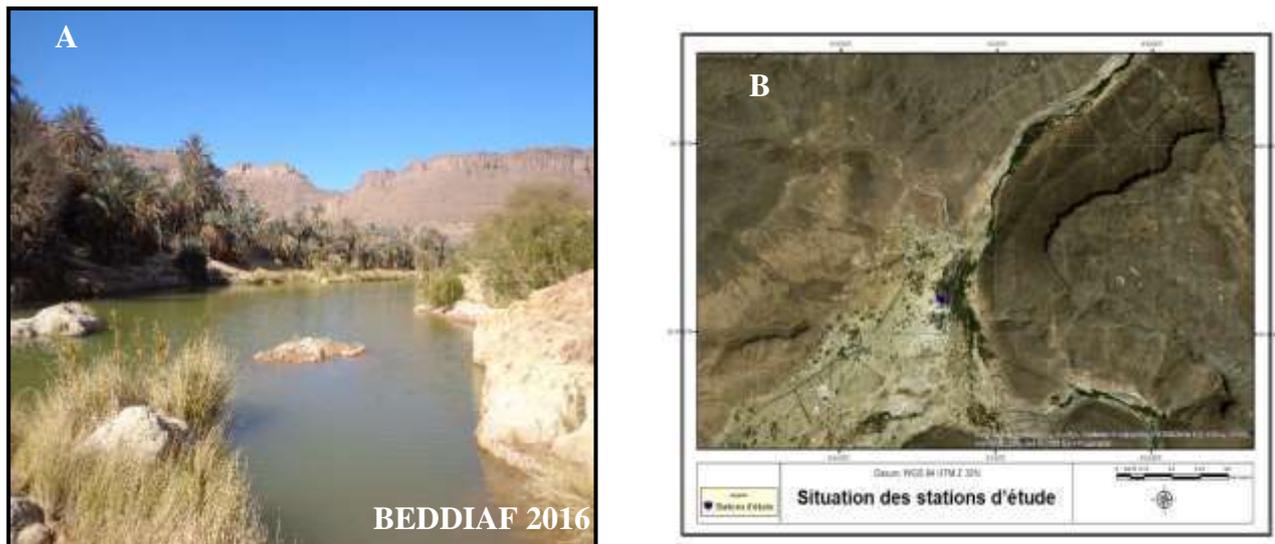
A : Vue globale de la station

B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 11 - Station In Abarbar

2.1.1.6.- Station Iherir

La station d'Ihrir ($25^{\circ}24'35,42''N$; $8^{\circ}24'49,38''E$) est situé à 150 km au nord-ouest de Djanet (Fig. 12), c'est une oasis nichée dans une vallée délimitée par des hautes falaises, la vallée d'Iherir a été classée par l'UNESCO comme patrimoine mondial (1982) et réserve de l'homme et de la biosphère (1986). Elle est également considérée comme une « zone humide d'intérêt mondial » par la convention de Ramsar (2001). Le choix de cette station est basé sur la présence des arbres d'acacia, qui présente un grand intérêt (hôte intermédiaire) pour certains bio-agresseurs, cas de *Virachola livia*. Parmi les espèces végétales qui se trouvent également dans cette station on peut citer le palmier dattier, le grenadier, l'abricotier, le figuier et la vigne. Quelques plantes spontanées sont éparées de part et d'autre telles que *Nerium oleander* L., *Typha angustifolia* L., *Typha elephantina* Roxb., *Acacia nilotica* L. et *Acacia raddiana* Forsk.



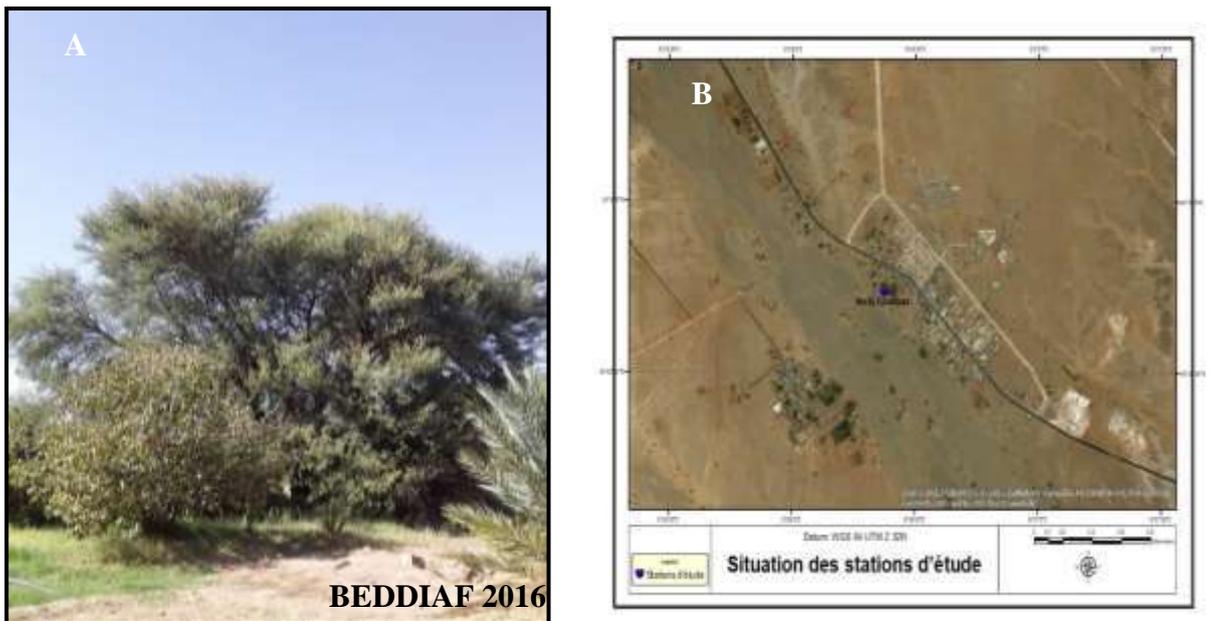
A : Vue globale de la station

B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 12 - Station d'Iherir

2.1.1.7.- Station Bordj Elhaouas

Bordj Elhaouas ($24^{\circ}52'44.20''N$; $8^{\circ}26'22.49''E$) est situé à 137 km au nord-ouest de Djanet (Fig. 13). Cette station est limitée au nord par la commune d'Illizi, au sud et à l'est par la commune de Djanet et à l'ouest par la wilaya de Tamanrasset. Elle est choisie à cause de la présence des arbres d'acacia. Le palmier dattier, le pommier, l'abricotier, le figuier, la vigne et quelques plantes fourragère comme la luzerne, sont parmi les espèces végétales qui sont les plus notées dans cette station. Quelques plantes spontanées sont observées de part et d'autre telles que *Zygophillum simplex* L., *Artimisia judaica* L. et *Solenostemma argel* Del.



A : Vue globale de la station

B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 13 - Station Bordj Elhouas

2.1.1.8.- Station Essendilène

Essendilène ($24^{\circ}57'33,44''N$; $8^{\circ}59'50,61''E$) est une oasis aujourd'hui inhabitée, située dans un canyon (Fig. 14), à environ 100 km au nord-ouest de Djanet. Cette station a été choisie pour collecter les gousses d'acacia. Quelques plantes spontanées sont recensées dans cette station, il est à citer *Acacia raddiana* Forsk, *Acacia nilotica* L., *Nerium oleander* L. et *Tamarix gallica*.L.



A : Vue globale de la station

B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 14 - Station d'Esséndilene**2.1.1.9.- Station Assassou**

La station d'Assassou ($24^{\circ}41'3.20''N$; $9^{\circ}12'42.80''E$) est un lit d'oued (Fig. 15), situé à environ 80 km au nord-ouest de Djanet, il commence vers Issammane et jet dans un couloir de l'erg Admer. De même cette station a été choisie à cause de la présence des arbres d'acacia. Quelques plantes spontanées ont été signalé dans cette station notamment, *Acacia raddiana* et *Artemisia judaica* L.



A : Vue globale de la station

B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 15 - Station d'Assassou

2.1.2.-Région de Tamanrasset

Dans la région de Tamanrasset, 2 exploitations agricoles sont choisies, situées dans la région de Tazrouk, qui se situe à 180 km au nord-est de Tamanrasset, Tazrouk est un village situé à 1850 mètres d'altitude dans le massif du Hoggar, ce qui en fait le plus haut village d'Algérie. Limité au nord-est par Sarouanet et Bordj Elhaouas, à l'ouest par In azarou, au sud par Tin taraben, par Maghiaou à l'est et par In azoua au sud.

A 2.1.2.1-Station Tazrouk (1)

La station de Tazrouk (1) ($23^{\circ}26'00,90''N$ $6^{\circ}15'25,87''E$) est l'exploitation agricole d'Ariallah, qui s'étend sur une superficie de 1 ha (Fig. 16). Elle est limitée au nord, au sud et à l'ouest par un groupe d'exploitations agricoles et par la route nationale à l'est. Les arbres fruitiers occupent une place très importante dans cette station, avec 80 arbres de pommiers, 30 grenadiers, 18 vignes, 13 figuiers et 15 poiriers. Quelques cultures fourragères sont aussi cultivées à savoir, la luzerne et le millet. Le système d'irrigation utilisé est la submersion, dont la source d'eau est un puits. Les traitements phytosanitaires sont absents dans cette station.



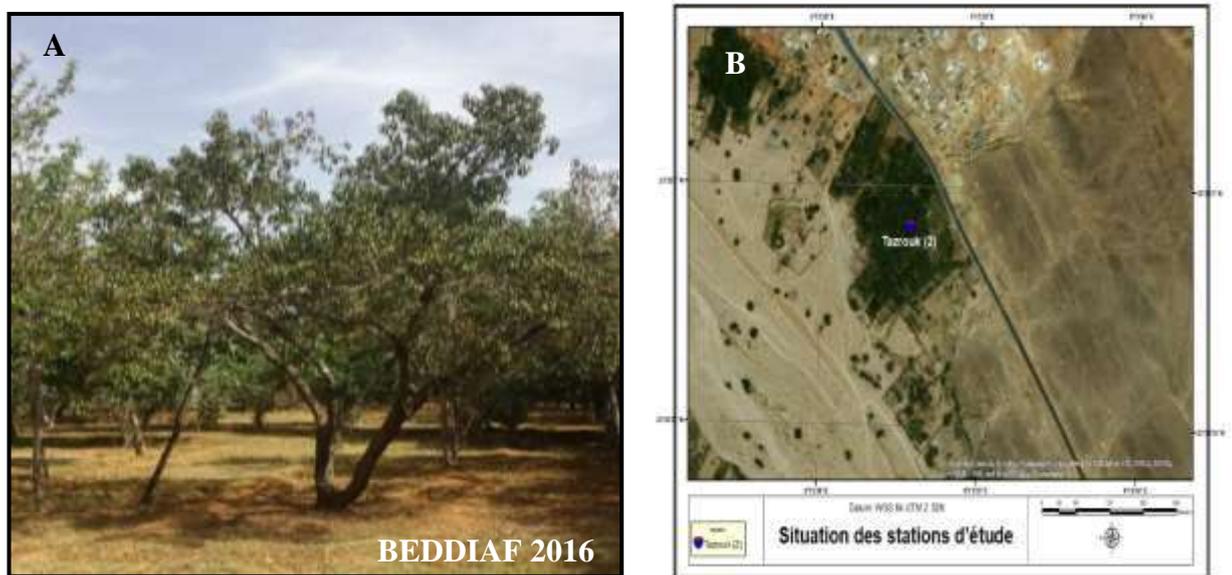
A : Vue globale de la station

B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 16 - Station de Tazrouk (1)

2.1.2.2 - Station Tazrouk (2)

La station de Tazrouk (2) ($23^{\circ}25'30,01''\text{N}$; $6^{\circ}15'41,04''\text{E}$) est représentée par l'exploitation agricole de Jabour (Fig. 17), elle s'étend sur une superficie de 2 ha. Les cultures principales sont les arbres fruitiers avec 100 arbres de pommiers, 28 grenadiers, 20 vignes, 8 figuiers, 20 poiriers et quelques cultures maraichères, telles que la tomate (0,5 ha), on note aussi la présence de quelques cultures fourragères notamment le maïs fourrager avec une superficie de 1,5 ha. La submersion est le système d'irrigation utilisée dans cette station avec la présence d'un puits et un bassin d'accumulation. Aucun produit phytosanitaire n'a été utilisé dans cette station.



A : Vue globale de la station

B : Carte satellitaire de la station (carte Arc gis)

Figure 17 - Station de Tazrouk (2)

2.2. -Méthodes utilisées sur le terrain et au laboratoire

Cette partie est consacrée à l'étude de la bio-écologie et l'estimation des dégâts causés par quelques bio-agresseurs (*Ceratits capitata*, *Virachola livia* et *Epilachna chrysomelina*). Les méthodes utilisées sont représentées dans ce qui va suivre.

Les déterminations de ces espèces ont été fait par Mr le professeur SEKOUR Makhoulf, professeur à l'université Kasdi Merbah Ouargla.

2.2.1.-Bio-écologie et estimation des dégâts causés par la mouche méditerranéenne de fruit *Ceratitis capitata*

Le travail sur le terrain consiste à un échantillonnage des fruits matures de différents arbres fruitiers, à savoir l'oranger, le mandarinier, le figuier, l'abricotier et le grenadier en choisissant de façon aléatoire 05 arbres dans chaque verger expérimental, dans lesquels sont prélevés au hasard 3 fruits pour chaque direction (nord, sud, est, ouest) et le centre de l'arbre.

Au laboratoire, nous avons procédé au dénombrement des piqûres dans chaque fruit (Fig. 18) afin d'estimer le taux d'attaque des fruits par la mouche pour chaque culture et pour chaque direction, calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux d'attaque}(\%) = \frac{\text{Nombre de fruits piqués}}{\text{Nombre total de fruits}} \times 100$$

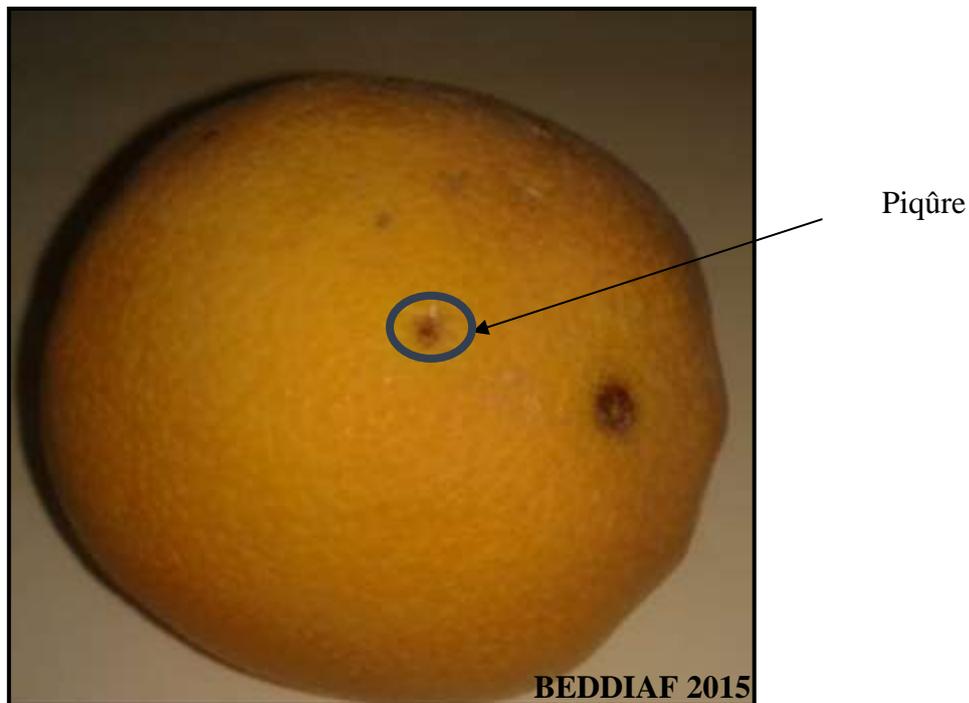


Figure 18 - Dégâts de *Ceratitis capitata* sur oranger

Après avoir calculé le nombre de piqûres par fruits, tous les fruits piqués sont départagés et mis dans des passoirettes sous lesquelles se trouvent des bassines en plastique (Fig. 19), au fond desquelles nous avons déposé une couche de 2 cm de sable fin afin de récupérer les pupes, pour étudier quelques paramètres biologiques de ce bio-agresseur, détaillés dans ce qui suit. L'élevage a été réalisé dans des conditions ambiantes avec des

températures qui varient entre 15 et 20°C pour les pupes issues des fruits d'hiver (mandarinier et oranger), entre 30 et 35° pour les fruits d'été (figuier et abricotier) et entre 29 et 33°C pour les fruits d'automne (grenadier).



Figure 19– Dispositif expérimental pour la récupération des pupes de *Ceratitits capitata* dans les mandarines

2.2.1.1.-Durée de pupaison

Les pupes (Fig.20) récupérées sont mises dans des boîtes de Petri, pour déterminer la durée de pupaison qui correspond à l'intervalle de temps entre la formation des pupes et l'émergence des adultes.



Figure 20 -Pupes de *Ceratitits capitata* sous loupe binoculaire

2.2.1.2.-Taux d'émergence

Le nombre des pupes émergées (Fig.21) sert à définir le taux d'émergence par la formule suivante :

$$\text{Taux d'émergence (\%)} = \frac{\text{Nombre des pupes émergées}}{\text{Nombre total de pupes}} \times 100$$



Figure 21 – Emergence d'un adulte de *Ceratitis capitata*

2.2.1.3.-Longévité des adultes

Les adultes émergés sont placés dans des bocaux en plastique contenant un coton imbibé d'eau sucrée, pour assurer l'alimentation des mouches (Fig. 22). Pour déterminer la longévité des adultes, on a procédé au comptage quotidien des adultes morts et la détermination de leurs sexes.



Figure 22 – Dispositif expérimental pour la détermination de la longévité des adultes

2.2.1.4.-Sex-ratio

Les adultes sont identifiés selon leur sexe pour calculer le sex-ratio selon la formule suivante :

$$\text{Sex - ratio (\%)} = \frac{\text{Nombre des femelles}}{\text{Nombre total des adultes}} \times 100$$

(ALI AHMED- SADOUDI, 2007)

Les mâles et les femelles sont facilement distingués grâce à des caractéristiques morphologiques. Les mâles portent deux soies orbitales noires aplaties en lamelles à l'apex (Fig.23), qui permettent de les différencier aisément des femelles (FERON, 1962). La femelle se différencie également du mâle par un long effilement de l'abdomen appelé oviscapte (Fig. 23) qui se devine pendant la ponte ou l'accouplement et permet à la femelle d'inoculer ses œufs sous la peau des fruits (DUYCK, 2005).



Figure 23 – Adultes de *Ceratitits capitata* (1 : Oviscapte ; 2 : Soies orbitales)

2.2.2. – Bio- écologie et estimation des dégâts causés par le papillon de grenadier

Virachola livia

Les méthodes utilisées pour étudier la bio-écologie, ainsi que l'estimation des dégâts causés par *Virachola livia* sont représentés dans cette partie.

2.2.2.1.- Estimation de taux d'attaque

La période d'échantillonnage concerne la période de grossissement des fruits de grenadier (*Punica granatum*) qui est mai et juin, alors que c'est plutôt décembre, janvier et février pour *Acacia raddiana* et *Acacia nilotica*. Sur le terrain, 5 arbres sont choisis aléatoirement, sur chacun et selon les directions (nord, sud, est, ouest) et le centre

de l'arbre, sont collectés 15 fruits à raison de trois fruits par exposition pour le grenadier (Fig. 24) et 15 gousses par arbre pour l'acacia.

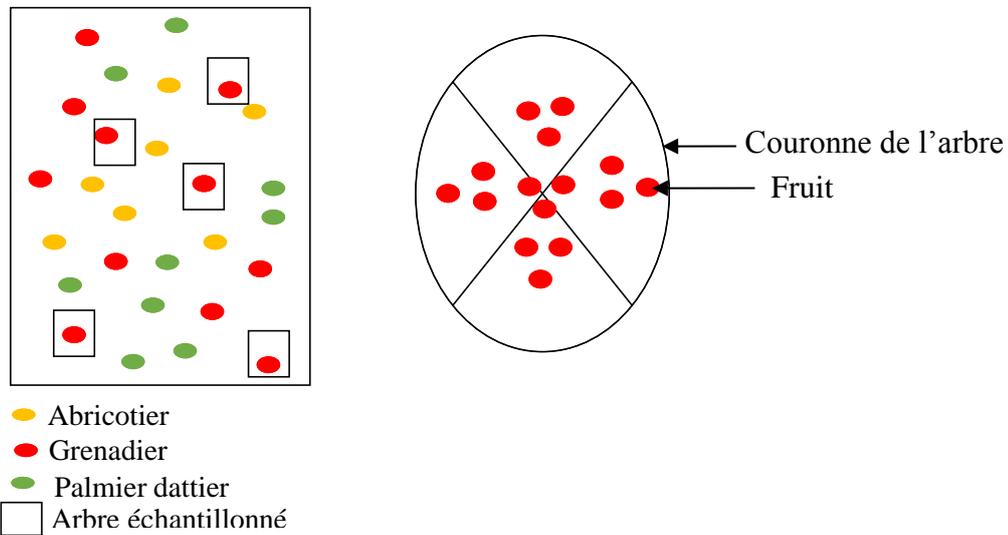
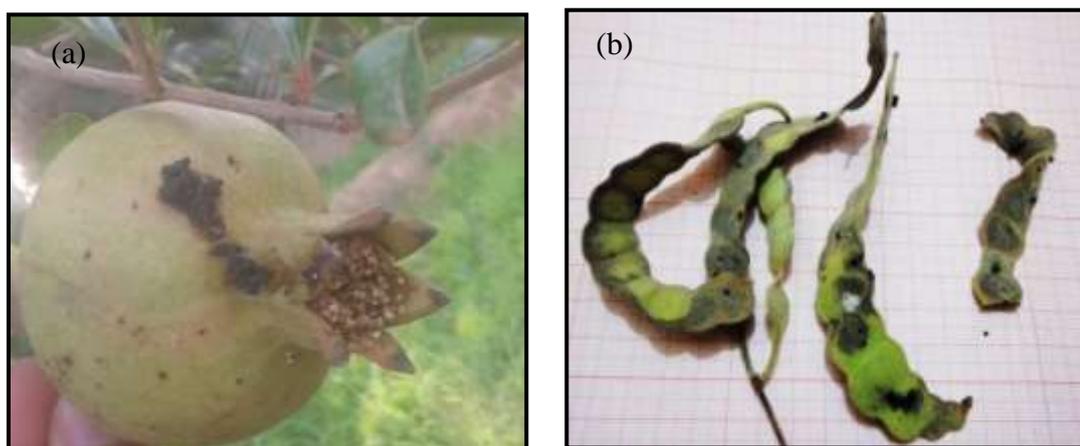


Figure 24 – Schéma représentatif de la méthode d'échantillonnage

Au laboratoire, nous avons procédé au dénombrement des œufs et des trous de pénétrations de *Virachola livia* sur chaque fruit afin de déterminer le taux d'attaque (Fig.25), donné par la formule suivante :

$$\text{Taux d'attaque}(\%) = \frac{\text{Nombre de fruits piqués}}{\text{Nombre total de fruits}} \times 100$$



BEDDIAF 2017

Figure 25- Dégâts de *Virachola livia* sur *Punica granatum* (a) et sur *Acacia nilotica* (b)

2.2.2.2.- Biologie de *Virachola livia*

Les fruits échantillonnés selon le protocole précédent sont mis dans des bassines recouvertes de tulle afin de suivre quelques paramètres biologiques (Fig. 26). On a procédé aussi à la collecte des œufs non éclos sur terrain afin de suivre le cycle de vie de cette espèce.



Figure 26 – Dispositif expérimental pour la récupération des chrysalides de *Virachola Livia*

2.2.2.2.1.- Elevage du papillon de grenadier *Virachola livia*

Les œufs collectés sur le terrain sont mis dans des boîtes des Petri jusqu'à l'éclosion, afin de suivre la durée de cycle de chaque stade. L'élevage a été réalisé dans des conditions ambiantes avec des températures qui varient entre 21 et 28°C

2.2.2.2.2.- Durée de cycle de *Virachola livia*

Les larves sont mises dans des piluliers avec un morceau de fruit et un coton imbibé d'eau, pour leur offrir la nourriture et l'humidité. Cette étape a pour but la détermination de la durée des différents stades larvaires. Les boîtes sont quotidiennement nettoyées et les fruits sont remplacés par d'autres plus frais (Fig. 27).



Figure 27 – Elevage des larves de *Virachola livia*

2.2.2.2.3.- Durée du stade nymphal

Les chrysalides récupérées sont mises séparément dans des boîtes Petri jusqu'à l'émergence pour déterminer la durée de stade nymphal qui correspond à l'intervalle de temps entre la formation de la chrysalide et l'émergence de l'adulte.

2.2.2.2.4.- Taux d'émergence

Il est représenté par le rapport du nombre des chrysalides émergées sur le nombre total des chrysalides sorties des fruits, exprimé en pourcentage. Il est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Taux d'émergence}(\%) = \frac{\text{Nombre des chrysalides émergées}}{\text{Nombre total des chrysalides}} \times 100$$

2.2.2.2.5.- Longévité des deux sexes et taille de ponte

Une fois émergés, les adultes sont mis dans des boîtes en plastique contenant un liquide nutritif (eau + sucre), afin de calculer la longévité (mâle et femelle) et le nombre d'œufs pondus par les femelles vierges (non fécondées).

2.2.3. – Bio- écologie et estimation des dégâts causés par la coccinelle du melon

Afin d'estimer les effectifs des populations d'*Epilachna chrysomelina* sur cucurbitaceae, on a utilisé la méthode des quadrats qui consiste au dénombrement des effectifs de cette coccinelle sur une surface de 9 m². En effet, des carrés de 3 m de côté

sont délimités (Fig. 28), dans chaque carré trois plants sont choisis au hasard. La hauteur, le rayon foliaire, le nombre et la surface des feuilles de chaque plant sont notés. Sur chaque feuille, des dénombrements d'individus de chaque stade (œuf, larve et adulte) sont réalisés.

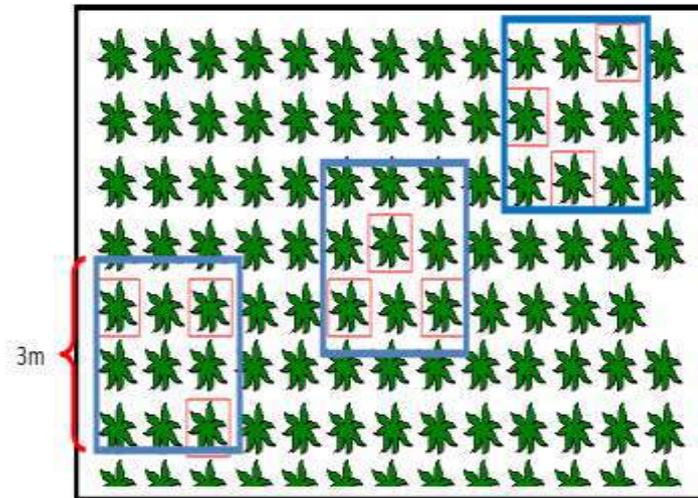


Figure 28 - Schéma représentatif de la méthode des quadrats

2.2.3.1. – Prélèvement des individus d'*Epilachna chrysomelina* pour élevage

Plusieurs échantillons d'*E. chrysomelina* appartenant à des différents stades sont récupérés sur le terrain. Une fois au laboratoire, ces derniers sont marqués et placés dans des boîtes d'élevages. Les captures sont réalisées durant la période qui s'étale entre avril et juillet. L'élevage a été réalisé dans des conditions ambiantes avec des températures qui varient entre 21 et 33°C

2.2.3.2. – Elevage de la coccinelle phytophage *Epilachna chrysomelina*

Les individus récoltés sont mis dans des boîtes en plastique, recouvertes d'une moustiquaire à mailles fines, pour assurer une bonne aération (Fig. 29). Un coton imbibé d'eau est incorporé dans chaque boîte afin de garder une humidité favorable du milieu. Les adultes et les larves sont mis sur des feuilles de cucurbitaceae, pour leur offrir la nourriture. Les boîtes sont quotidiennement nettoyées, le coton humidifié et les feuilles remplacées par d'autres plus fraîches.



Figure 29 – Boîte d'élevage d'*Epilachna chrysomelina*

2.2.3.3. – Taux de consommation

Afin d'estimer le taux de consommation quotidienne des différents stades de développement d'*Epilachna chrysomelina*, il est préconisé de les mettre dans des boîtes de Petri avec des morceaux de 40 mm² de feuilles de quelques supports végétales (melon, pastèque et courgette), et on calcule le taux de consommation journalière par stade et selon le support alimentaire (Fig. 30).



Figure 30 – Dispositif expérimental pour la détermination de taux de consommation des différents stades d'*Epilachna chrysomelina*

2.3. - Exploitation des résultats par les indices statistiques

Dans cette partie, les tests et les analyses statistiques utilisés dans le cadre de cette étude sont détaillés.

2.3.1. - Test d'ANOVA

Ce test est utilisé dans le cas où les données sont normales (test paramétrique). C'est un test de comparaison (moyennes ou variances) où on expérimente l'effet de deux facteurs sur une variable, facteurs supposés agir exclusivement sur l'espérance mathématique. Dans un premier temps de l'analyse, on teste l'existence de l'effet des facteurs et l'existence d'une interaction par plusieurs tests de type analyse de la variance. Si l'un ou l'autre de ces tests rejette l'hypothèse de non-existence d'un effet, il faut alors, dans un deuxième temps de l'analyse, estimer les espérances dont l'ensemble décrit les effets des deux facteurs ainsi que leur interaction (DRESS, 2007).

2.3.2. - Test de Kruskal-Wallis

C'est un test non paramétrique, utilisé dans le cas où les données ne sont pas normales, afin de comparer les distributions de plusieurs échantillons statistiques. Il fonctionne à partir des rangs de ces valeurs interclassées (DRESS, 2007).

2.3.3. - Corrélation de Pearson

Cette corrélation, appelée parfois corrélation de Bravais-Pearson, est utilisée pour les mesures des liaisons linéaires existantes entre deux variables quantitatives aléatoires (SCHERRER, 1984). La liaison est valorisée par un nombre réel sans dimension appelée « coefficient de corrélation », compris entre -1 (relation inversée) et +1 (relation proportionnelle) et défini à partir de la covariance existant entre deux variables aléatoires ou deux caractères statistiques (DRESS, 2007).

2.3.4. - Méthode d'analyse factorielle des données mixtes (AFDM)

L'analyse factorielle des données mixtes est une méthode destinée à analyser un jeu de données contenant à la fois des variables quantitatives et qualitatives (PAGES, 2004). Elle permet d'analyser la similitude entre les individus en prenant en compte des variables mixtes. De plus, on peut explorer l'association entre toutes les variables, tant quantitatives que qualitatives (KASSAMBARA, 2017).

Pour faire simple, l'algorithme AFDM peut être considéré comme mixte entre l'analyse en composantes principales (ACP) et l'analyse des correspondances multiples (ACM). En d'autres termes, il agit comme l'ACP concernant les variables quantitatives et comme l'ACM concernant les variables qualitatives (KASSAMBARA, 2017).

Chapitre 3 : *Résultats*

Chapitre 3 – Résultats sur les dégâts et la bio-écologie de quelques ravageurs de cultures

Les résultats d'étude des ravageurs de cultures dans l'extrême sud-est d'Algérie sont scindés en 3 parties, en fonction des ravageurs (*Ceratitis capitata*, *Virachola livia* et *Epilachna chrysomelina*).

3.1.- Résultats sur les dégâts et la bio-écologie de la mouche méditerranéenne des fruits

Les résultats des dégâts causés par *Ceratitis capitata*, ainsi que l'étude de quelques aspects bioécologiques sont représentés dans ce qui va suivre.

3.1.1 - Taux d'infestation

Cette partie regroupe les résultats de taux d'infestation de *Ceratitis capitata* sur cinq espèces fruitières (mandarinier, oranger, abricotier, figuier et grenadier). Le nombre des piqûres et le taux d'infestation sont développés en fonction des différentes espèces végétales, des stations et la position des fruits sur l'arbre dans le tableau 3.

Tableau 3 - Taux d'attaque des différents fruits par *Ceratitis capitata*

	Oranger	Mandarinier	Figuier	Abricotier	Grenadier
Nbr t. f.	50	50	150	75	150
Nbr. f. p.	21	38	125	70	133
Ta (%)	42	76	83,33	93,33	88,67

Nbr t. f. : nombre total de fruits ; Nbr f p. : nombre des fruits piqués, Ta : taux d'attaque.

En termes d'infestation, l'abricotier est le plus attaqué avec un taux qui peut atteindre les 93,3%, suivi par le grenadier (Ta = 88,7% ; Tab. 3). Cependant, l'oranger est le moins attaqué par *Ceratitis capitata* avec un taux de 42%.

Concernant le nombre de piqûres par fruit, le plus piqué par la mouche méditerranéenne des fruits est le grenadier (Fig. 31 ; Annexe 1) avec un nombre qui varie entre 2 et 40 piqûres/fruit (moy = 9,2±0,5 piqûres/fruit ; Fig. 32), alors que le figuier est le moins piqué avec un nombre qui varie entre 1 et 4 piqûre/fruit (moy = 1,7±0,1 piqûres/fruit). La

comparaison de nombre de piqûres en fonction des espèces végétales montre une différence très hautement significative ($p = 0,000$).

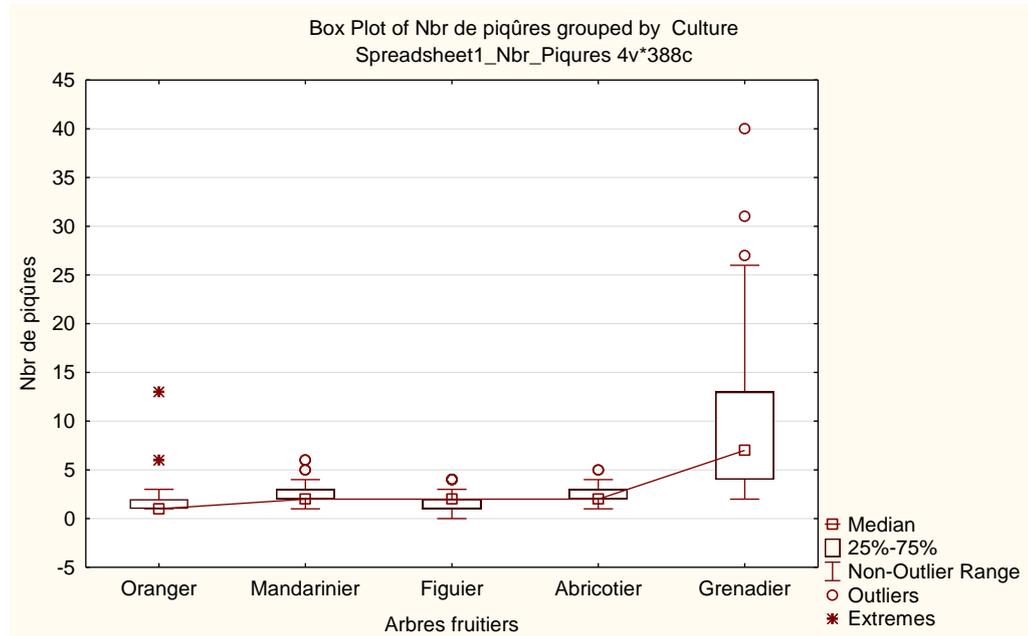


Figure 32 - Nombre des piqûres de *Ceratitidis capitata* sur différents arbres fruitiers

Le nombre des piqûres, ainsi que le nombre de fruits attaqués et taux d'infestation de *Ceratitidis capitata* sont lancés dans le tableau 4. En ce qui concerne les stations, le fruit le plus piqué est la grenade avec une moyenne de $11,7 \pm 2,3$ piqûres/ fruit dans la station de Tazrouk 2, alors que le figuier à Tegharghart est le moins piqué ($moy = 1,6 \pm 0,1$ piqûres/fruit ; Tab. 4).

Pour le taux d'attaque, le figuier et l'abricotier à Ifoten, avec le grenadier à Tazrouk 2 sont les plus attaqués avec des taux qui voisinent 93,3%. L'orange dans la station de Tin Ouraghen est la moins attaquée ($Ta = 32\%$; Tab. 4). Le nombre de piqûres présente une différence très hautement significative ($p = 0,000$) selon les stations.

Tableau 4- Nombre des piqûres, nombre de fruits attaqués et taux d'infestation par *Ceratitis capitata* en fonction de type de fruits dans l'extrême sud-est d'Algérie

Culture	Oranger		Mandarinier		Figuier		Abricotier	Grenadier		
	If.	T.O.	If.	T.O.	If.	Tegh.	If.	Ta.1.	Ta.2	
Nbr. pic.	Min.	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	Max.	6	13	6	4	4	3	5	26	40
	Moy.	2,22	2,71	2,92	2,15	1,84	1,62	2,56	6,58	11,73
	SD	1,43	4,33	0,90	0,55	0,23	0,09	0,17	1,33	2,26
Nbr t. f.	25	25	25	25	75	75	75	75	75	75
Nbr. f. p.	13	8	20	18	70	55	70	63	70	70
Ta (%)	52	32	80	72	93,33	73,33	93,33	84	93,33	93,33

Nbr. pic. : nombre des piqûres ; Min. : minimum ; Max. : maximum ; Moy : moyenne ; SD : déviation standard ; Nbr. f. p. : nombre des fruits piqués ; Ta : taux d'attaque ; If. : station ifoten ; T. O. : station tin ouaraghen ; Tegh. : station tegherghart ; Ta. 1 : tazrouk 1 ; Ta. 2 : tazrouk 2.

Les fruits collectés dans la partie nord de l'oranger sont les plus piqués par *Ceratitis capitata* avec un nombre qui varie entre 1 et 6 piqûres/fruits (moy = $3,5 \pm 3,5$ piqûres/fruits ; Fig. 33). De même pour la mandarine, les fruits à exposition nord (moy = $3,2 \pm 2,2$ piqûres/fruits) et centre (moy = $3,3 \pm 2,2$ piqûres/fruits) sont également les plus piqués avec une variation entre 1 et 6 piqûres/fruits. Concernant le figuier, les fruits issus de l'est sont les plus piqués avec une moyenne de $2,5 \pm 0,9$ piqûres/fruits. Le sud regroupe les fruits les plus piqués chez l'abricotier (moy = $2,9 \pm 1,0$ piqûres/fruits). Alors que les fruits de nord sont le plus piqués pour le grenadier (moy = $13,1 \pm 5,1$ piqûres/fruits ; Fig. 33). Il est à mentionner que *Ceratitis capitata* ne présente aucune préférence vis-à-vis de l'emplacement des fruits pour toutes les espèces végétales ($p=0,15$).

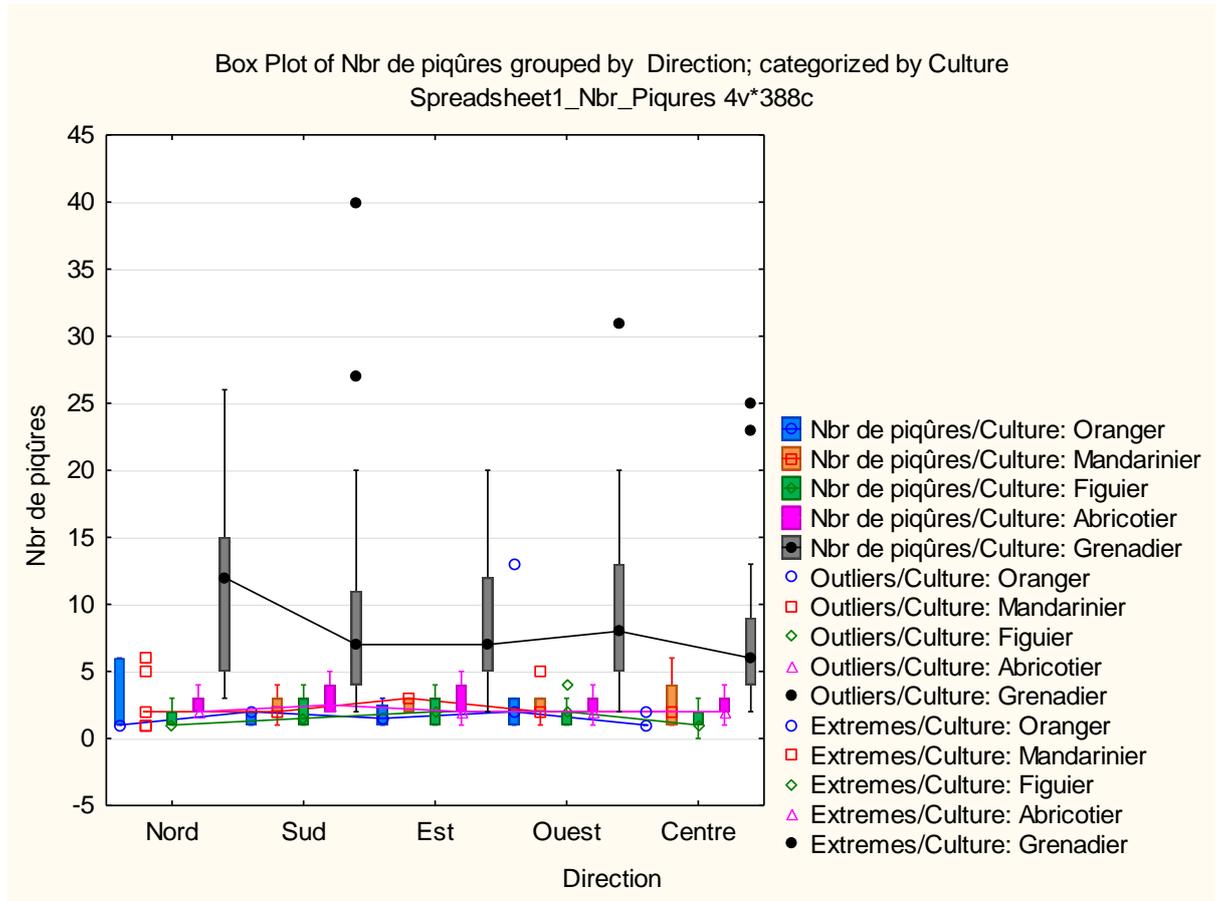


Figure 33 - Nombre des piqûres de *Ceratitidis capitata* sur différentes cultures fruitières en fonction de la position des fruits

Concernant le taux d'attaque, le nombre des piqûres, ainsi que le nombre de fruits attaqués par *Ceratitidis capitata* sont regroupés dans le tableau 5 en fonction des directions et des stations. Les fruits du centre sont les plus infestés pour l'oranger avec un taux de 80% à Ifoten (Tab. 5), alors que les fruits issus de l'est (Ta = 60%) sont les plus infestés dans la station de Tin Ouraghen. Pour ce qui est du mandarinier, les fruits de nord (Ta = 100%) et d'ouest (Ta = 100%) sont totalement touchés par ce ravageur dans la station d'Ifoten et pour l'ouest (Ta = 100%) à Tin Ouraghen. Pour le figuier, les fruits de l'est (Ta = 100%) sont les plus attaqués par *C. capitata* dans la station Ifoten. Cependant pour la station de Tegharghart, les figues de nord (Ta = 80%) et de centre (Ta = 80%) sont les plus infestés. Pour l'abricotier, les fruits de nord (Ta = 100%), de l'est (Ta = 100%) et de centre (Ta = 100%) sont totalement attaqués. Alors que les grenades de sud (Ta = 93,3%) et de l'est (Ta = 93,3%) sont les plus attaqués à Tazrouk

1, par contre à Tazrouk 2, c'est plutôt ceux collectés du nord (Ta = 100%), du sud (Ta = 100%) et de l'est (Ta = 100%) qui sont les plus attaqués (Tab. 5).

Tableau 5- Nombre des piqûres, nombre de fruits infestés et taux d'attaque de *Ceratitis capitata* sur les fruits en fonction des directions et des stations

Culture	Station		Nord	Sud	Est	Ouest	Centre
Oranger	Ifoten (N=25)	Nbr f. p.	2	3	1	3	4
		Ta (%)	40	60	20	60	80
	Tin ouaraghen (N=25)	Nbr f. p.	1	0	3	2	2
		Ta (%)	20	0	60	40	40
Mandarinier	Ifoten (N=25)	Nbr f. p.	5	3	3	5	4
		Ta (%)	100	60	60	100	80
	Tin ouaraghen (N=25)	Nbr f. p.	4	3	3	5	3
		Ta (%)	80	60	60	100	60
Figuier	Ifoten (N=75)	Nbr f. p.	14	13	15	14	14
		Ta (%)	93,33	86,67	100	93,33	93,33
	Tegharghart (N=75)	Nbr f. p.	12	9	11	11	12
		Ta (%)	80	60	73,33	73,33	80
Abricotier	Ifoten (N=75)	Nbr f. p.	15	14	15	11	15
		Ta (%)	100	93,33	100	73,33	100
Grenadier	Tazrouk 1 (N=75)	Nbr f. p.	12	14	14	13	10
		Ta (%)	80	93,33	93,33	86,67	66,67
	Tazrouk 2 (N=75)	Nbr f. p.	15	15	15	13	12
		Ta (%)	100	100	100	86,67	80

Nbr f p. : nombre des fruits piqués, Ta. : taux d'attaque ; N : nombre de fruit.

3.1.2 - Quelques paramètres bioécologiques de *Ceratitis capitata* en fonction des cultures

Les résultats de la bio écologie de *Ceratitis capitata* sont regroupés selon plusieurs paramètres.

3.1.2.1. - Durée de pupaison

Les résultats de la durée de pupaison de la mouche méditerranéenne des fruits dans les différentes stations d'étude selon le type de fruit sont représentés dans la figure ci- dessous.

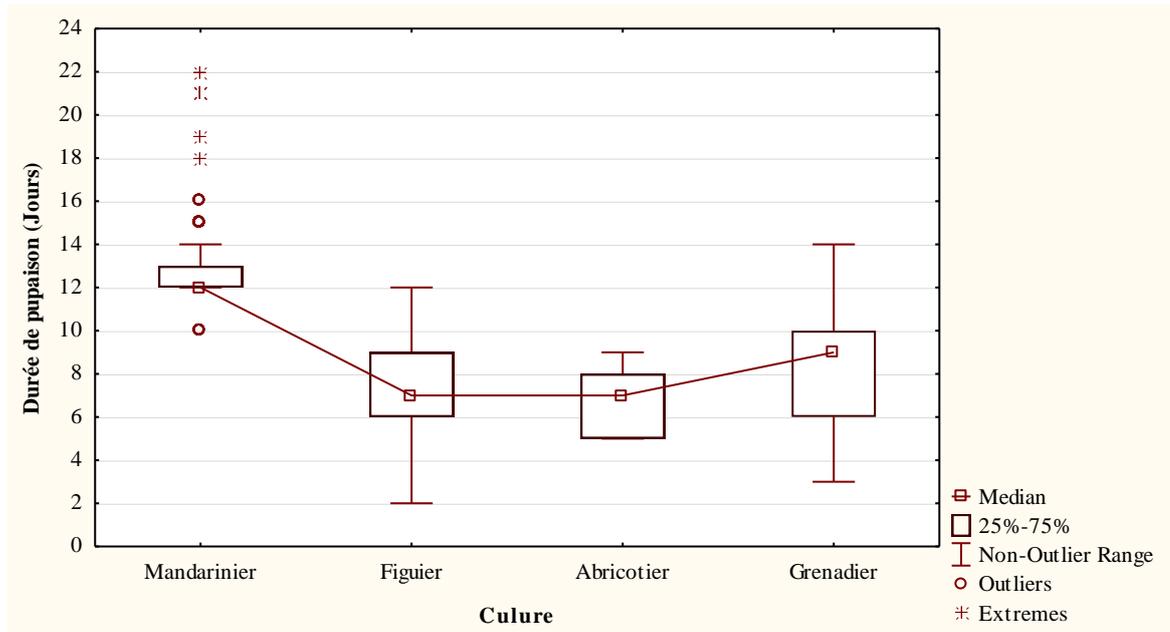


Figure 34 – Variation de la durée de pupaison de *Ceratitits capitata* selon le type de culture

La durée de pupaison de *Ceratitits capitata* varie entre 10 et 22 jours (moy = $13,0 \pm 1,8$ jours) pour la mandarine (Fig. 34). Elle est relativement courte pour les pupes issues des grenades avec une durée de 3 à 14 jours (moy = $8,3 \pm 2,1$ jours) et celles des figues avec 2 à 12 jours (moy = $7,8 \pm 2,0$ jours). Alors que la plus courte durée est enregistrée pour les pupes des abricots, avec 5 à 9 jours (moy = $6,9 \pm 1,6$ jours). Ces variations impliquent l'existence d'une différence très hautement significative ($p = 0,000$), ce qui implique que la plante hôte influe sur la durée de pupaison de ce bio-agresseur. Il est de même pour l'exposition des fruits ($p = 0,01$).

3.1.2.2. - Morphométrie des pupes

La morphométrie des pupes de *Ceratitits capitata* issues des différents fruits (mandarine, figues et abricots) est représentée dans le tableau 6.

Tableau 6- Morphométrie des pupes de *Ceratitits capitata*

	Mandarinier		Figuier		Abricotier	
	L (mm)	G D (mm)	L (mm)	G D (mm)	L (mm)	G D (mm)
Min.	4	1,9	4	1	4	2
Max.	4,5	2	4,54	2	5	2
Moy.	4,2	1,98	4,10	1,87	4,29	2
SD	0,18	0,04	0,20	0,28	0,41	0

Min. : minimum ; max. : maximum ; moy : moyenne ; SD : déviation standard ; L : longueur ; GD : grand diamètre

La longueur des pupes issues de la mandarine varie entre 4 et 4,5 mm (moy = $4,2 \pm 0,2$ mm ; Tab.6) et le grand diamètre varie entre 1,9 et 2 mm (moy = $1,9 \pm 0,0$ mm). Les pupes issues des autres cultures hôtes présentent presque les mêmes dimensions avec l'absence de différence significative ($p = 0,42$).

3.1.2.3. - Taux d'émergence

La figure 35 présente les résultats de taux d'émergence des adultes de *Ceratitis capitata* en fonction des plantes hôtes.

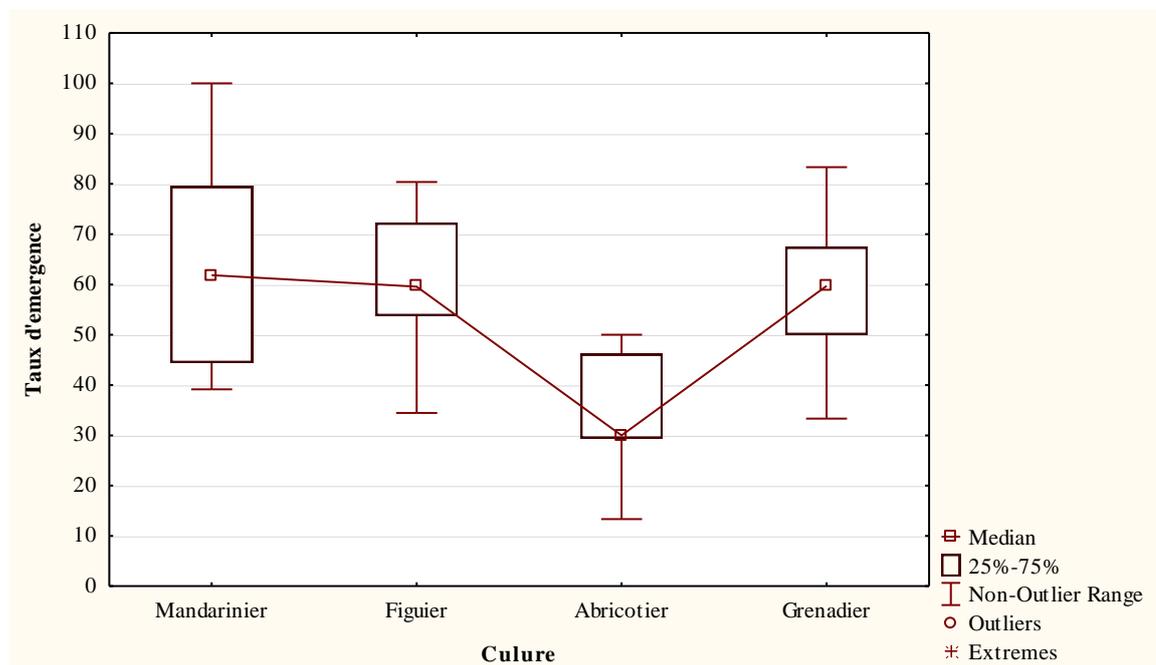


Figure 35 – Taux d'émergence des adultes de *Ceratitis capitata* en fonction des plantes hôtes

Globalement, les pupes issues de mandarine présentent un taux d'émergence élevé qui peut atteindre le 100% (moy = $63,4 \pm 20,5\%$; Fig. 35), alors que les plus faibles valeurs sont enregistrées pour les abricots, entre 13,3% et 50% (moy = $33,8 \pm 14,7\%$). Ces résultats laissent apparaître une différence significative ($p = 0,04$) concernant le taux d'émergence des adultes de *Ceratits capitata* selon le type de culture, contrairement à la direction qui ne présente aucune influence sur l'émergence ($p = 0,28$).

3.1.2.4. - Longévité des adultes

Les résultats de la longévité des adultes de la mouche méditerranéenne des fruits sont regroupés dans les figures 36 et 37

D'une manière globale, les adultes de *C. capitata* ont une durée de vie très variable ($p = 0,000$) en fonction du type de culture. La longévité des adultes la plus élevée est notée chez la mandarine, variée entre 41 et 70 jours (moy = $57,3 \pm 12,3$ jours ; Fig. 36), alors qu'elle est moyennement faible concernant les grenades avec 9 à 49 jours (moy = $26,7 \pm 13,1$ jours) et très courte pour les figues avec 3 à 14 jours (moy = $5,0 \pm 2,8$ jours). Par ailleurs, il est à mentionner que la durée de vie des mâles et des femelles présente une différence significative ($p = 0,016$) pour l'ensemble des cultures. Autrement dit, la longévité des adultes varie selon la saison, elle est très longue durant la saison hivernale et elle se diminue durant la période estivale.

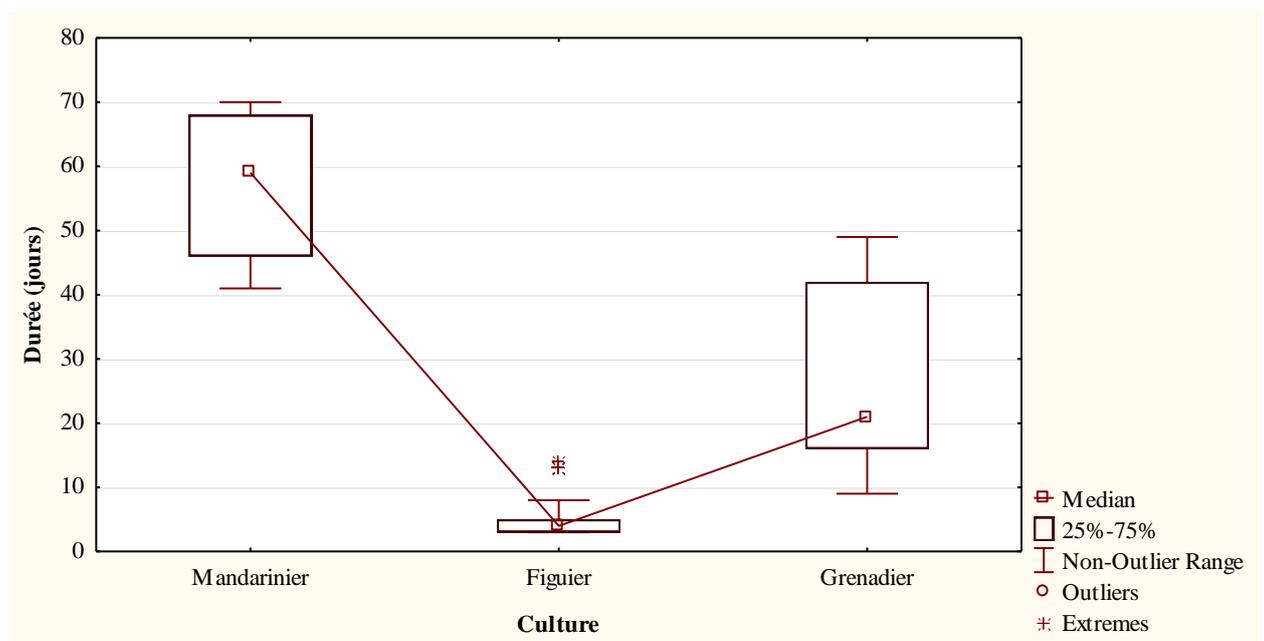


Figure 36 – Variation de la longévité des adultes de *Ceratitidis capitata* selon le type de culture

La durée de vie des adultes pour les deux sexes ($p = 0,01$) a une variation significative pour toutes les cultures. Il en est de même pour les sexes vis-à-vis des cultures, avec une différence très hautement significative que ce soit pour les femelles ($p=0,000$) et pour les mâles ($p=0,000$).

La longévité de ces derniers varie entre 41 et 70 jours (moy = 57,1±12,9 jours ; Fig. 37) chez les mandarines et presque la même chose pour les femelles (moy = 57,5± 13,3 jours). Pour les adultes provenant des figues, les mâles (moy = 4,5±2,2 jours) et les femelles (moy = 5,5±3,3 jours) vivent presque entre 3 et 14 jours. Concernant les adultes issus des grenades, leur longévité est moyenne (moy = 35±13,1 jours ; Fig. 37) pour les mâles et (moy =24,7±12,5 jours) pour les femelles.

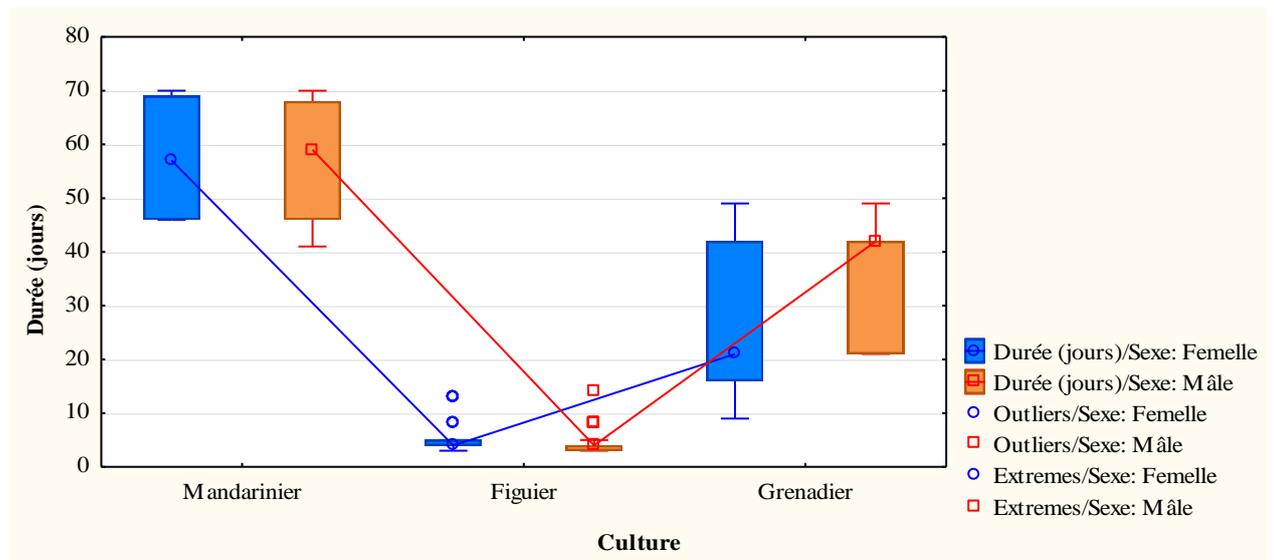


Figure 37 – Longévité des adultes de *Ceratitidis capitata* selon le type de culture et le sexe

3.1.2.5. - Sex-ratio

Le tableau 7 regroupe les résultats du sex-ratio de *Ceratitidis capitata* dans l’extrême sud-est d’Algérie.

Tableau 7- Sex-ratio chez *Ceratitidis capitata* en fonction des cultures et des stations

Station	Mandarinier		Figuier		Grenadier	
	If.	T. O.	If.	Tegh.	Ta.1	Ta. 2
Nombre des mâles	86	16	69	37	8	28
Nombre des femelles	69	25	115	116	15	34
Sex-ratio (%)	44,52	60,98	62,50	75,82	65,22	54,84

If. : station ifoten ; T. O. : station tin ouaraghen ; Tegh. : station tegherghart ; Ta. 1 : tazrouk 1 ; Ta. 2 : tazrouk 2 .

D’une manière globale, le Sex-ratio est en faveur des femelles pour toutes les plantes hôtes, sauf pour la mandarine à Ifoten (Tab. 7). Les taux varient pour les femelles entre 54,8% pour les grenades de Tazrouk 2 et 75,8% pour les figues de Tegharghart.

3.1.3 - Analyse factoriel multi dimensionnel des données mixtes (A.F.D.M)

L'analyse factoriel multi dimensionnel est réalisée sur les variables quantitatives (taux d'attaque, nombre des fruits piqués, nombre des piqûres) en fonction des variables qualitatives (cultures, stations, directions).

❖ Contributions globales (%) des variables et des observations

La contribution globale des observations et des variables pour la construction des axes est égale à 24,2 % pour l'axe 1 et 15,3 % pour l'axe 2. Le pourcentage cumulé pour les deux premiers axes (1 et 2) est de 39,5 % (Fig. 38).

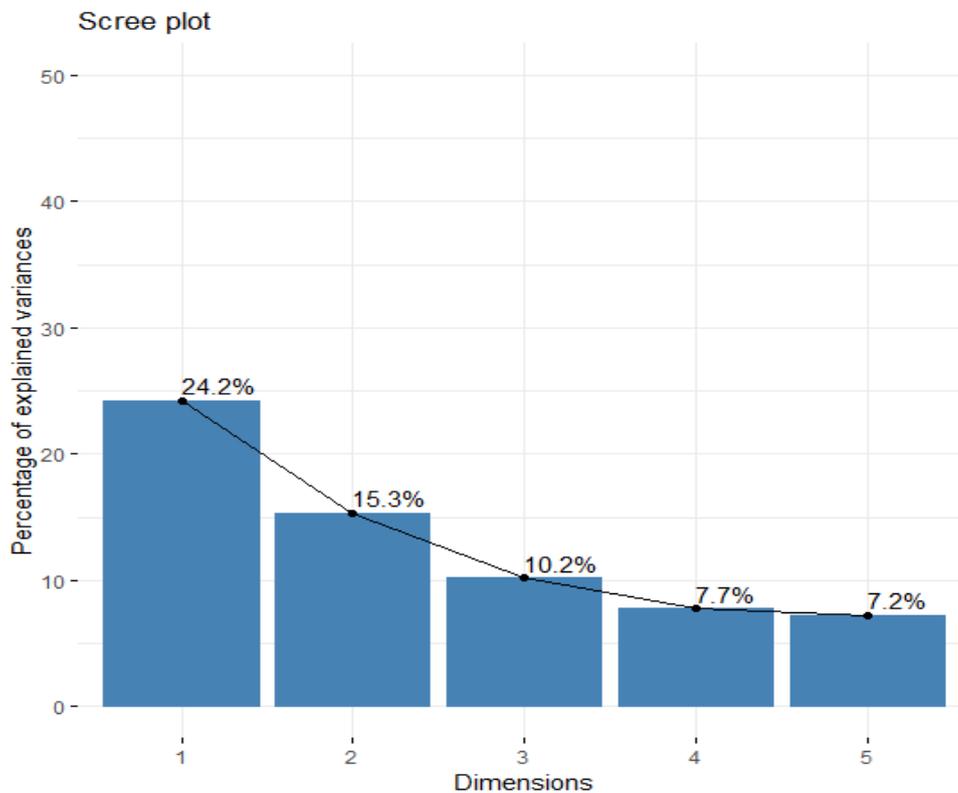


Figure 38 – Valeurs propres et pourcentages cumulés des contributions des différents axes pour les attaques de *Ceratits capitata* en fonction des stations, des directions et des cultures

❖ Contribution des variables qualitatives (%)

Les contributions des variables qualitatives en fonction des axes (1 et 2) sont les suivantes :

Axe 1 : les variables qui contribuent le plus dans la formation de l'axe 1 sont représentées le plus par le type de culture (25,2%) et la station (22,5%).

Axe 2 : la culture contribue fortement dans la formation de cet axe (39,7%) et la station contribue avec 32.6%.

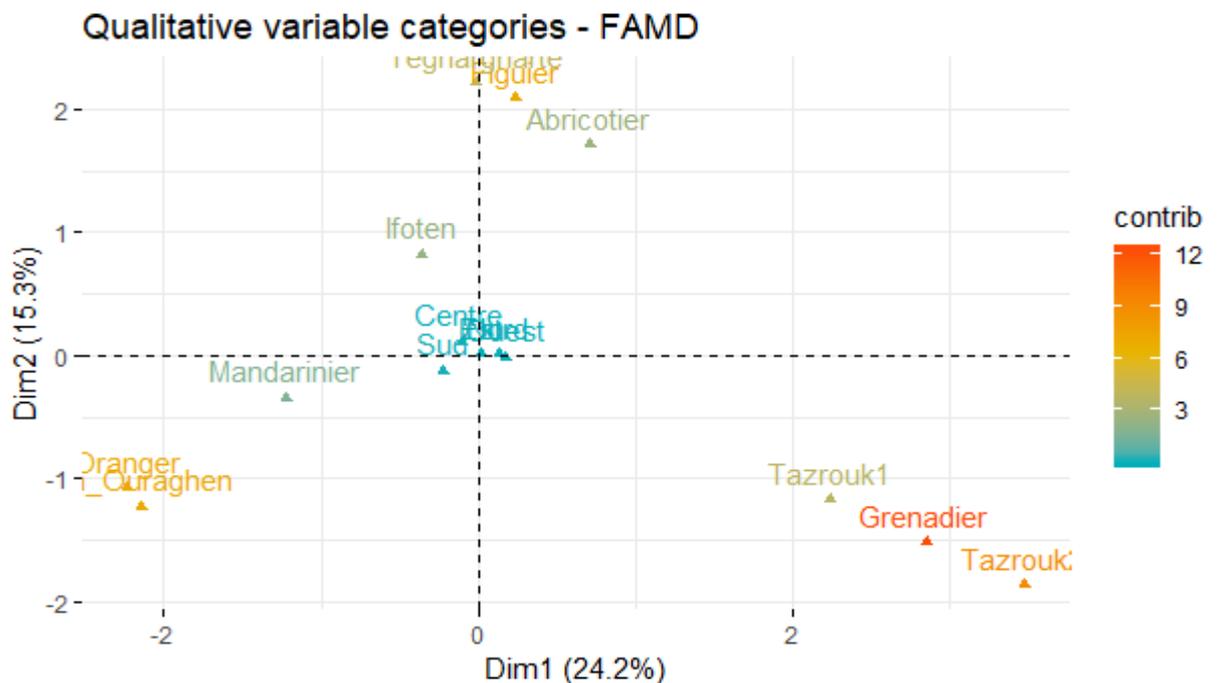


Figure 39 – Contributions des variables qualitatives dans la formation des axes

D'après la figure 39, on constate que les directions cardinales ne contribuent pas à la formation des deux axes. L'oranger est fortement attaqué dans la station de Tin Ouraghen avec l'absence de figuier et d'abricotier, alors qu'en présence de ces derniers, l'oranger présente le plus faible taux d'attaque dans la station de Teghargharte et Ifoten.

❖ Contribution des variables quantitatives (%)

Les contributions des variables en fonction des axes (1 et 2) sont les suivantes :

Axe 1 : le nombre de fruits piqués contribue fortement dans la formation de l'axe 1 (20,8%), le nombre de piqûres par fruit contribue avec 16,5%, alors que le taux d'attaque contribue par 14,8% dans la formation de cet axe (Annexe 2).

Axe 2 : le nombre de piqûres par fruit contribue fortement dans la formation de cet axe (13,2%).

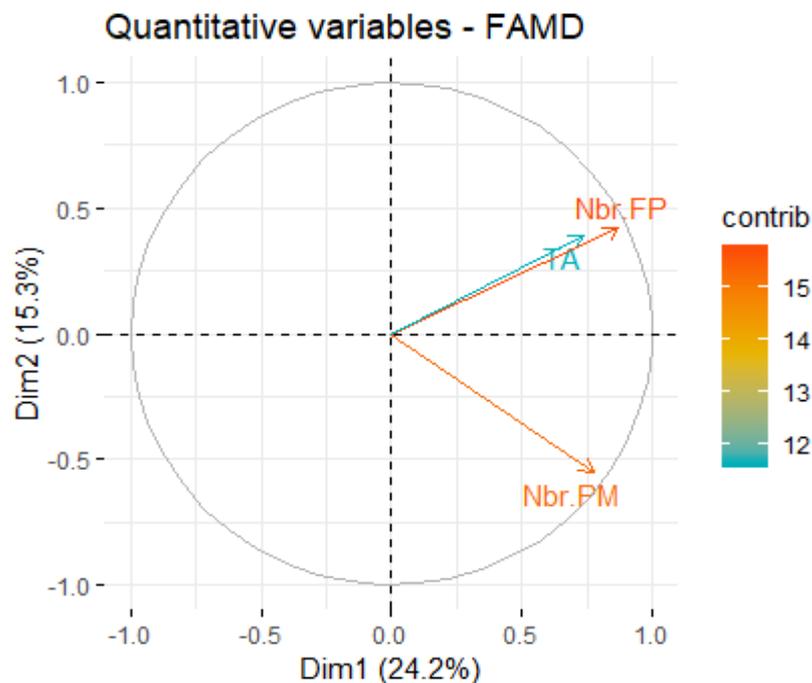


Figure 40 – Cercle de corrélation de l'Analyse Factorielle des Données Mixtes (A.F.D.M) appliquée aux variables quantitatives

Selon la figure 40, on constate que le nombre de fruits piqués est inversement corrélé avec le nombre moyen de piqûres, plus le nombre des fruits augmente, plus le nombre de piqûres diminue.

❖ Répartition spatiale des variables

Le taux d'attaque de l'oranger et de mandarinier par *C. capitata* est inversement corrélé avec le taux d'attaque de l'abricotier et le figuier.

La projection du nuage de taux d'attaque sur les composants principaux 1 et 2 nous permet de classer les plantes hôtes de *Ceratits capitata* en trois groupes.

Le groupe 1 est constitué par les cultures qui se fructifient en d'hiver (oranger et mandarinier ; Fig. 41), alors le groupe 2 est composé des cultures à fruit estival (figuier et abricotier) et le groupe 3 se réserve aux plantes à fruit automnal (grenadier).

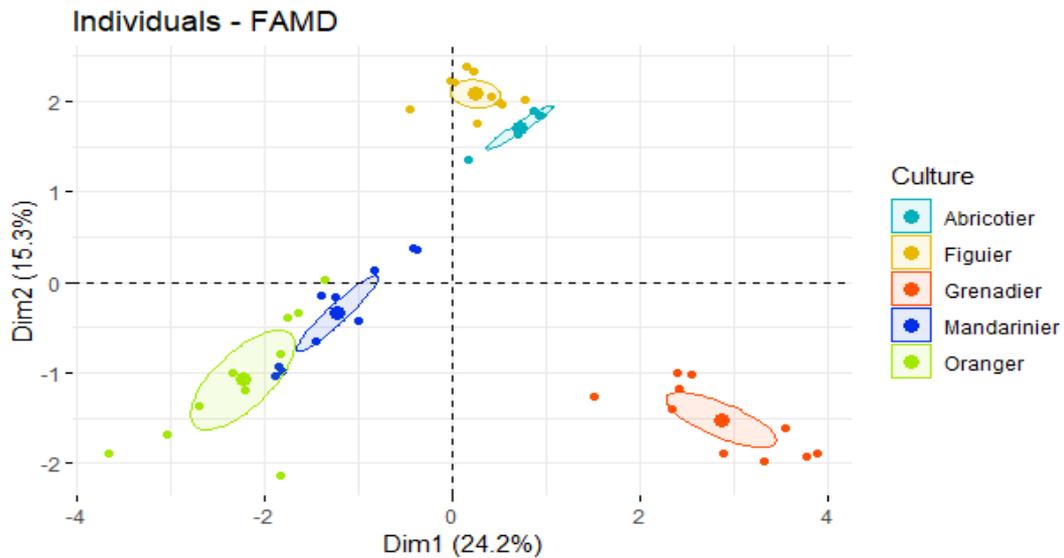


Figure 41 – Carte factorielle de l'AFDM avec axe 1 et 2 des taux d'attaque de *Ceratits capitata* selon le support végétal

D'après la figure 41, *Ceratits capitata* s'attaque aux oranges et aux mandarines en même période. Puis en absence de ces deux dernières cultures, ce ravageur se rabat sur les figues et les abricots, puis sur le grenadier en dernier lieu. En termes de stations, ces dernières se répartissent en fonction des cultures attaquées, comme Tazroukt 1 et 2 qui sont très proches du fait de la présence de Grenadier (Fig. 42).

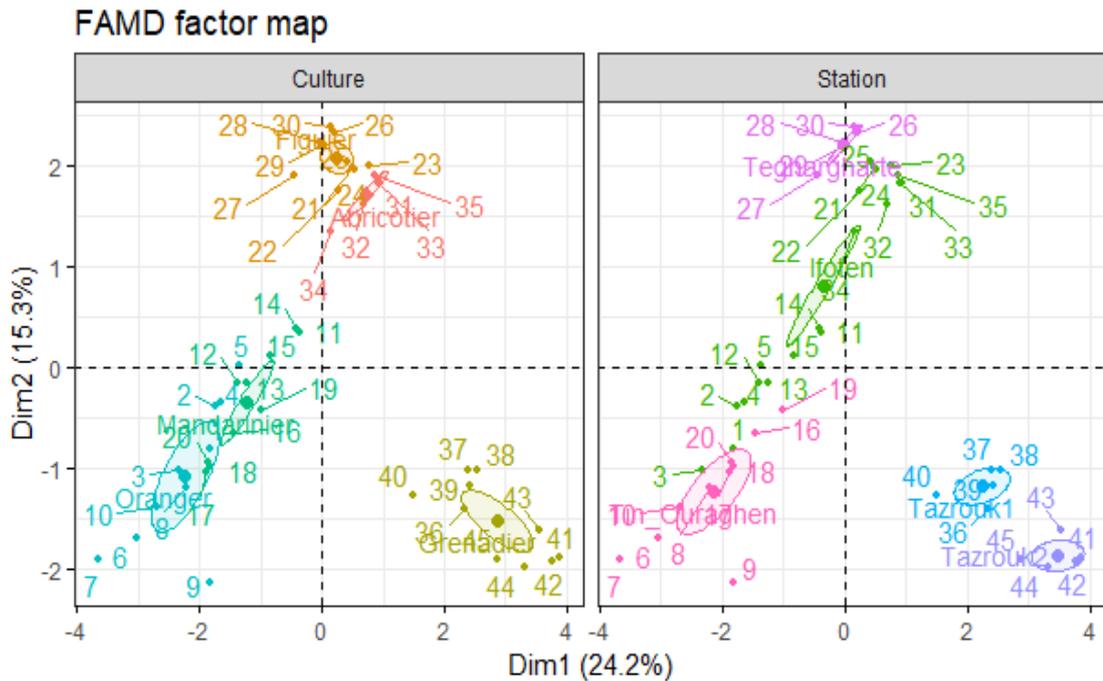


Figure 42 – Carte factorielle de l’AFDM avec axe 1 et 2 des taux d’attaque de *Ceratitis capitata* selon les cultures attaquées et les stations d’étude

3.2.- Résultats sur les dégâts et la bio-écologie du papillon de grenadier

La partie suivante regroupe les résultats des dégâts et de la bio-écologie de *Virachola livia* sur trois espèces végétales (*Punica granatum*, *Acacia raddiana* et *Acaccia nilotica*).

3.2.1.- Dégât et bio-écologie de *Virachola livia* sur grenadier

L’étude des dégâts causés par *Virachola livia* ainsi que la bio-écologie sur grenadier sont représentés dans la partie suivante.

3.2.1.1.- Estimation des dégâts

Le taux d’attaque de *Virachola livia* sur le grenadier est estimé par le nombre d’œufs et le nombre de trous de pénétrations des larves par fruit, regroupé ci-dessous (Tab. 8).

Tableau 8 – Variation de nombre des œufs et les pénétrations des larves de *Virachola livia* en fonction des deux stations d'étude

Paramètres	Station 1		Station 2		Total	
	Nbr w	Nbr p	Nbr w	Nbr p	Nbr w	Nbr p
Min	1	1	1	1	1	1
Max	10	10	15	24	15	24
Moy	2,53	3,25	5,31	11,40	4,24	7,88
SD	2,18	2,13	2,94	5,01	2,99	5,70
CV%	86,48	65,56	55,30	43,93	70,52	72,37
Nombre total des fruits	75	75	75	75	150	150
Nombre fruits attaqués	40	51	64	67	104	118
Taux d'attaque (%)	53,33	68	85,33	89,33	69,33	78,67
Test t pour l'égalité des moyennes	0,11248		<0,000***		<0,000***	

Nbr w : nombre des œufs ; Nbr p : nombre des trous de pénétration ; Min. : minimum ; Max. : maximum ; Moy : moyenne ; SD : déviation standard ; CV : coefficient de variation ; *** : niveau de signification qui est très hautement significative ; station 1 : Elmihan ; station 2 : Tin ouraghen.

Le nombre d'œufs de *Virachola livia* par fruit varie entre 1 et 15 œuf/fruit (moy = $4,2 \pm 3,0$ œuf/fruit) avec un taux d'attaque de 69,3% des fruits contenant des œufs (Tab. 8). Alors que le nombre des trous de pénétration varie entre 1 et 24 trous/fruit (moy = $7,9 \pm 5,7$ trous/fruit), avec un taux d'attaque qui peut atteindre le 78,7% des fruits contenant des trous de pénétration. En fonction des stations, il y a une différence très hautement significative entre la première station et la deuxième ($p = 8.034E-22$; Tab. 8). En effet, la station 2 affiche les taux d'attaque les plus élevés, que ce soit pour les œufs (85,3 %) et pour les trous de pénétrations (89,3 % ; Fig. 43).

En outre, le coefficient de variation est relativement élevé pour le nombre d'œuf (CV=86,5%) par grenade au niveau de la station 1 comparativement au nombre de trous de pénétration (CV=65,6% ; Tab. 8). Il en est de même pour la station 2. D'une manière générale, les grenades échantillonnées dans la région d'étude sont caractérisées par des trous de pénétration (CV=72,4%) presque similaire au taux des œufs déposés par les femelles (CV=70,5%). Pour ce qui est du taux des fruits attaqués par *V. livia*, les valeurs sont élevées, soit un pourcentage égal à 69,3% concernant les œufs et 78,7% pour les trous de pénétrations (Tab. 8).

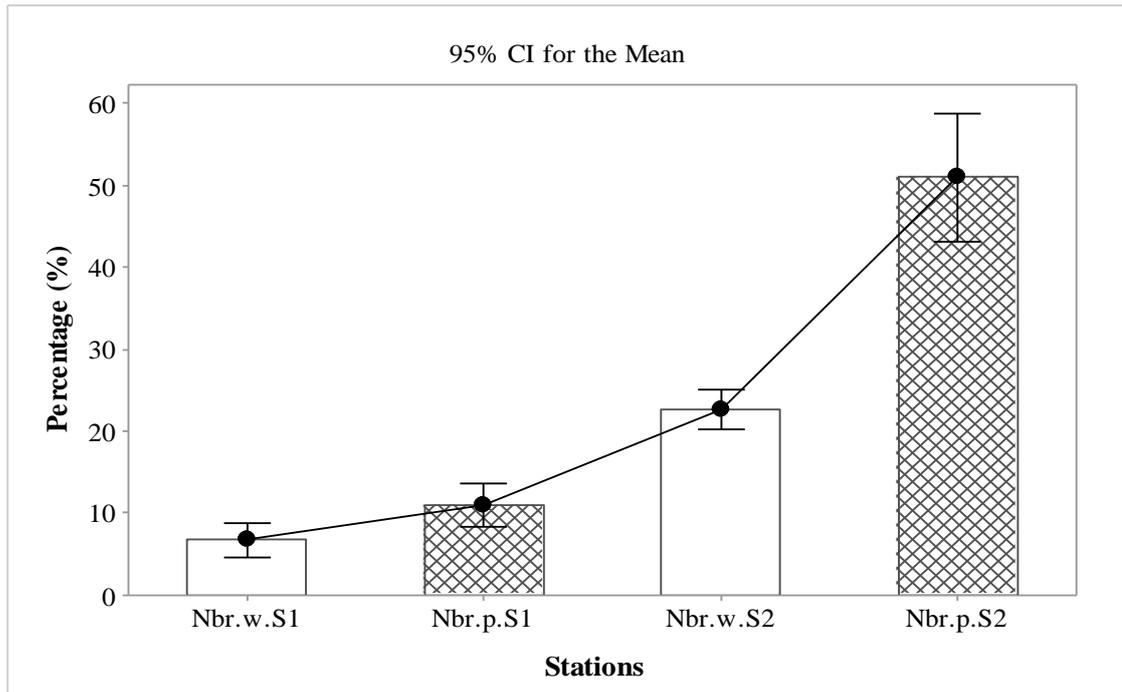


Figure 43 - Comparaison entre le nombre des œufs (Nbr.w) et les penetrations (Nbr.p) des larves par fruit dans les deux stations d'étude (S1) et (S2)

La comparaison entre ces deux paramètres montre que le nombre de trous de pénétration (67,8%) est deux fois plus élevé que le nombre d'œuf (32,2%) déposés par les femelles sur les grenades (Fig. 44).

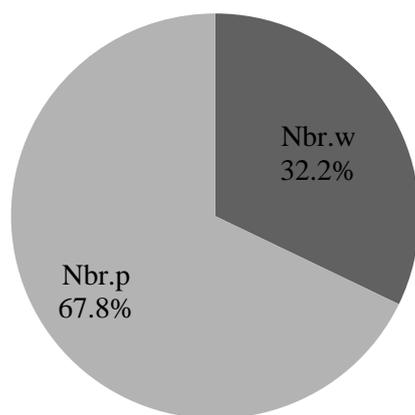


Figure 44 – Variation du nombre des œufs (Nbr.w) de *V. livia* et les nombre de trous de pénétration (Nbr.p) sur les fruits du grenadier à Djanet

Dans le tableau 9 sont mentionnés les comparaisons entre les nombres d'œufs et les trous de pénétration de papillon de grenadier, sous forme d'une matrice de corrélation de Pearson.

Tableau 9 – Matrice de similarité entre le nombre d'œufs et le nombre de trous de pénétration de *Virachola livia* sur Grenadier dans les deux stations d'étude. Valeurs de corrélation de Pearson (r) sous la diagonale et valeurs de probabilité (p) au-dessus de la diagonale

	NWS1	NPS1	NWS2	NPS2
NWS1	-	5,97E-09	0,079707	0,23925
NPS1	0,61068	-	0,08639	0,23916
NWS2	0,20364	0,19936	-	5,95E-08
NPS2	0,13756	0,13758	0,57716	-

Nbr w : nombre des œufs ; Nbr p : nombre des trous de pénétration ; S1 : Station 1 ; S2 : Station 2.

Le nombre d'œufs comptés sur les grenades de la station 1 présente une corrélation positive ($r = 0,61$; $p = 5,97E-09$) avec le nombre de pénétrations des larves à l'intérieur des fruits (Tab. 9). Il en est de même pour la station 2 ($r = 0,58$; $p = 5,95E-08$).

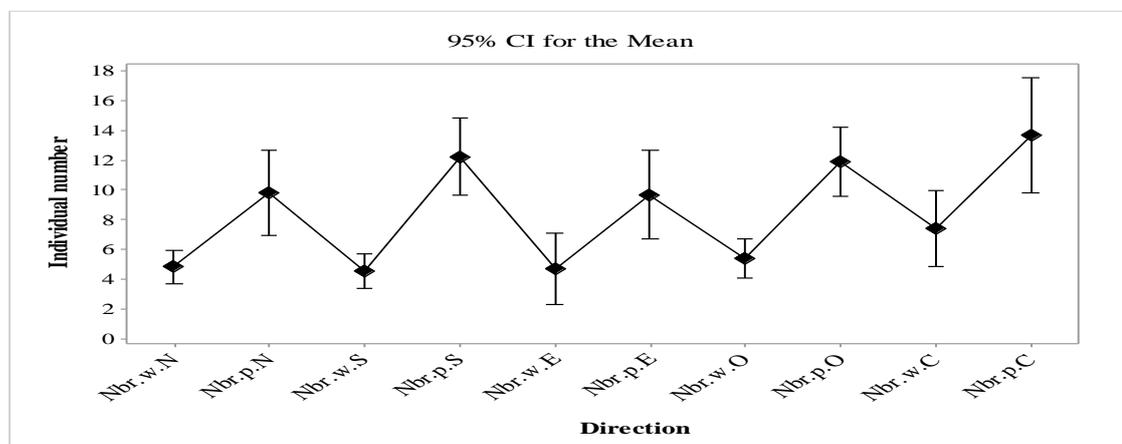


Figure 45 – Variation du nombre des œufs (Nbr.w) de *V. livia* et les nombre de trous de pénétration (Nbr.p) sur les fruits du grenadier en fonction des directions (Nord : N, Sud : S, Est : E, Ouest : O et Centre : C)

A l'égard des points cardinaux, les pénétrations sont toujours plus élevées que les œufs (Fig. 45). Le nombre d'œufs déposés par les femelles de *V. livia* est surtout important dans les fruits situés au centre (15 œufs ; moy = $7,4 \pm 4,0$) de l'arbre de grenadier et ceux à exposition est (14 œufs ; moy = $4,6 \pm 3,6$; Tab. 10). Par contre les pénétrations des

larves sont plutôt élevées au nord (24 trous de pénétration ; moy = $9,8 \pm 5,2$) et au centre (22 trous de pénétration ; moy = $13,7 \pm 6,2$; Tab. 10).

Les valeurs du coefficient de variation enregistrées pour le nombre d'œufs sont faibles sur les grenades du côté ouest (CV = 40,5 % ; Tab. 10) et élevées à l'est (CV = 77,3 %). Par contre pour les trous de pénétrations des larves, le minimum est noté à l'ouest (CV = 34,0 %), contre un maximum au nord (CV = 52,8 %).

Tableau 10 – Variation de nombre d'œufs et les pénétrations des larves de *Virachola livia* en fonction des directions

Paramètres	Nord		Sud		Est		Ouest		Centre	
	Nbr w	Nbr p	Nbr w	Nbr p						
Min	1	2	1	3	1	1	2	3	1	4
Max	9	24	10	20	14	17	10	20	15	22
Moy	4,79	9,8	4,5	12,21	4,64	9,67	5,38	11,86	7,42	13,67
SD	2,01	5,17	2,07	4,49	3,59	4,70	2,18	4,04	4,03	6,15
CV%	41,9	52,77	45,92	36,78	77,33	48,59	40,5	34,04	54,38	45,03
nbr f a	22	24	24	27	18	17	22	28	18	22
T a (%)	73,3	80	80	90	60	56,67	73,33	93,33	60	73,33
Test t pour l'égalité des moyennes	0,002143 ***		3,75E-06 ***		0,0092437 **		2,70E-05 ***		0,00753 **	

Nbr w : nombre des œufs ; Nbr p : nombre des trous de pénétration ; Max : maximum ; Min : minimum ; Moy : moyenne ; SD : déviation standard ; Nbr f a : nombre des fruits attaqués ; T a. : taux d'attaque.

Les pourcentages des fruits attaqués par *V. livia*, en fonction des œufs déposés par direction varient entre 60% (côté est) et 80% (côté sud ; Tab. 10). Alors que pour les trous de pénétrations, les pourcentages varient entre 56,7% (côté est) et 93,3% (côté ouest). Par contre pour les trous de sorties des adultes, le sud affiche le nombre le plus élevé (57,1%), par contre l'est dévoile le nombre le plus faible (41,7% ; Fig. 46).

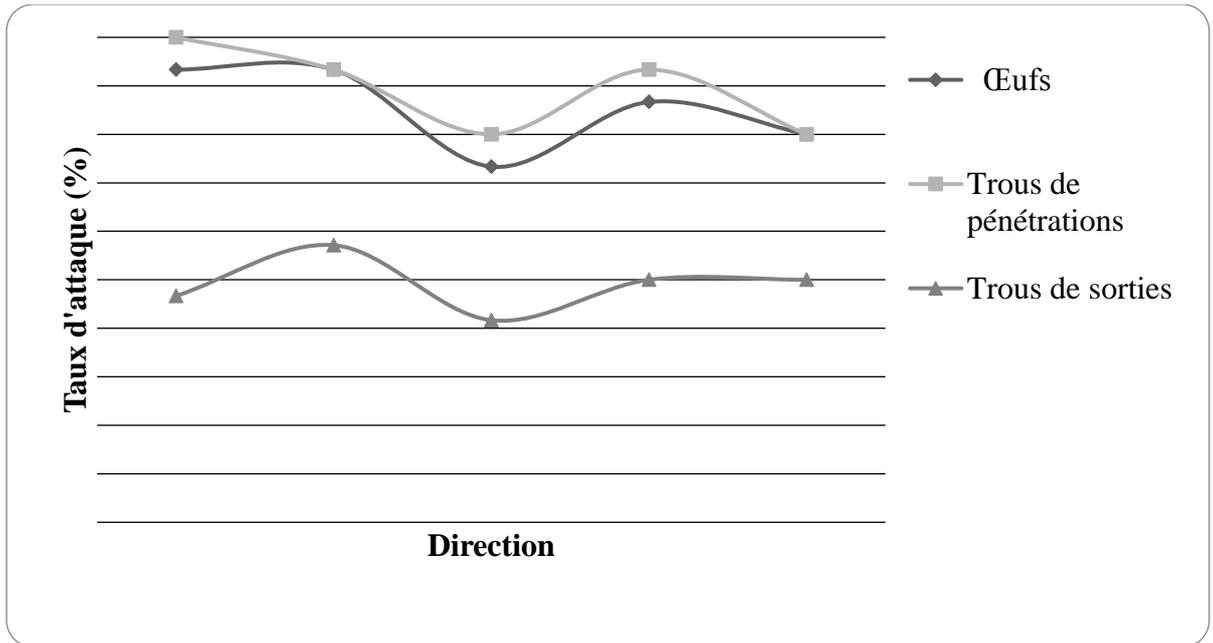


Figure 46 - Taux d'attaque de grenade par *V. livia* selon les expositions et le stade de développement

3.2.1.2- Quelques données sur la bio-écologie de *Virachola livia*

Les résultats de la bio-écologie de *Virachola livia* sont regroupés dans la partie suivante.

3.2.1.2.1 - Etude de cycle biologique de *Virachola livia* au laboratoire

Les résultats d'élevage de *V. livia* au laboratoire sont regroupés dans ce qui va suivre.

3.2.1.2.1.1 - Durée de cycle de *Virachola livia*

La durée des différents stades de *V. livia* est représentée dans la figure ci-dessous.

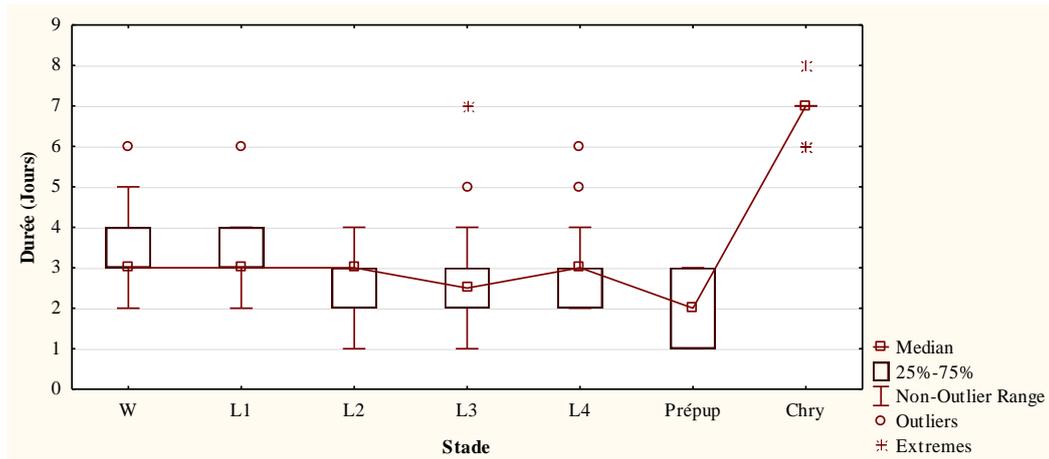


Figure 47 – Durée de différents stades de développement de *Virachola livia* sur grenadier

L'incubation des œufs de ce ravageur peut durer entre 2 et 6 jours (Fig. 47), de même pour les L1, la durée de vie varie entre 2 et 6 jours. Les larves de deuxième stade (Fig. 48) peuvent vivre entre 1 et 4 jours avec une moyenne de $2,8 \pm 0,8$ jours.

Concernant, les larves de troisième stade (Fig. 48), la durée de vie varie entre 1 et 7 jours (Moy = $2,0 \pm 1,4$ jours ; Fig. 47), pour le quatrième stade, les larves vivent entre 2 et 6 jours. La vie des pré-

pupes dure entre 1 et 3 jours, alors que celle de chrysalides varie entre 6 et 8 jours. La durée totale de cycle de *Virachola livia* varie entre 21 et 29 jours avec une moyenne de $24,3 \pm 2,1$ jours (Fig. 47).

L'analyse des données nous a permis de constater que la durée de vie des différents stades de *Virachola livia* présente une différence très hautement significative ($p = 0,000$) entre eux.

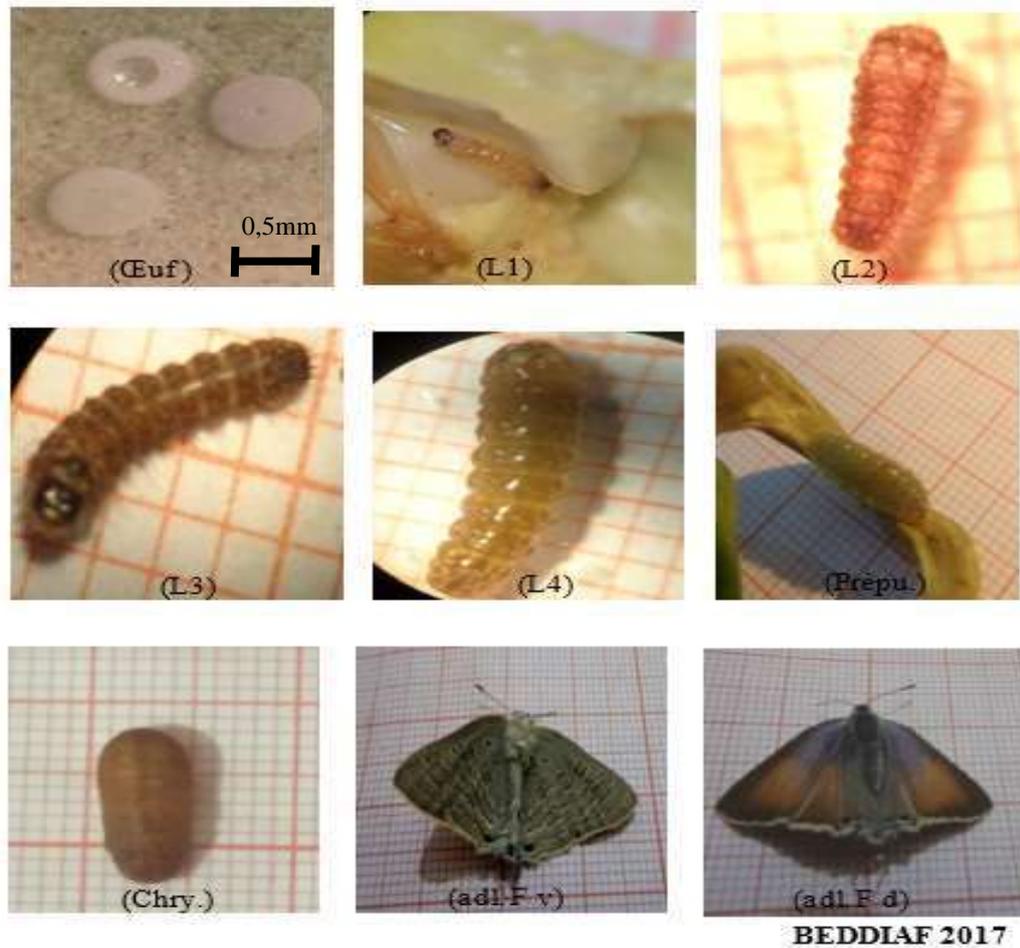


Figure 48– Stades de développement de *Virachola livia*

(Prepu : prépupe ; chry. : chrysalide ; adl. F. v : adulte face ventrale ; adl. F. d : adulte face dorsale)

3.2.1.2.1.2 - Morphométrie

La figure 49 présente les résultats de la morphométrie des larves de *Virachola livia* en fonction des différents stades.

La figure ci-dessus montre que, les L1 ont une longueur qui varie entre 1,2 mm et 1,5 mm, pour celle de deuxième stade, elle varie entre 3 mm et 5 mm. La longueur des L3 varie entre 5 mm et 10,2 mm, alors que les larves du quatrième stade présentent une taille qui varie entre 12 mm et 17 mm et les pré-pupes sont de 12 mm à 15 mm de longueur (Fig 49). D'une manière générale, les tailles des différents stades larvaires de *Virachola livia* présentent une différence très hautement significative ($p = 0.000$).

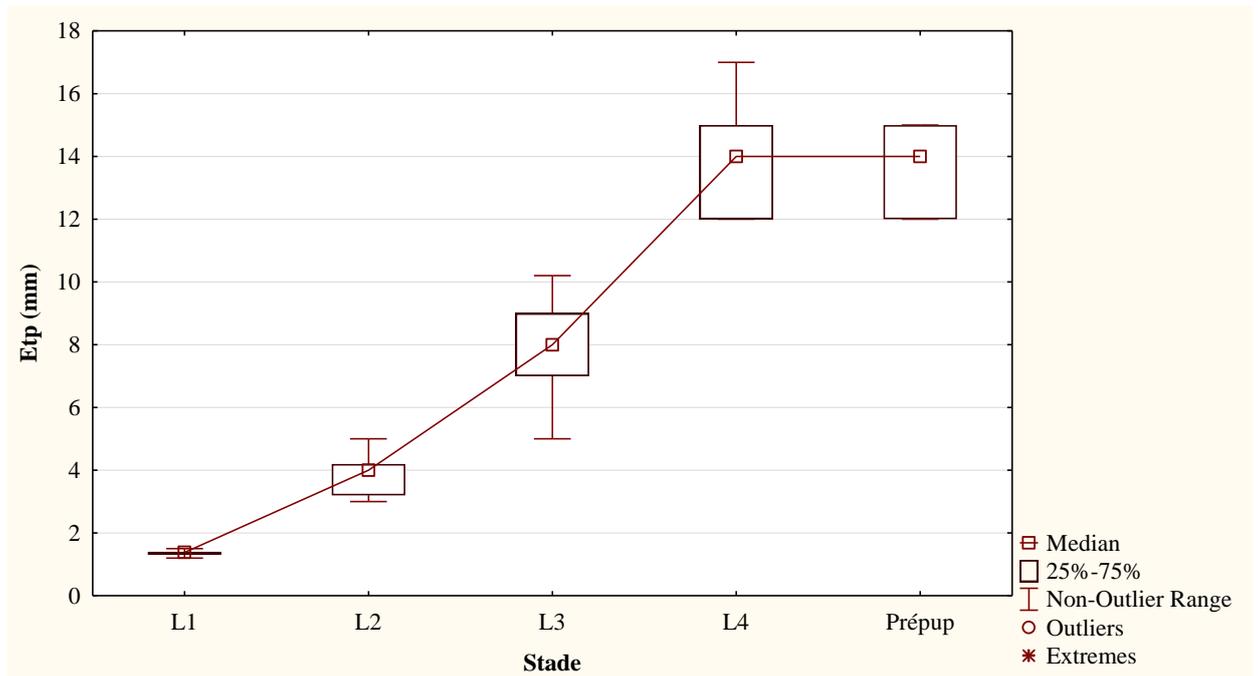


Figure 49 – Morphométrie des larves de différents stades et des pré pupes de *Virachola livia*

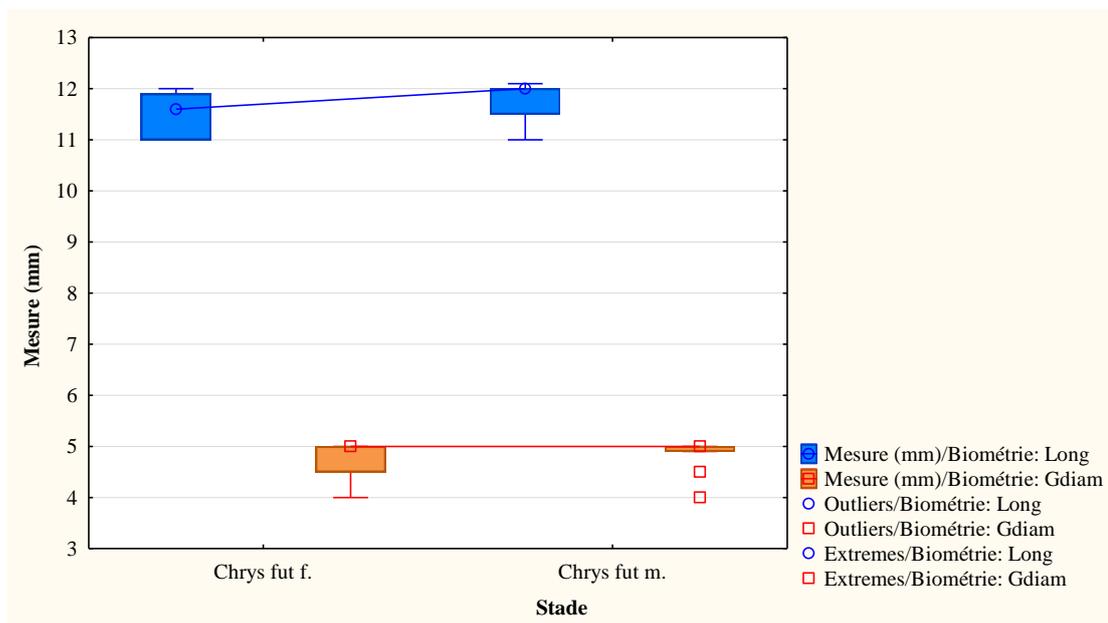


Figure 50 – Morphométrie des chrysalides de *Virachola livia*

Concernant les chrysalides, la figure 50 montre que la longueur varie entre 11 mm et 12,1 mm que ce soit pour les chrysalides futures mâles et les chrysalides futures femelles. Le grand diamètre varie entre 4 mm et 5 mm pour les deux (Fig. 50). Il n’y a aucune différence significative ($p = 0,11$) entre la longueur des chrysalides futures mâles et

futures femelles, de même pour les grands diamètres, avec l'absence de différence significative entre les deux sexes ($p = 0,79$).

Pour ce qu'y est des adultes de *Virachola livia*, la figure 51 révèle que la longueur moyenne des adultes est de $11,7 \pm 0,5$ mm pour les mâles et 12 mm pour les femelles, l'envergure est de $13,8 \pm 0,7$ mm chez les mâles et $13,8 \pm 0,8$ mm pour les femelles adultes (Fig. 52). La longueur des antennes varie entre 7 mm et 7,2 mm pour les mâles et 7 mm pour les femelles (Fig. 51). Les longueurs, les envergures ainsi que les longueurs des antennes présentent une différence très hautement significative entre eux, que ce soit pour les femelles ($p = 0,0008$) et pour les mâles ($p = 0,000$). Globalement, il n'y a aucune différence significative ($p = 0,7532$) entre la taille des mâles et des femelles.

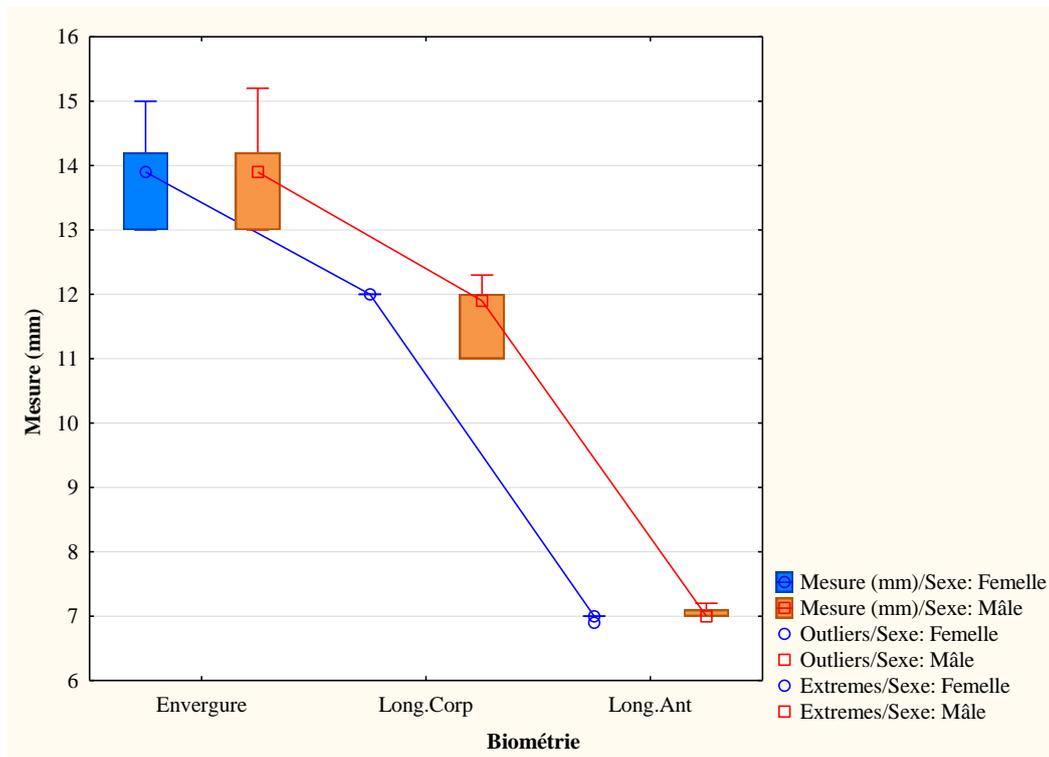
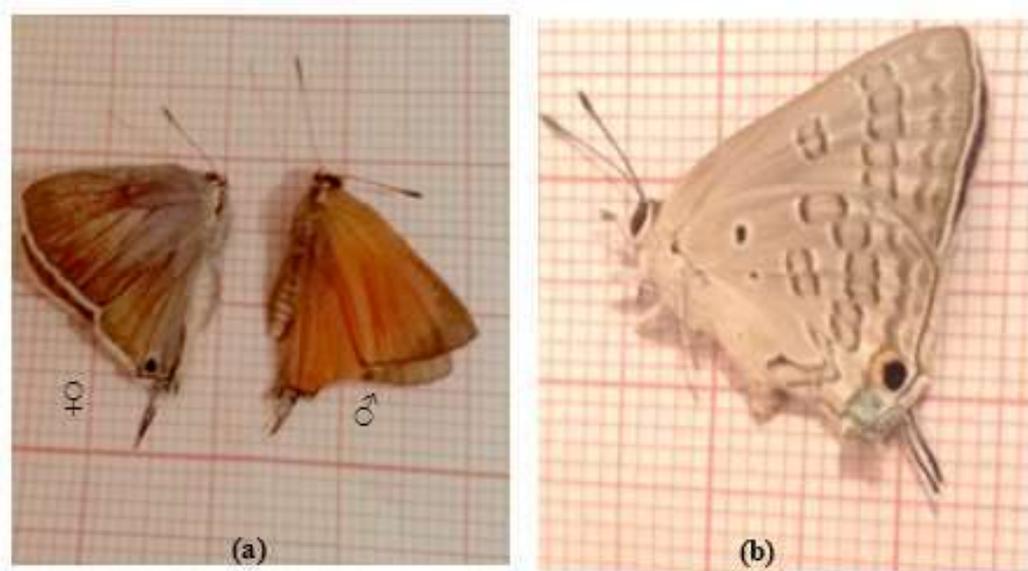


Figure 51 – Morphométrie des adultes de *Virachola livia*



BEDDIAF 2017

Figure. 52 – Adultes de *Virachola livia* (a : face dorsale ; b : face ventrale)

3.2.1.2.1.3 - Longévité des adultes de *Virachola livia*

La figure 53 regroupe les résultats de longévité des mâles et des femelles de *Virachola livia* que ce soit sur le terrain et au laboratoire.

La présente étude montre que les mâles de *V. livia* originaire d'élevage au laboratoire peuvent vivre entre 4 et 10 jour (Fig. 53), alors que les femelles vivent entre 4 et 8 jours. Cependant, les mâles adultes qui sont collectés sur le terrain ne dépassent pas les 11 jours de longévité, alors que les femelles peuvent vivre jusqu'à 16 jours. La longévité des femelles issues du terrain présente une différence très significative ($p = 0,002$) par rapport au celle de laboratoire, alors que la durée de vie des mâles ne présente aucune différence significative ($p = 0,121$).

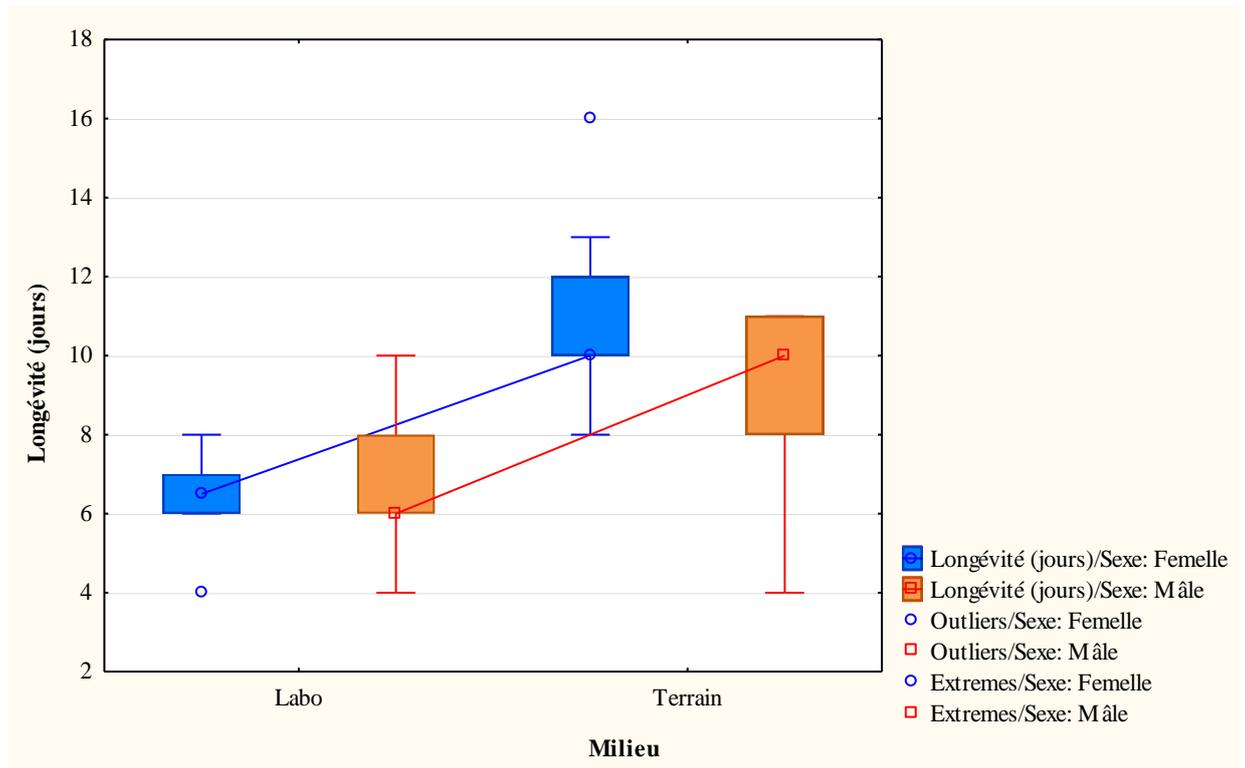


Figure. 53 - Longévité des mâles et des femelles de *Virachola livia* sur le terrain et au laboratoire

3.2.1.2.1.4-Taille de ponte

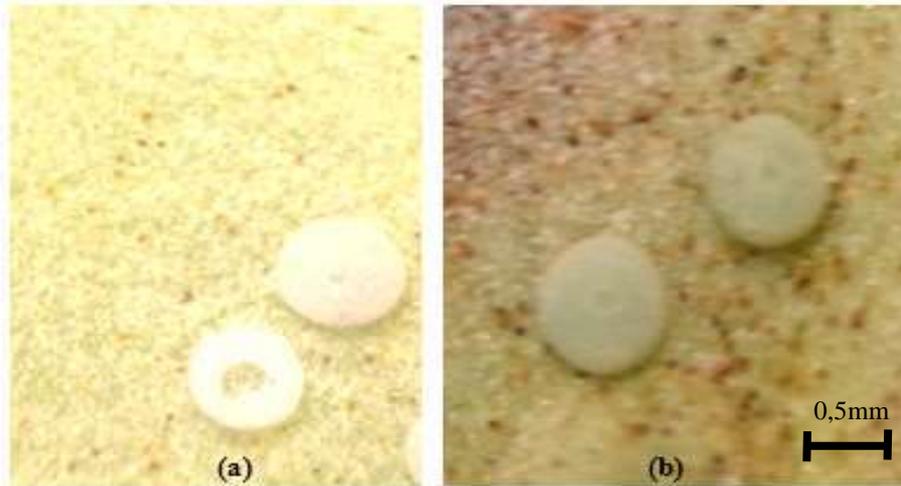
Le tableau 11 enregistre les résultats de la taille de ponte des femelles non fécondées chez *Virachola livia*.

Tableau 11 - Taille de ponte des femelles non fécondées chez *Virachola livia*

	Taille de ponte (œuf)
Min	7
Max	95
Moy	38,44
SD	29,86
CV%	77,68
Test t pour l'égalité des moyennes	0,0048

Min : minimum ; Max : maximum ; Moy : moyenne ; SD : déviation standard.

Les femelles non fécondées peuvent pondre jusqu'à 95 œufs (moy = 38,4 ± 29,9 œufs/femelle ; Tab. 11). Les œufs stériles se caractérisent par une couleur verdâtre, alors que les œufs fertiles ont une couleur blanchâtre (Fig. 54).



BEDDIAF 2017

Figure 54 – Œufs de *Virachola livia* (a : œufs fertiles blanchâtre ; b : œufs stériles verdâtre)

3.2.1.2.1.5 - Taux d'émergence

Le taux d'émergence moyen est égal à 66,7% (Fig. 55). Il est maximal pour les fruits issus de l'ouest (100%) et de centre (100%) de l'arbre, alors qu'il est faible pour ceux à exposition sud (50%).

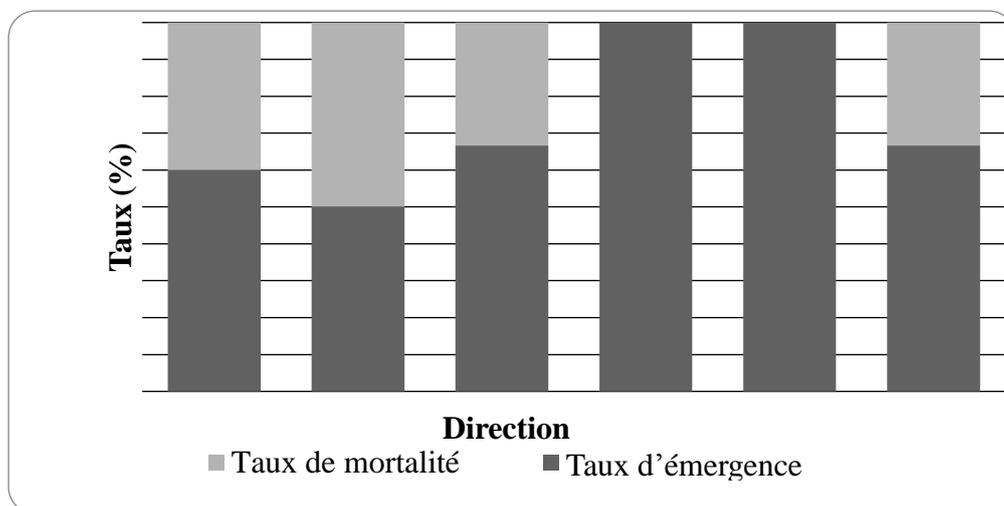


Figure 55 - Taux d'émergence et mortalité des chrysalides de *Virachola livia* selon les directions

Il a été remarqué que l'émergence des chrysalides de *V. livia* se fait aussi bien dans le fruit qu'à l'extérieur dans les couches superficielles du sol. Le taux des chrysalides émergées à l'extérieur de fruit est de 63,6% (Fig. 56), alors que celles qui émergent à l'intérieur est de 36,4%. L'émergence des chrysalides de nord se déroule le plus souvent dans le fruit (60%), alors que l'ouest caractérise celles qui préfèrent émerger à l'extérieur des fruits (83,3%).

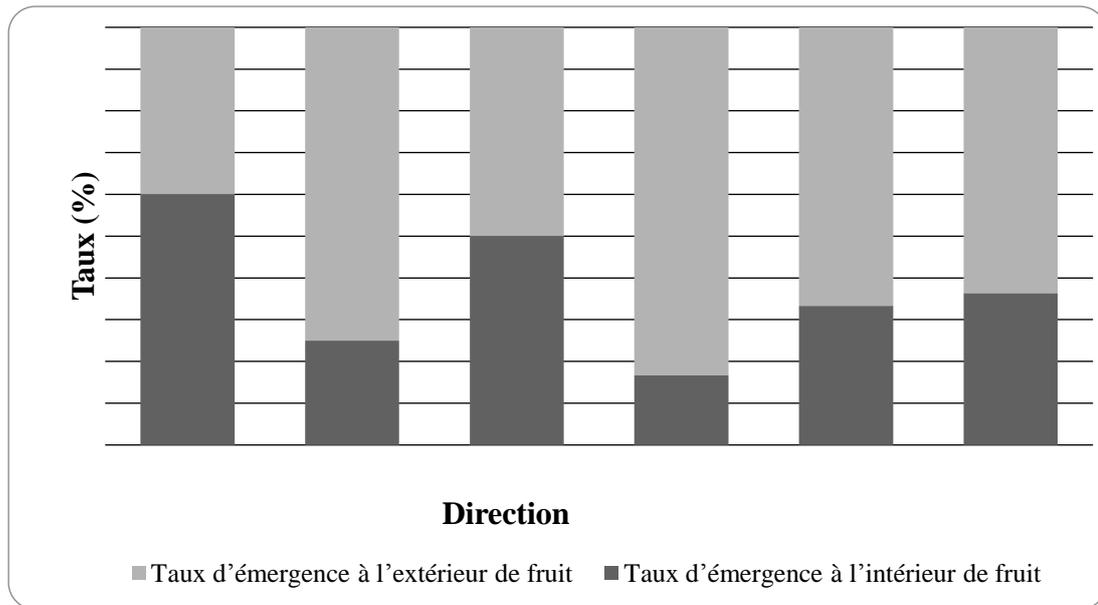


Figure 56 - Taux d'émergence des chrysalides de *V. livia* à l'intérieur et à l'extérieur de fruits

3.2.1.2.1.6 - Sex-ratio

Le Sex-ratio des chrysalides émergées est mentionné dans la figure 57. D'une manière globale, les chrysalides émergées donnent surtout des femelles (71,4%), avec une minorité pour les mâles (28,6% ; Fig. 57).

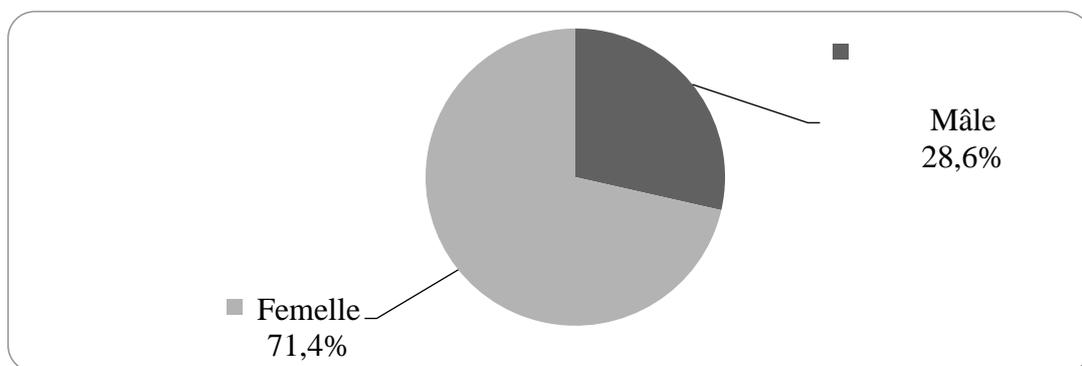


Figure 57 – Sex-ratio chez *Virachola livia*

3.2.2- Dégâts et bio-écologie de *Virachola livia* sur *Acacia raddiana* et *Acacia nilotica*

Les dégâts causés par *Virachola livia* sur *Acacia raddiana* et *Acacia nilotica*, ainsi que l'étude de quelques paramètres biologiques sont représentés dans la partie suivante.

3.2.2.1- Estimation des dégâts de *Virachola livia* sur *Acacia raddiana* et *A. nilotica*

Les dégâts causés par *V. livia* sur les deux espèces d'acacia sont estimés par le nombre des œufs et le nombre de trous de pénétration de larves par gousse, qui sont enregistrés dans la figure 58 et le tableau 12.

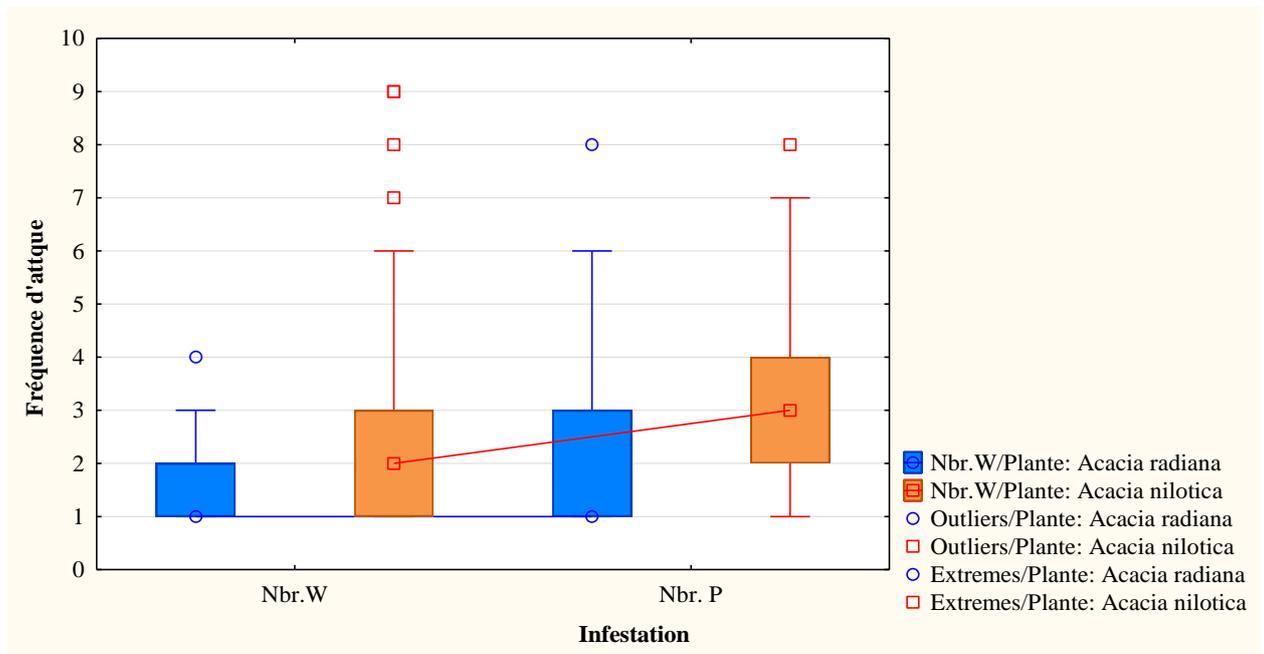


Figure 58 - Comparaison entre le nombre des œufs (Nbr.w) et les pénétrations (Nbr.p) des larves sur *Acacia raddiana* et *Acacia nilotica*

La figure 58 note que le nombre des œufs de *V. livia* varie entre 1 et 4 œufs/gousse pour *Acacia raddiana* et entre 1 et 9 œufs/gousse pour *Acacia nilotica*. Alors que le nombre des trous de pénétration des larves varie entre 1 et 8 pénétrations/gousse chez les deux espèces. L'analyse des données nous a permis de détecter une différence significative entre le nombre des œufs et le nombre de pénétration de *Virachola livia*

sur *Acacia raddiana* ($p = 0,036$) et une très haute signification entre ces deux paramètres chez *Acacia nilotica* ($p = 0,0009$).

En général, il y a une très haute différence significative ($p = 0,0004$) entre le nombre des œufs et le nombre des pénétrations des larves chez les deux espèces d'*Acacia*.

Tableau 12 – Variation de nombre d’œufs et les pénétrations des larves de *Virachola livia* sur *Acacia raddiana* et *Acacia nilotica*

		<i>Acacia raddiana</i>		<i>Acacia nilotica</i>	
		Nbr.w	Nbr. p	Nbr.w	Nbr. p
Djanet	Min	1	1	1	1
	Max	3	4	9	8
	Moy	1,74	1,87	2,91	3,78
	SD	0,87	0,97	2	1,74
	CV%	50,20	51,77	68,84	46,04
	Nombre total des fruits	31	31	70	70
	Nombre fruit attaqué	19	23	55	64
	Taux d’attaque (%)	61,29	74,19	78,57	91,43
	Test t pour l’égalité des moyennes	< 0,0001	< 0,0001	0,0062	0,0036
	Ihrir	Min	1	1	1
Max		3	8	6	7
Moy		1,72	2,64	1,69	2,05
SD		0,75	1,68	1,44	1,40
CV%		43,66	63,63	84,90	68,27
Nombre total des fruits		25	25	30	30
Nombre fruit attaqué		18	22	13	22
Taux d’attaque (%)		72	88	43,33	73,33
Test t pour l’égalité des moyennes		< 0,0001	0,0002	0,0009	0,0009
Bordj Elhaouas		Min	1	1	1
	Max	4	6	5	5
	Moy	1,45	2,67	1,77	2,97
	SD	0,86	1,59	1,19	1,24
	CV%	58,98	59,46	67,60	41,66
	Nombre total des fruits	59	59	40	40
	Nombre fruit attaqué	22	36	30	33
	Taux d’attaque (%)	37,29	61,02	75	82,5
	Test t pour l’égalité des moyennes	0,0002	< 0,0001	0,0009	0,0015
	Esséndilène	Min	1	1	1
Max		2	3	3	4
Moy		1,18	1,12	1,50	1,83
SD		0,40	0,43	0,84	1,03
CV%		34,23	38,68	55,78	56,17
Nombre fruit attaqué		11	26	6	12

	Taux d'attaque (%)	14,67	34,67	40	80
	Test t pour l'égalité des moyennes	< 0,0001	< 0,0001	0,0071	0,0117
Assassou	Min	1	1		
	Max	1	2		
	Moy	1	1,04		
	SD	0	0,20		
	CV%	0	19,23		
	Nombre total des fruits	75	75		
	Nombre fruit attaqué	2	25		
	Taux d'attaque (%)	2,67	33,33		
	Test t pour l'égalité des moyennes	-	< 0,0001		

Nbr w : nombre des œufs ; Nbr p : nombre des trous de pénétration ; Min. : minimum ; Max. : maximum ; Moy : moyenne ; SD : déviation standard ; CV : coefficient de variation ; *** : niveau de signification qui est très hautement significative.

Les fruits d'*Acacia nilotica* comptent près de 78,6% d'œufs de *Virachola livia* dans la région de Djanet et 91,4% de trous de pénétrations de larves (Tab. 12). De même, pour la station de Bordj-Elhaouas, *A. nilotica* est plus touchée avec un taux de 75% des gousses contenant des œufs et 82,5% des gousses qui présentent des trous de pénétrations des larves de ce ravageur. Pour la station Esséndilene, *Virachola livia* s'attaque très souvent *A. nilotica*, avec 40% d'attaque selon le nombre d'œufs et 80% selon le nombre de trous de pénétrations des larves. Par ailleurs, dans la station Ihrir, *Acacia raddiana* est très ciblée par *Virachola livia* avec un taux de 72% pour le nombre d'œufs déposés sur les gousses et 88% pour le nombre de trous de pénétrations (Tab. 12). Le plus bas taux d'attaque d'*Acacia raddiana* par *Virachola liva* est enregistré à Assassou avec 2,7% pour le nombre d'œufs et 33,3% pour les pénétrations des larves (Tab. 12).

Généralement, *Acacia nilotica* est très plus attaquée par *Virachola livia*. L'analyse des données montre que la fréquence d'attaques présente une différence très hautement significative ($p = 0.0000$) entre les deux espèces d'*Acacia*.

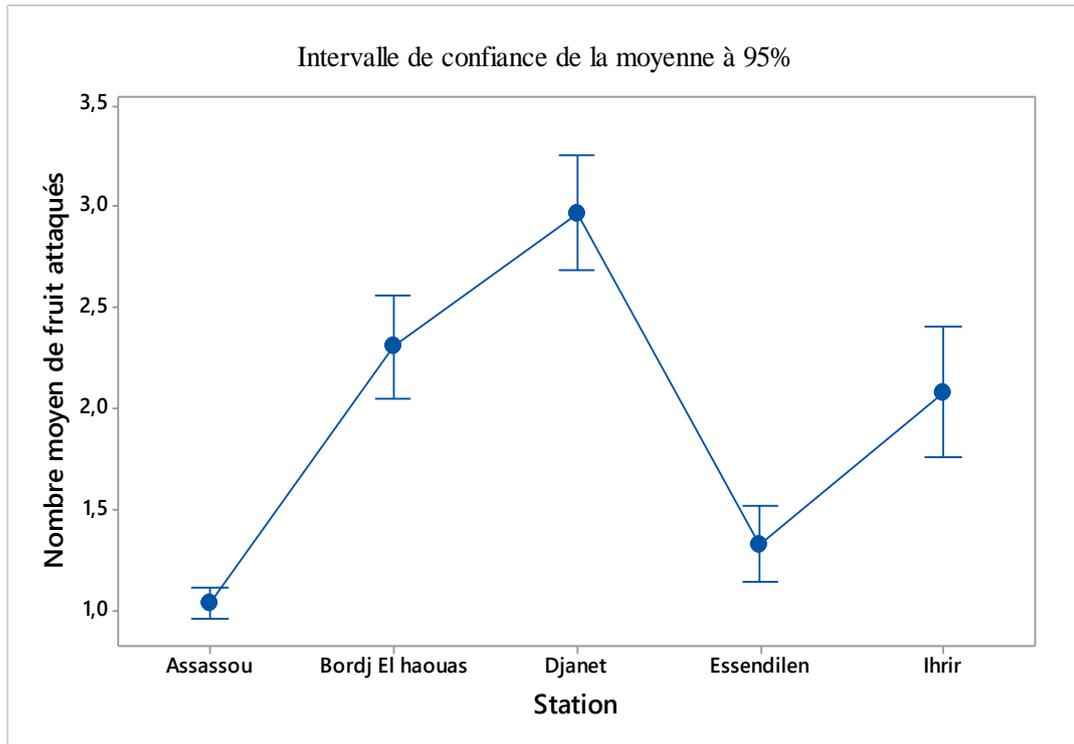


Figure 59 – Nombre moyen de fruits attaqués en fonction des stations d'étude

En fonction des stations, Djanet est la plus attaquée pour les deux espèces avec une moyenne de 3 gousses/arbre (Fig. 59), suivie de près par la station de Bordj Elhaouas avec 2,4 gousses/arbre, en troisième lieu on trouve la station d'Ihrir avec une moyenne des fruits attaqués de 2 gousses/arbre, alors que les stations d'Esséndilene et Assassou présentent les plus faibles moyennes des fruits attaquées avec 1,5 et 1 gousse/arbre respectivement.

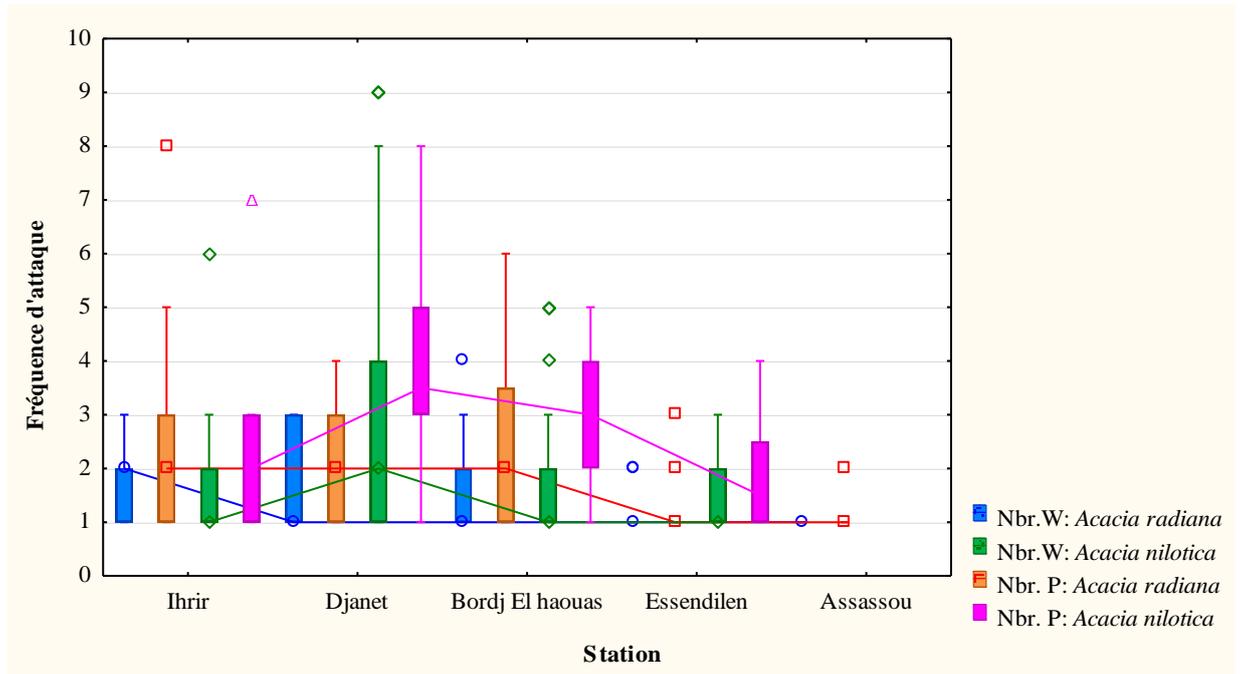


Figure 60 – Variation de nombre des œufs et le nombre des pénétrations des larves de *Virachola livia* en fonction de plantes hôtes et de stations d'étude

Les variations de nombre d'œufs et le nombre de pénétrations des larves, en fonction de plantes hôtes et des stations d'étude sont affichées la figure 60. Cette dernière montre qu'en terme d'œufs, la station de Djanet est la plus infestée avec une fréquence d'attaque qui varie entre 1 et 3 œufs/gousse chez *Acacia raddiana* et 1 et 9 œufs/gousse chez *A. nilotica*, alors que pour les pénétrations de larves de *Virachola livia*, cette même station (Djanet) enregistre une fréquence d'attaque qui varie entre 1 et 4 pénétrations/gousse pour *Acacia raddiana* et 1 et 8 pénétrations/gousse pour *A. nilotica*.

La station de Bordj El haouas vient en deuxième lieu avec une fréquence d'attaque des œufs variée entre 1 et 4 œufs/gousse pour *Acacia raddiana* et entre 1 et 5 œufs/gousse chez *A. nilotica*, cependant, le nombre de pénétrations varie entre 1 et 6 pénétrations/gousse pour *A. raddiana* et 1 et 5 pénétrations/gousse pour *A. nilotica*. La station d'Ihrir vient en troisième position avec une fréquence des œufs qui varie entre 1 et 3 œufs/gousse pour *A. raddiana* et 1 et 6 œufs/gousse chez *A. nilotica*, alors que le nombre des pénétrations des larves varie entre 1 et 8 pénétrations/gousse pour *A. raddiana* et 1 et 7 pénétrations/gousse pour *A. nilotica* (Fig. 60).

L'analyse statistique des données montre qu'il n'y a aucune différence ($p = 0,23$) entre les nombres des œufs dans les différentes stations pour *Acacia raddiana*, contrairement à *A. nilotica* qui présente une différence très significative ($p = 0,006$). Cependant, le nombre de pénétrations des larves de *Virachola livia* a une différence très hautement significative chez les deux espèces de plantes ($p = 0,000$).

3.2.2.2- Comparaison entre le taux d'attaque d'*Acacia raddiana*, *Acacia nilotica* et *Punica granatum* par *Virachola livia*

La comparaison des attaques de *Virachola livia* sur trois espèces (*Acacia raddiana*, *A. nilotica* et *Punica granatum*) est représentée dans ce qui va suivre (Fig. 61).

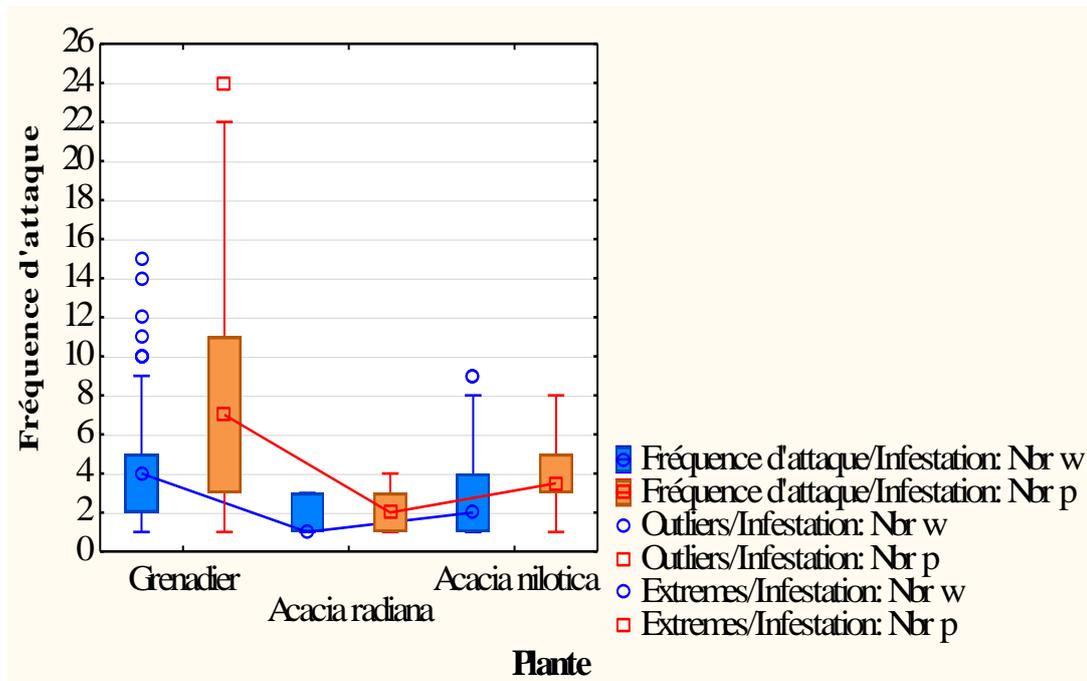


Figure 61 – Comparaison entre les fréquences d'attaques de *Punica granatum*, *Acacia raddiana* et *Acacia nilotica* par *Virachola livia*

La comparaison entre les fréquences d'attaques dans la région de Djanet montre que le grenadier est le plus attaqué avec des fréquences qui varient entre 1 et 15 œufs/fruit (Fig. 61) pour les œufs et entre 1 et 24 pénétrations/fruits pour les pénétrations des larves. *Acacia nilotica* vient en deuxième position avec une variation qui s'étale entre 1 et 9 œufs/fruit pour les œufs pondus sur les fruits et presque la même chose (1 et 8

pénétrations/fruit) concernant les pénétrations des larves de *Virachola livia*. En troisième position se place *Acacia raddiana* avec une fréquence des œufs qui varie entre 1 et 3 œufs/fruits et une fréquence d'attaque qui varie entre 1 et 4 pénétrations/fruits pour les pénétrations des larves. De ce fait on peut dire que le grenadier (*Punica granatum*) est l'hôte principal de *Virachola livia*, d'où son nom papillon de grenadier. Les attaques de ce dernier ravageur (Fig.62 : Annexe 1) présentent une variation très hautement significative entre les trois plantes hôtes que ce soit pour la ponte des œufs ($p = 0,000$) que pour la pénétration des larves ($p = 0,000$).

3.2.2.3- Quelques données sur la bio-écologie de *Virachola livia* sur *Acacia nilotica*

Cette partie regroupe les résultats de quelques données sur la bio-écologie de *V. livia* sur *A. nilotica*.

3.2.2.3.1- Morphométrie de chrysalides de *Virachola livia* retrouvées sur *Acacia nilotica*

Les valeurs concernant la morphométrie des chrysalides de *Virachola livia* collectées sur *Acacia nilotica* sont représentées dans le tableau 13.

Tableau 13 – Morphométrie des chrysalides de *Virachola livia* notées sur *Acacia nilotica*

		Longueur (mm)	Grand diamètre (mm)
Chrysalide future mâle	Min	8,6	3
	Max	11,9	4
	Moy	10,42	3,64
	SD	1,31	0,50
Chrysalide future femelle	Min	10	4
	Max	14	5
	Moy	11,79	4,44
	SD	1,23	0,49

Min. : minimum ; Max. : maximum ; Moy : moyenne ; SD : déviation standard.

Les chrysalides futures femelles sont plus grandes que les futurs mâles, elles ont une longueur qui varie entre 10 mm et 14 mm et un grand diamètre moyen de 4,44 mm (Tab. 13). Alors que la longueur des chrysalides futures mâles varie entre 8,6 mm et 11,9 mm avec un grand diamètre qui varie entre 3 mm et 4 mm.

3.2.2.3.2- Durée de pupaison des chrysalides des *Virachola livia* retrouvées sur *Acacia raddiana* et *Acacia nilotica*

Dans cette partie les résultats portant sur la durée de pupaison des chrysalides de *Virachola livia* sur *Acacia raddiana* et *Acacia nilotica* sont représentés (Tab. 14).

Tableau 14 – Durée de pupaison des chrysalides des *Virachola livia* retrouvées dans les gousses d’*Acacia raddiana* et *Acacia nilotica*

	Durée de pupaison (Jour)	
	<i>Acacia raddiana</i>	<i>Acacia nilotica</i>
Min	17	6
Max	33	23
Moy	24	9,25
SD	8,19	5,70

Min. : minimum ; Max. : maximum ; Moy : moyenne ; SD : déviation standard.

D’après le tableau 14, la durée de pupaison des chrysalides issues des fruits d’*Acacia raddiana* (moy= 24±8,2 jours) est plus longue que celles retrouvés dans les gousses d’*Acacia nilotica* (moy= 9,2±5,7 jours).

3.2.2.4- Périodes d’infestation de *Virachola livia* sur les différentes plantes hôtes dans la région de Djanet

La succession des périodes d’infestation de *Virachola livia* sur les différentes plantes hôtes dans la région de Djanet est enregistrée dans le tableau 15.

Tableau 15 - Succession des périodes d’infestation de *Virachola livia* sur les différentes plantes hôtes dans la région de Djanet

Mois	Jan	Fev	Mar	A	Ma	Jui	Juil	Ao	Sep	Oct	No	Dec	
<i>Punica granatum</i>	←→		↔	←→					←→			←→	
<i>Acacia raddiana</i>	←→				←→	←→			↔	←→			
<i>Acacia nilotica</i>	←→					←→	←→				↔	←→	

←→ : Stade Végétatif ; ↔ : Stade Floraison ; ←→ : Stade Fructification

Selon les résultats affichés dans le tableau 15, on constate que *Virachola livia* est présente dans le milieu saharien durant toute l’année. Son maintien est assuré en alternance grâce à trois plantes, à savoir *Acacia raddiana*, *A. nilotica* et *Punica granatum*.

3.3.- Résultats sur les dégâts et la bio-écologie de la coccinelle du melon

Dans cette partie on a opté pour présenter les résultats des dégâts causés par *Epilachna chrysomelina* sur différentes espèces des cucurbitaceae, ainsi que l'étude de son cycle biologique.

3.3.1 –Dégâts d'*Epilachna chrysomelina* sur cucurbutaceae

Les résultats de dégâts causés par *Epilachna chrysomelina* sur quelques espèces des cucurbutaceae (pastèque, melon, melon serpent et courgettes) sont représentés dans la partie suivante.

3.3.1.1 – Densité d'infestation

Dans le tableau 16 sont mis les résultats portant sur les estimations des densités d'infestation d'*Epilachna chrysomelina* dans la région de Djanet.

Tableau 16 – Estimations des densités d'infestation d'*Epilachna chrysomelina* sur la courgette dans la région Djanet

	H (cm)	R (cm)	N°des F	Su.des f (cm ²)	N°w	N°des L	N°A
Min	10	15	7	34	5	1	1
Max	85	50	23	230,25	28	33	2
Moy	36,17	31,83	13,83	107,5	19,94	6,48	1,09
SD	26,39	11,18	5,56	67,03	7,63	8,79	0,30

H: Hauteur de la plantes ; R: Rayon de la plante ; N° des f: Nombre de feuilles de plant ; N°w: Nombre des œufs par feuille; N°des L: Nombre des larves ; N° A : nombre des adultes; SD : déviation standard.

Le tableau 16 montre que la moyenne de hauteur des plants de courgette est égale à $36,2 \pm 26,4$ cm. Pour le rayon, il est de $31,8 \pm 11,2$ cm. Les plants présentent un nombre moyen de feuilles égal à $13,8 \pm 5,6$ feuille/plant. La superficie moyenne des feuilles est de $107,5 \pm 67,0$ cm². Le nombre moyen d'œufs sur chaque feuille est de $19,9 \pm 7,6$ œufs/feuille. Le nombre moyen des larves par feuille est de $6,5 \pm 8,8$ larves / feuilles. Par contre le nombre des coccinelles adultes par feuille est égal à $1,1 \pm 0,3$ (Tab. 16).

3.3.1.2 – Taux d'attaque

Cette partie est consacrée aux résultats de taux d'attaque des quelques espèces des cucurbutaceae (melon, melon serpent et pastèque) par *Epilachna chrysomelina*.

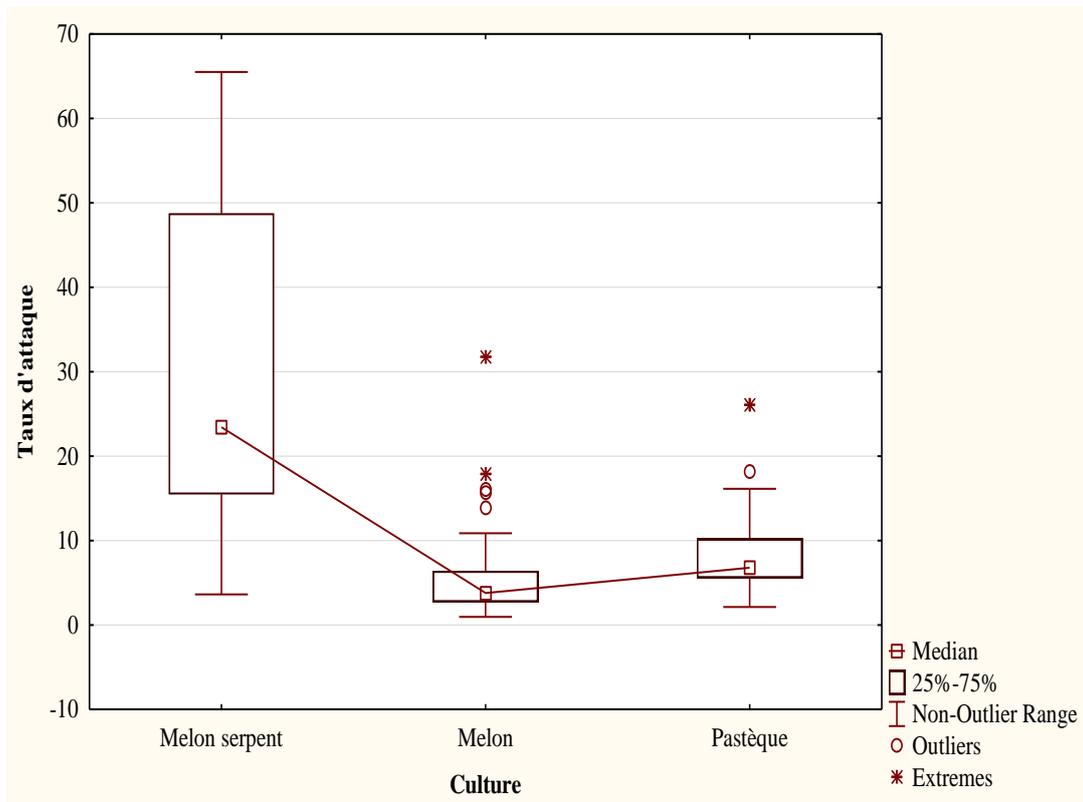


Figure 63 – Taux d'attaque de quelques espèces de cucurbitaceae par *Epilachna Chrysomelina*

D'après la figure 63, le melon serpent (Fig.64, Annexe 1) est le plus attaqué par *Epilachna chrysomelina* avec un taux d'attaque moyen de 31,8%, suivi par la pastèque avec un taux d'attaque de 8,6%, alors que le melon est le moins attaqué avec un taux de 6,7%. Le taux d'attaque a une variation très hautement significative entre les différentes cultures ($p = 0,000$).

3.3.1.3 – Taux de consommation

Les résultats des taux de consommation journalière des différents stades de développements d'*Epilachna chrysomelina* en fonction des espèces de cucurbitaceae (melon, pastèque, et courgette) sont signalés dans le tableau 17.

Tableau 17 – Taux de consommation des différents stades de développement d'*Epilachna chrysomelina* sur quelques espèces de cucurbitaceae

	Superficie (mm ²)						
	L1	L2	L3	L4	Ad. m	Ad. f	
Courgette	Min	3,17	31,67	59,33	218,33	60	181
	Max	9,75	33	179,33	416,67	334,67	296,67
	Moy	7,31	32,33	130,22	345	225,33	246,22
	SD	3,60	0,94	62,89	110,01	145,64	59,23
	Total	21,92	64,67	390,67	1035	676,00	738,67
Melon	Min	4,33	41,33	116,33	325	262,50	270,33
	Max	11,00	43,33	250	658,33	491,67	585,00
	Moy	7,50	42,33	164,89	505,56	345,83	455,11
	SD	2,94	1,41	73,95	168,39	126,72	164,36
	Total	30	84,67	494,67	1516,67	1037,50	1365,33
Pastèque	Min	5,17	10	50	158,33	43,33	48,33
	Max	30	79	159,67	312,5	151,00	216,67
	Moy	16,17	44	113,56	245,83	101,44	155,67
	SD	10,80	34,51	56,88	79,17	54,34	93,24
	Total	64,67	132,00	340,67	737,5	304,33	467,00

Min. : minimum ; Max. : maximum ; Moy : moyenne ; SD : déviation standard.

Le tableau 17 montre que la L4 est la plus gourmande avec une moyenne de consommation journalière de $505,6 \pm 168,4$ mm²/jour pour le melon, $345 \pm 110,0$ mm²/jour pour la courgette et $245,8 \pm 79,2$ mm²/jour pour la pastèque. Concernant les adultes, les femelles ingèrent plus que les mâles chez les trois espèces avec une moyenne de $455,1 \pm 164,4$ mm²/jour pour le melon, $246,2 \pm 59,2$ mm²/jour pour la courgette et $155,7 \pm 93,3$ mm²/jour pour la pastèque (Tab. 17).

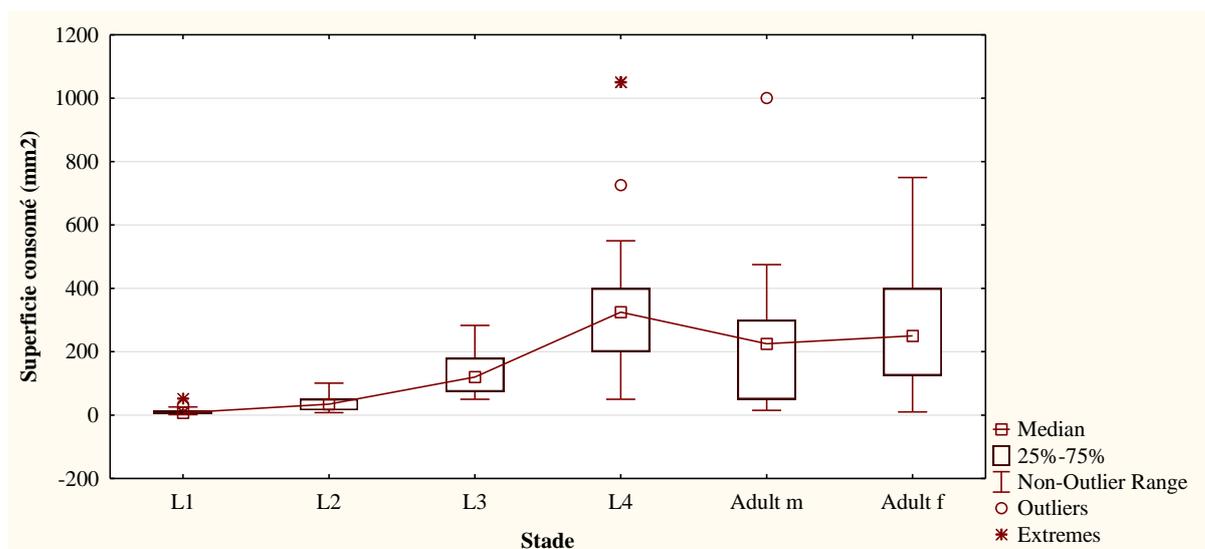


Figure 65 - Taux de consommation des différents stades de développement d'*Epilachna chrysomelina*

On peut dire que plus la larve d'*Epilachna chrysomelina* se développe, plus ces besoins alimentaires augmentent (Fig. 65). L'analyse des données montre qu'il y a une très haute signification entre la consommation journalière des différents stades de développements chez cette espèce ($p = 0,000$).

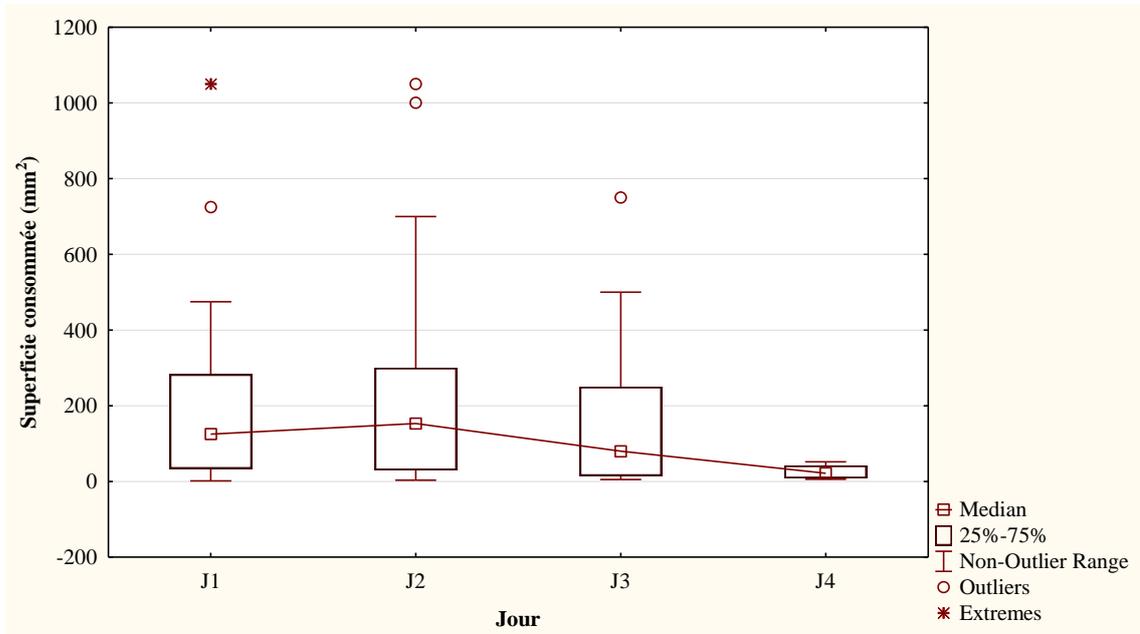


Figure 66 – Consommation journalière des différents stades larvaires d'*Epilachna chrysomelina*

La figure 66 présente la variation des superficies consommées durant chaque stade de développement, on peut constater que la consommation est importante durant les deux premiers jours et elle diminuée durant les deux derniers jours pour se préparer à la mue (Fig. 66). D'une manière générale la consommation journalière ne présente aucune différence significative ($p=0,185$) pour tous les stades de développement.

3.3.1.4 – Préférence alimentaire des différent stades de développement

Les résultats de la préférence alimentaire des différents stades de développement d'*Epilachna chrysomelina* sont figurés dans le tableau 18.

Selon le tableau 18, la pastèque est la moins préférée pour les L1 avec une moyenne de consommation de $1,2 \pm 1,2$ mm²/jour, de même pour les L2 ($3 \pm 3,4$ mm²/jour), pour les L3 ($6,9 \pm 8,7$ mm²/jour) et pour les L4 ($37 \pm 63,2 \pm 1,2$ mm²/jour). Alors que la courgette est la plus sollicitée par les L1 (moy= $8,8 \pm 17,03$ mm²/jour) et les L2 (moy= $40,3 \pm 25,6$ mm²/jour).

Tableau 18 – Superficie de feuilles de quelques cucurbitaceae consommées par différents stades larvaires d'*Epilachna chrysomelina*

		Superficie consommées (mm ²)		
		Pastèque	Melon	Courgette
L1	Min	0,33	1	0,17
	max	2,67	5,5	34,33
	moy	1,17	1,625	8,79
	SD	1,23	2,63	17,03
	Total	4,67	6,5	35,17
L2	Min	2,33	0,67	19
	max	6,67	0,67	68,67
	moy	3	0,22	40,33
	SD	3,38	0,38	25,56
	Total	9	0,67	121
L3	Min	4	25	18,33
	max	16,67	57,67	35
	moy	6,89	38,89	17,78
	SD	8,70	16,87	17,51
	Total	20,67	116,67	53,33
L4	Min	1	86,67	75
	max	110	235	126,67
	moy	37	143,33	103,33
	SD	63,22	80,12	26,19
	Total	111	430	310

Min. : minimum ; Max. : maximum ; Moy : moyenne ; SD : déviation standard.

Par contre les L3 (moy= 17,8±17,5 mm²/jour) et les L4 (moy= 103,3±26,2 mm²/jour) préfèrent plutôt le melon (Tab. 18). L'analyse des données montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les stades larvaires d'*Epilachna chrysomelina* pour la pastèque (p= 0,150), alors que pour la culture de melon la consommation des différents stades présente une variation significative (p = 0,035).

3.3.2. – Bio-écologie d'*Epilachna chrysomelina*

La partie suivante est consacrée aux résultats des données portant sur la bio-écologie d'*Epilachna chrysomelina*.

3.3.2.1 – Durée d'accouplement, d'incubation et nombre d'œufs par ponte

Dans le tableau 19 sont regroupés les résultats de la durée d'accouplement et le nombre des œufs par ponte, dans des conditions contrôlées.

Tableau 19 – Durée d'accouplement et nombre des œufs par ponte chez *Epilachna chrysomelina* au laboratoire

	Durée d'accouplement (minute)	Nombre d'œufs
Min	45	6
Max	330	40
Moy	124,91	18,27
SD	79,96	11,85

Min. : minimum ; Max. : maximum ; Moy : moyenne; SD : déviation standard.

La durée moyenne de l'accouplement chez *Epilachna chrysomelina* au laboratoire est égale à $124,9 \pm 80,0$ minutes (Tab. 19). Alors que la taille de ponte est de $18,3 \pm 11,9$ œufs/femelle.

3.3.2.2 – Durée de cycle

Dans la figure 67 sont mentionnées les durées de vie de chaque stade larvaire d'*Epilachna chrysomelina* dans les conditions de laboratoire.

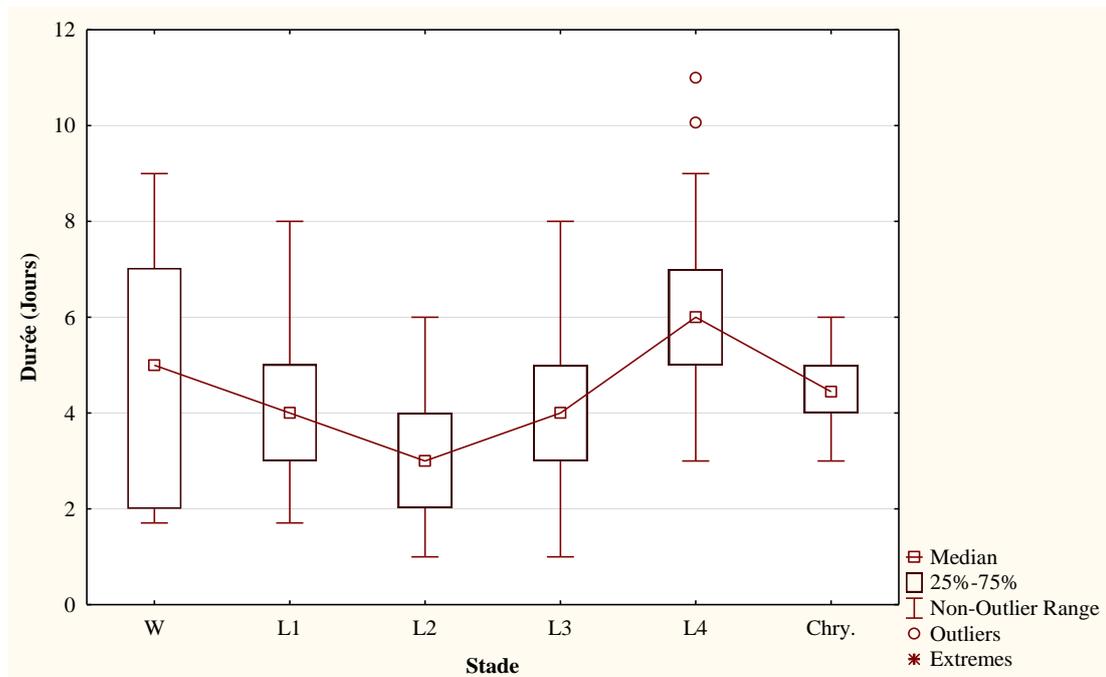
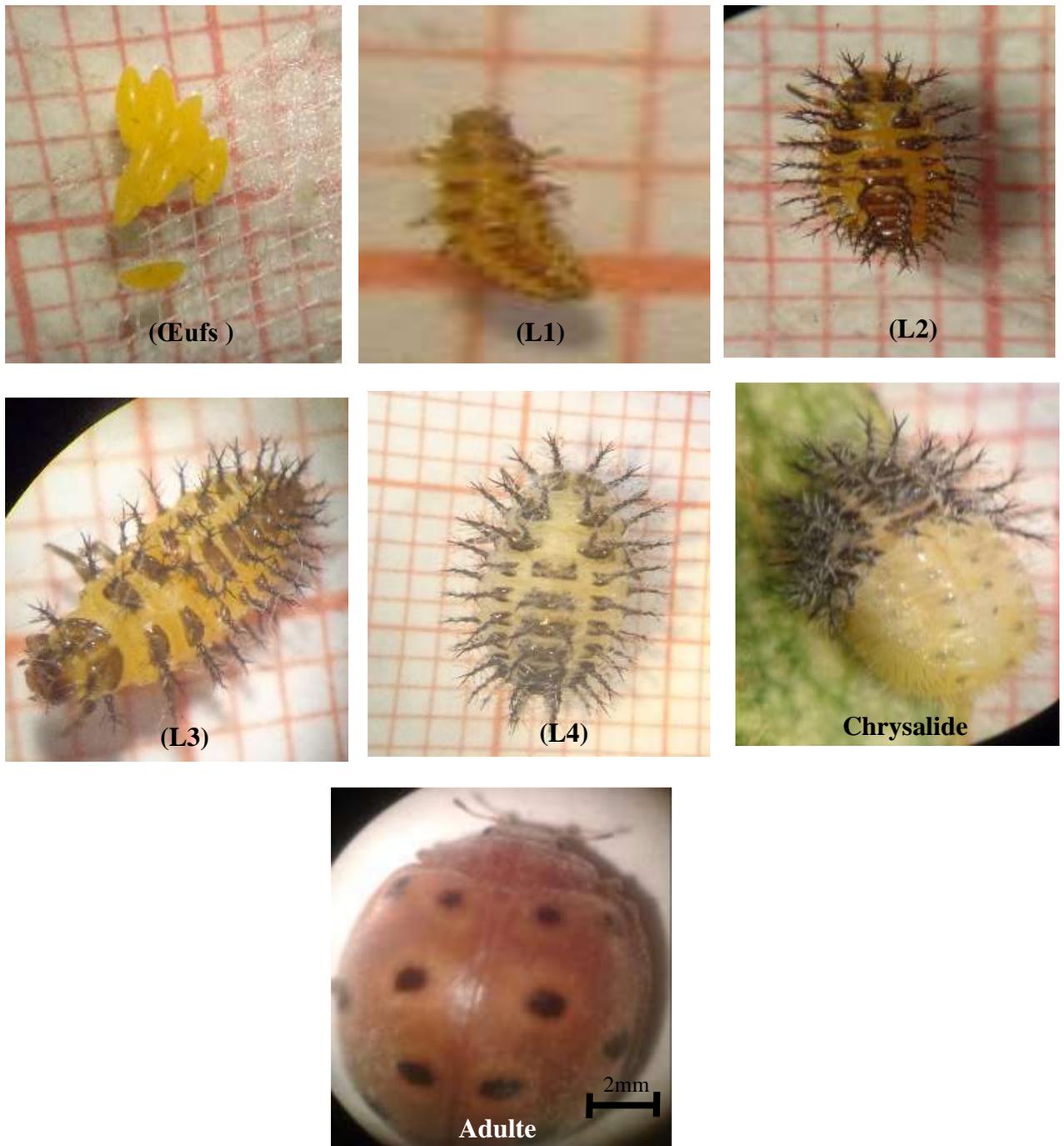


Figure 67 – Durée de vie de différents stades de développement d'*Epilachna chrysomelina*

La coccinelle de melon est un insecte holométabole. Ces œufs sont généralement de couleur jaune pâle, dont l'incubation peut durer entre 2 et 9 jours (Fig. 67, 68). Ils sont de forme ovale généralement pondue sur la face inférieure de la feuille sous forme de grappe (Fig. 68).

La moyenne de la durée de vie pour les L1 est de $3,6 \pm 1,4$ jours, alors que les L2 vivent $2,7 \pm 0,8$ jours. Les larves de troisième stade vivent $3,4 \pm 1,6$ jours et deux fois plus pour celles de quatrième stade ($6,6 \pm 1,7$ jours). Les chrysalides peuvent vivre entre 3 et 6 jours. La durée moyenne développement d'*Epilachna chrysomelina* depuis l'œuf jusqu'à l'adulte est de $24,2 \pm 4,3$ jours.

Il est à remarquer que les premiers stades larvaires ont des durées plus faibles que les derniers stades (Fig. 67). En autre terme, plus la larve avance en stade, plus la durée de stade soit importante. Il faut rappeler que la durée de chaque stade est conditionnée par les facteurs trophiques et climatiques. Par ailleurs, les différents stades des développements d'*Epilachna chrysomelina* à Djanet présente une différence très hautement significative ($p = 0,000$).



BEDDIAF 2015

Figure 68– Différents stades de développement d'*Epilachna chrysomelina*

Chapitre 4 :

Discussions

Chapitre 4 – Discussions de résultats des dégâts et bio-écologie de quelques ravageurs des cultures

Les résultats obtenus sur les dégâts causés par quelques ravageurs des cultures, leurs bio-écologies, ainsi que leurs exploitations par les analyses statistiques sont discutés dans ce chapitre.

4.1.- Discussions de résultats des dégâts et bio-écologie de la Mouche méditerranéenne de fruits

Les résultats des dégâts causés par *Ceratitis capitata*, ainsi que l'étude de quelques aspects bioécologiques sont discutés dans cette partie.

4.1.1.- Taux d'infestation

En terme d'infestation, l'abricotier est le plus attaqué par *Ceratitis capitata* avec un taux qui peut atteindre les 93,3%, suivi par le grenadier (Ta = 88,7%). Cependant, l'oranger est le moins attaqué avec un taux de 42%. Ces résultats confirment ceux d'ALI AHMED-SADOUDI et *al.* (2010), qui ont enregistré que l'abricotier est le plus infesté par ce bio-agresseur avec un taux d'attaque de 59,6% pour la variété Hatifcolomer et 57,7% pour la variété Bulida. La plupart des temps, c'est l'oranger variété Thomson et la clémentine qui sont les plus ciblés par ce ravageur (DELASSUS et *al.*, 1931, CHAPOT et DELLUCHI, 1964 ; MENTA et *al.*, 2012).

Concernant le nombre de piqûres par fruit, la cératite se comporte différemment en fonction des espèces végétales ($p = 0,000$), le fruit le plus piqué est la grenade avec un nombre qui varie entre 2 et 40 piqûres/fruit (moy = $9,2 \pm 0,5$ piqûres/fruit), alors que le figuier est le moins piqué avec un nombre qui varie entre 1 et 4 piqûre/fruit (moy = $1,7 \pm 0,1$ piqûres/fruit). Ce comportement peut être expliqué par l'influence de certains facteurs comme le diamètre de fruits, où les fruits qui présentent le plus grand diamètre sont les plus piqués contrairement à ceux qui ont un petit diamètre. Cela est déjà mentionné par KATSOYANOS (1986), qui a constaté que la cératite est attirée par les fruits les plus volumineux. D'autre part, les sucres et les protéines de fruits hôtes jouent également un grand rôle dans leurs infestations par ce ravageur (ALI AHMED-SADOUDI et *al.*, 2007). De plus, la moitié des piqûres de la cératite sur les agrumes ne sont pas destinées à la ponte mais plutôt à nourrir les adultes. GILMOUR (1968) révèle que ce comportement permet à l'adulte d'emmagasiner de l'acide citrique pour être utilisé en hiver comme source d'énergie dans le métabolisme de l'insecte.

Par ailleurs, l'emplacement des fruits sur l'arbre n'a aucune influence sur son infestation ($p=0,15$), ce qui peut s'expliquer par la forte pullulation de ce ravageur dans les différentes stations d'étude. Ces résultats confirment ceux de BACHI (2018) qui a signalé qu'il n'y a aucune différence significative pour le taux de figes piquées entre les différentes expositions, alors que ALI AHMED-SADOUDI et *al.* (2010) notent que *Ceratitis capitata* préfère les fruits qui se trouvent à l'ouest, cela ce qui laisse dire que c'est une exposition très exposée au soleil et renferme les fruits les plus colorés ce qui attire plus des mouches. L'attrance de ce ravageur par la partie la plus exposée au soleil est déjà mentionnée par plusieurs auteurs (FERON, 1957 ; SORIA, 1963 ; BATEMAN, 1976 ; DRUMMOND et *al.*, 1984 ; AFFELAH et *al.*, 1997 ; EPSKY et HEATH, 1998).

4.1.2.- Paramètres bioécologiques de *Ceratitis capitata*

Les résultats de la bioécologie de *Ceratitis capitata* sont discutés dans la partie suivante.

4.1.2.1. – Durée de pupaison

La durée de pupaison de *Ceratitis capitata* varie entre 10 et 22 jours (moy = $13,0 \pm 1,8$ jours) pour la mandarine. Elle est relativement courte pour les pupes issues des grenades avec une durée de 3 à 14 jours (moy = $8,3 \pm 2,1$ jours) et celles des figes avec 2 à 12 jours (moy = $7,8 \pm 2,0$ jours). Alors que la plus courte durée est enregistrée pour les pupes des abricots, avec 5 à 9 jours (moy = $6,9 \pm 1,6$ jours). Ces variations impliquent que la plante hôte influe sur la durée de pupaison de ce bio-agresseur. Il en est de même pour l'exposition des fruits ($p = 0,01$). Ces résultats confirment ceux d'ALI AHMED-SADOUDI et *al.* (2010), qui rapporte que, la plus longue durée de pupaison est enregistrée chez le genre *Citrus* notamment l'oranger Thomson (18,3 jours), la clémentine ordinaire (15,7 jours) et clémentine Montréal (16 jours). Pour le figuier, les résultats de cette présente étude (min = 2 jours ; max = 12 jours) concordent avec ceux de la plupart des auteurs comme 9 et 10 jours pour BOLLER (1985) et 10 à 12 jours pour ALI AHMED-SADOUDI et *al.* (2012). D'autres études démontrent qu'à 26°C le stade pupa dure 10 à 11 jours et si les conditions ne sont pas favorables en raison de la basse température, cette étape peut être prolongée de plusieurs jours (MAVRIKAKIS et *al.*, 2000).

Par ailleurs, la durée de pupaison est liée aux conditions climatiques et précisément la température, car les pupes qui se issus des fruits d'été (abricot et fige) émergent plus

rapidement par rapport à ceux issues des fruits d'hiver (orange et mandarine). Cette durée peut atteindre jusqu'à 22 jours pour la mandarine, alors qu'aucune pupa n'a émergé pour l'oranger. De même, MENTA et *al.* (2012), BACHI et ALI AHMED-SADOUDI (2017) notent que le nombre des pupes par fruit est faible voire même nul pour les différentes variétés du genre *Citrus*. En plus des basses températures qui sévissent au moment de la maturité des fruits, d'autres facteurs peuvent jouer un grand rôle dans le blocage de la pupaison, comme la texture huileuse de l'écorce et le taux d'humidité des fruits qui s'accroît durant la maturation (DELANOUE et SORIA, 1962). De plus, les densités élevées influent négativement sur la viabilité des larves qui se transforment en pupes (DEBOUZIE, 1981).

4.1.2.2. – Morphométrie des pupes

La longueur des pupes issues de la mandarine varie entre 4 et 4,5 mm (moy = 4,2±0,2 mm) et le grand diamètre varie entre 1,9 et 2 mm (moy = 1,9±0,0 mm). Les pupes issues des autres cultures hôtes présentent presque les mêmes dimensions avec l'absence de différence significative ($p = 0,42$). De même SHOUKRY et HAFEZ (1979) notent que la longueur de pupes varie entre 4 et 4,3 mm.

4.1.2.3. – Taux d'émergence

Les pupes issues de mandarine présentent un taux d'émergence élevé qui peut atteindre le 100% (moy = 63,4±20,5%), alors que les plus faibles valeurs sont enregistrées pour les abricots, entre 13,3% et 50% (moy = 33,8±14,7%). Ces résultats laissent apparaître une différence significative ($p = 0,04$) concernant le taux d'émergence des adultes de *Ceratits capitata* selon le type de culture, contrairement à la direction qui ne présente aucune influence sur l'émergence ($p = 0,28$). FELLAH et DHOUIBI (1997) notent que la plante-hôte peut affecter le taux d'émergence par ses caractéristiques nutritives, sans pour autant perturber le sex-ratio, la durée et la période d'émergence des pupes issues de ses fruits. Cependant, ALI AHMED-SADOUDI et *al.* (2010) notent que la pêche et l'abricot présentent le taux d'émergence le plus élevé. HAFSI et *al.* (2016) reportent que le taux d'émergence a une différence significative par rapport au plante hôte ($p < 0,001$) et par rapport aux espèces des Tephritidae ($p < 0,001$).

4.1.2.4. – Longévité des adultes

Les adultes de *C. capitata* ont une durée de vie très variable en fonction de type de culture. La longévité de ces derniers est maximale chez la mandarine variant entre 41 et 70 jours (moy = $57,3 \pm 12,3$ jours), alors qu'elle est moyenne concernant les grenades avec 9 et 49 jours (moy = $26,7 \pm 13,1$ jours) et minimale pour les figues avec 3 et 14 jours (moy = $5,0 \pm 2,8$ jours). Par ailleurs, il est à mentionner que la longévité des adultes varie selon la saison, elle est très longue durant la saison hivernale et elle se diminue durant la période estivale. Par ailleurs, la plupart des auteurs ont mentionné l'influence de la température sur la longévité des mouches adultes, notant que la longévité des adultes a une relation avec la température (SHOUKRY et HAFEZ, 1979 ; ALBAJES et SANTIAGO ALVAREZ, 1980).

4.1.2.5. – Sex-ratio

Le Sex-ratio chez *C. capitata* est en faveur de femelle pour toutes les plantes hôtes. De même BACHI (2018) note que le sex-ratio est en faveur des femelles pour quelques variétés de figuiers. ALI-AHMED et al. (2007) stipulent que pour les grandes profondeurs de sol (10 à 20 cm), le Sex-ratio est en faveur des femelles pour toutes les textures.

4.2.- Discussion de résultats des dégâts et bio-écologie de *Virachola livia*

Les discussions des résultats obtenus concernant les dégâts et la bio-écologie de *Virachola livia* sont représentées dans la partie suivante

4.2.1.- Estimation des dégâts sur grenadier

Le nombre d'œufs de *Virachola livia* par fruit varie entre 1 et 15 œuf/fruit (moy = $4,2 \pm 3,0$) avec un taux d'attaque de 70,5% des fruits contenant des œufs. Alors que le nombre des trous de pénétration varie entre 1 et 24 trous/fruit (moy = $7,9 \pm 5,7$), avec un taux d'attaque qui peut atteindre le 78,7% des fruits contenant des trous de pénétration. En fonction des stations, il y a une différence très hautement significative entre la première station et la deuxième ($p = 8.034E-22$). En effet, la station 2 affiche les taux d'attaque les plus élevés, que ce soit pour les œufs (85,3 %) et pour les trous de pénétrations (89,3 %). La différence de taux d'attaque entre les deux stations peut être justifiée par la présence de l'hôte intermédiaire (*Acacia nilotica*) dans la station 2 qui enregistre les taux d'attaque les plus élevés. Plusieurs auteurs considèrent *V. livia* en tant

que le plus important ravageur de grenadier des différents pays, à savoir, (SAYED et TEMAREK, 2007) en Egypte, (GHARBI, 2010 ; KSENTINI et al., 2011) en Tunisie, (OBEIDAT et AKKAWI, 2002) en Jordanie et (KINAWY et al., 2008 ; ABBAS et al., 2008) à Oman. KAHRAMANOGLU et USANMAZ (2013) mentionnent un nombre des fruits attaqués de 276 ± 21 en total de 1889 ± 116 fruits.

Pour ce qui est du taux des fruits attaqués par *V. livia*, les valeurs sont élevées, soit un pourcentage égal à 69,3% concernant les œufs et 78,7% pour les trous de pénétrations. La comparaison entre ces deux paramètres montre que les trous de pénétration (67,8%) sont deux fois plus élevés que le nombre d'œufs (32,2%) déposés par les femelles sur les grenades. Ce qui laisse dire que la larve de *V. livia* pénètre dans le fruit plusieurs fois, par conséquent, il apparait plusieurs trous de pénétration.

En Tunisie, le taux infestation des grenades par *V. livia* peut atteindre le 52 % (KSENTINI et al., 2011). Cependant en fonction des années KAHRAMANOGLU et USANMAZ (2013) enregistrent un taux d'attaque de 14,6 % en 2011 et 15,6 % en 2012. En termes des mois ELSAYED et BAZAID (2011) déclarent que le plus élevé taux d'attaque est enregistrée au mois d'août avec 17,5%. Alors que MOKHTAR et Al NABHANI (2016) considère le mois de mai est le plus infesté, le mois de juillet pour (PAREEK, 1982 ; PATYAL et NATHALIE, 1993). Alors qu'OBEIDAT et AKKAWI (2002) enregistrent un taux d'infestation de 48 % en Jordanie.

A l'égard des points cardinaux, les pénétrations sont toujours plus élevées que les œufs. Le nombre d'œufs déposés par les femelles de *V. livia* est surtout important dans les fruits situés au centre (15 œufs ; moy = $7,4 \pm 4,0$) de l'arbre de grenadier et ceux à exposition est ($4,6 \pm 3,6$). Par contre les pénétrations des larves sont plutôt élevées au nord (24 trous de pénétration ; moy = $9,8 \pm 5,2$) et au centre (22 trous de pénétration ; moy = $13,7 \pm 6,2$). MOKHTAR et Al NABHANI (2016) notent que le plus élevé nombre des œufs est enregistré au nord (31,6 %).

4.2.2.- Estimation des dégâts sur acacia

Les fruits d'*Acacia nilotica* comptent près de 78,6% d'œufs de *Virachola livia* dans la région de Djanet et 91,4% de trous de pénétrations de larves. De même, pour la station de Bordj-Elhaouas, *A. nilotica* est plus touchée avec un taux de 75% des gousses contenant des œufs et 82,5% des gousses qui présentent des trous de pénétrations des larves de ce ravageur. Pour la station Esséndilene, *Virachola livia* s'attaque très souvent *A. nilotica*, avec 40% d'attaque selon le nombre d'œufs et 80% selon le nombre de trous

de pénétrations des larves. Par ailleurs, dans la station Ihrir, *Acacia raddiana* est très ciblée par *Virachola livia* avec un taux de 72% pour le nombre d'œufs déposés sur les gousses et 88% pour le nombre de trous de pénétrations. Le plus bas taux d'attaque d'*Acacia raddiana* par *Virachola liva* est enregistré à Assassou avec 2,7% pour le nombre d'œufs et 33,3% pour les pénétrations des larves.

Généralement, *Acacia nilotica* est le plus attaquée par *Virachola livia*. L'analyse des données montre que la fréquence d'attaques présente une différence très hautement significative ($p = 0.0000$) entre les deux espèces d'acacia. AVIDOV (1958) et AWADALLAH (1966) sur *Acacia* sp. notent que ce ravageur peut développer entre 6 et 8 générations par an.

La comparaison entre les fréquences d'attaques de trois espèces étudiées (*Acacia raddiana*, *Acacia nilotica* et *Punica granatum*) dans la région de Djanet montre que le grenadier est le plus attaqué avec des fréquences qui varient entre 1 et 15 œufs/fruit pour les œufs et entre 1 et 24 pénétrations/fruits pour les pénétrations des larves. *Acacia nilotica* vient en deuxième position avec une variation de 1 et 9 œufs/fruit pour les œufs pondus sur les fruits et presque la même chose (1 et 8 pénétrations/fruit) concernant les pénétrations des larves de *Virachola livia*. En troisième position se place *Acacia raddiana* avec une fréquence des œufs qui varie entre 1 et 3 œufs/fruits et une fréquence d'attaque qui varie entre 1 et 4 pénétrations/fruits pour les pénétrations des larves. De ce fait on peut dire que le grenadier (*Punica granatum*) est l'hôte principal de *Virachola livia*, d'où son nom papillon de grenadier. Les attaques de ce dernier ravageur présentent une variation très hautement significative entre les trois plantes hôtes que ce soit pour la ponte des œufs ($p = 0,000$) et pour la pénétration des larves ($p = 0,000$). Cela peut être justifier par la taille de fruits, plus le fruit est volumineux plus l'attaque est plus importante.

4.2.3.- Périodes d'infestation de *Virachola livia* sur les différentes plantes hôtes dans la région de Djanet

Virachola livia est présente dans le milieu saharien durant toute l'année. Son maintien est assuré en alternance grâce à trois plantes, à savoir *Acacia raddiana*, *A. nilotica* et *Punica granatum*. MKAOUAR et al. (2016) note qu'il n'y a aucune infestation par *Virachola* sur grenadier avant le mois de septembre, lorsque les gousses d'acacia sont séchées, le papillon va se pondre sur le grenadier. L'infestation s'étale durant toute la période de fructification de grenadier, lorsque les gousses d'acacia vont apparaitre ce ravageur retourne vers son hôte alternatif.

Le même cycle est mentionné par HANNA (1939) en Egypte et AVIDOV (1958) en Palestine. MKAOUAR et *al.*,(2016) signalent qu'en raison de l'absence des gousses d'acacia à partir de Juillet, *Virachola livia* migre vers son hôte alternative (grenadier).

4.2.4- Discussions sur la bio-écologie de *Virachola livia*

L'incubation des œufs de ce ravageur sur grenadier au laboratoire peut durer entre 2 et 6 jours, de même pour les L1, la durée de vie varie entre 2 et 6 jours. Les larves de deuxième stade peuvent vivre entre 1 et 4 jours avec une moyenne de $2,8 \pm 0,8$ jours. Concernant les larves de troisième stade, la durée de vie varie entre 1 et 7 jours (Moy = $2,0 \pm 1,4$ jours), pour le quatrième stade, les larves vivent entre 2 et 6 jours. La vie des pré-pupes dure entre 1 et 3 jours, alors que celle de chrysalides varie entre 6 et 8 jours. La durée totale de cycle de *Virachola livia* varie entre 21 et 29 jours avec une moyenne de $24,3 \pm 2,1$ jours. L'analyse des données nous a permis de constater que la durée de vie des différents stades de *Virachola livia* présente une différence très hautement significative ($p= 0,0000$) entre eux. Concernant l'*Acacia*, les chrysalides issues des fruits d'*Acacia raddiana* (moy= $24 \pm 8,2$ jours) sont plus longues que celles retrouvés dans les gousses d'*Acacia nilotica* (moy= $9,2 \pm 5,7$ jours).

AVIDOV (1958) reporte une durée de stades larvaires qui varie entre 24,2 et 22,5 jours entre avril et mai en Tunisie. GHARBI (2010) note que la durée de cycle de *Virachla livia* est de $15,9 \pm 1,1$ pour les femelles non fécondées. La durée de pupaison est de $10,1 \pm 0,7$ jours (GHARBI, 2010).

MKAOUAR et BEN JAMAA (2016) sur *Acacia farnisiana* révèlent que la durée de vie de larves de premier stade est de $4,58 \pm 0,01$ jours, de $3,45 \pm 0,01$ jours pour le deuxième stade. Le troisième stade dure entre 3 et 6 jours avec une moyenne de $3,78 \pm 0,009$ jours. La durée de vie de pré-pupes varie entre 3 et 6 jours (moy = $4,18 \pm 0,01$ jours). La durée totale des stades larvaires varie entre 10 et 20 jours avec une moyenne de $14,7 \pm 0,02$ jours.

Concernant la morphométrie des larves retrouvées sur le grenadier, les résultats de la présente étude notent que les L1 ont une longueur qui varie entre 1,2 mm et 1,5 mm, pour celui du deuxième stade, elle varie entre 3 mm et 5 mm. La longueur des L3 varie entre 5 mm et 10,2mm, alors que les larves du quatrième stade présentent une taille varie entre 12 mm et 17 mm et les pré-pupes ont une longueur de 12 mm à 15 mm. Pour les chrysalides, la longueur varie entre 11 mm et 12,1 mm que se soit pour les chrysalides futures mâles et les chrysalides futures femelles. Le grand diamètre varie entre 4 mm et

5 mm pour les deux. Pour *l'Acacia nilotica* les chrysalides futures femelles sont plus grandes que les futurs mâles, elles ont une longueur qui varie entre 10mm et 14mm et un grand diamètre moyen de 4,44mm. Alors que la longueur des chrysalides futures mâles varie entre 8,6 mm et 11,9 mm avec un grand diamètre qui varie entre 3 mm et 4 mm. De même MKAOUAR et BEN JAMAA (2016) enregistrent une longueur de $1,48 \pm 0,005$ mm pour les L1, $4,14 \pm 0,008$ mm pour les L2, $7,80 \pm 0,008$ mm pour les L3, 11,93 mm pour les L4, $16,15 \pm 0,01$ pour L5, $8,09 \pm 0,007$ pour les pupes futures mâles et $10,9 \pm 0,007$ pour les pupes futures femelles.

Pour ce qui sont des adultes de *Virachola livia*, la longueur moyenne des adultes est de $11,7 \pm 0,5$ mm pour les mâles et 12 mm pour les femelles, l'envergure est de $13,8 \pm 0,7$ mm chez les mâles et $13,8 \pm 0,8$ mm pour les femelles adultes. La longueur des antennes varie entre 7 mm et 7,2 mm pour les mâles et 7 mm pour les femelles. Les longueurs, les envergures ainsi que les longueurs des antennes présentent une différence très hautement significative entre eux, que pour les femelles ($p = 0,0008$) et pour les mâles ($p = 0,000$). Globalement, il n'y a aucune différence significative ($p = 0,7532$) entre la taille des mâles et celles de femelles.

AVIDOV (1958) mentionne une longueur qui varie entre 11 et 12 mm pour les chrysalides. Pour les adultes les mâles ont une longueur de (moy= $16,2 \pm 1,1$ mm), qui sont plus petits que les femelles avec une moyenne de (moy= $19,6 \pm 1,2$ mm). Cela est confirmé par MKAOUAR et BEN JAMAA (2016) avec ($8,1 \pm 0,0$ mm) pour les mâles et ($10,9 \pm 0,0$ mm) pour les femelles.

La présente étude montre que les mâles de *V. livia* originaire d'élevage au laboratoire peuvent vivre entre 4 et 10 jours, alors que les femelles vivent entre 4 et 8 jours. Cependant, les mâles adultes qui sont collectés sur le terrain ne dépassent pas les 11 jours de longévité, alors que les femelles peuvent vivre jusqu'à 16 jours.

Les femelles non fécondées peuvent pondre jusqu'à 95 œufs (moy = $38,4 \pm 29,9$ œufs/femelle). Les œufs stériles se caractérisent par une couleur verdâtre, alors que les œufs fertiles ont une couleur blanchâtre. GHARBI (2010) mentionne que les femelles peuvent pondre jusqu'aux $13,1 \pm 3,2$ œufs/ fruit.

Le taux d'émergence moyen est égal à 66,7%. Il est maximal pour les fruits issus de l'ouest (100%) et de centre (100%) de l'arbre, alors qu'il est faible pour ceux à exposition sud (50%).

D'une manière globale, les chrysalides émergées donnent surtout des femelles (71,4%), avec une minorité pour les mâles (28,6%). GHARBI (2010) note que parmi 29 chrysalides, 51,7 % sont des femelles.

4.3.- Discussions des résultats du dégât et bio-écologie de la coccinelle du melon

Les résultats obtenus sur l'étude de dégâts et la bio-écologie de la coccinelle du melon *Epilachna chrysomelina* sont discutés dans ce qui va suivre.

4.3.1.- Dégâts d'*Epilachna chrysomelina* sur cucurbitaceae

Le nombre moyen d'œufs sur chaque feuille est de $19,9 \pm 7,6$ œufs/feuille. Le nombre moyen des larves par feuille est de $6,5 \pm 8,8$ larves/feuilles. Par contre le nombre des coccinelles adultes par feuille est égal à $1,1 \pm 0,3$.

Concernant le taux d'attaque, le melon serpent est le plus attaqué par *Epilachna chrysomelina* avec un taux d'attaque moyen de 31,8%, suivi par la pastèque avec un taux d'attaque de 8,6%, alors que le melon est le moins attaqué avec un taux de 6,7%. Le taux d'attaque a une variation très hautement significative entre les différentes cultures ($p = 0,000$).

4.3.2. – Bio-écologie d'*Epilachna chrysomelina*

La durée moyenne de l'accouplement chez *E. chrysomelina* au laboratoire est égale à $124,9 \pm 80,0$ mn. Alors que la taille de ponte est de $18,3 \pm 11,9$ œufs/femelle. Selon AKANDEH et SHISHEHBOR (2011), la taille de ponte peut atteindre 905 œuf/femelle en Iran, cependant la durée d'incubation varie entre $2,4 \pm 0,8$ jours sur melon et $8,30 \pm 1,8$ jours sur concombre. ROSSI (1762), mentionne un nombre d'œufs chez la même espèce prise en considération dans cette étude varie entre 87 et 289. ALI et EL-SAEADY (1981) notent que la taille de ponte est de 121 œufs/ femelle sur concombre. Cependant DESHMUKH (2012) note que la taille de ponte varie de 16 à 40 œufs chez *E. chrysomelina*.

La coccinelle de melon est un insecte holométabole. Ces œufs sont généralement de couleur jaune pâle, dont l'incubation peut durer entre 2 et 9 jours. Ils sont de forme ovale généralement pondus sur la face inférieure de la feuille sous forme de grappe. La moyenne de la durée de vie pour les L1 est de $3,6 \pm 1,4$ jours, alors que les L2 vivent $2,7 \pm 0,8$ jours. Les larves de troisième stade vivent $3,4 \pm 1,6$ jours et deux fois plus pour celles de quatrième stade ($6,6 \pm 1,7$ jours). Les chrysalides peuvent vivre entre 3 et 6 jours. La

durée moyenne de développement d'*Epilachna chrysomelina* depuis l'œuf jusqu'à l'adulte est de $24,2 \pm 4,3$ jours.

Il est à remarquer que les premiers stades larvaires ont des durées plus faibles que les derniers stades. En autre terme, plus la larve avance en stade, plus la durée de stade soit importante. Il faut rappeler que la durée de chaque stade est conditionnée par les facteurs trophiques et climatiques. Par ailleurs, les différents stades des développements d'*Epilachna chrysomelina* à Djanet présentent une différence très hautement significative ($p = 0,000$). Il faut rappeler que la durée de chaque stade est conditionnée par les conditions climatiques et trophiques (SAHRAOUI et GOURREAU, 1998). ROSSI (1762), note que la durée de cycle varie entre 15 et 23,5 jours. AKANDEH et SHISHEHBOR (2011) notent que la durée de cycle de vie varie entre 21,3 jours sur melon et 26 jours sur concombre

Les œufs chez cette espèce sont de forme ovoïde et allongée, de couleur jaunâtre orangés et translucides avec une longueur de 1,5 mm. La plupart des coccinelles ont des œufs en forme de croissants avec des extrémités plus au moins allongées (KLAUSNITZER, 1969). Ils mesurent généralement de 0,38 à 2,5 mm (ILBLOKOF, 1982).

Les larves d'*Epilachna chrysomelina* passent de l'éclosion à l'état imaginal par quatre stades à Djanet. De même SAHRAOUI (1987) et AKANDEH et SHISHEHBOR (2011) signalent qu'elle comprend quatre stades larvaires, elle présente une morphologie assez comparable elle se nymphose dans la dernière exuvie larvaire.

Conclusion et perspectives

Conclusions et perspectives

Au terme de cette étude, l'estimation des dégâts causés par trois bio-agresseurs des cultures dans l'extrême sud-est de l'Algérie, ainsi que la connaissance de certains paramètres biologiques et écologiques de ces ravageurs a fait ressortir les constatations suivantes :

La mouche méditerranéenne des fruits, le papillon de grenadier et la coccinelle de melon sont des ravageurs existant dans la partie extrême sud-est d'Algérie et qui causent des dégâts considérables sur différentes cultures, c'est le cas de la cératite sur différentes cultures (oranger, mandarinier...).

Pour ce qui concerne l'estimation des dégâts causés par la mouche méditerranéenne de fruits *Ceratitis capitata*, cette étude nous a permis de constater que l'abricotier est le plus infester par ce bio-agresseur, suivi par le grenadier et le figuier, alors que le mandarinier et l'oranger occupent la dernière position, ce qui laisse dire que ce ravageur apprécie les fruits charnus à goût sucré et à peau mince.

La durée de pupaison chez *C. capitata* est influencée par la plante hôte et les conditions climatiques, elle est longue pour les pupes issues des fruits d'hiver et plus courte pour celles issues des fruits estivaux. La plante hôte joue un rôle primordial dans la variation de taux d'émergence chez cette espèce. Concernant la longévité, les adultes ont une durée de vie très variable en fonction du type de culture. La plus longue durée de vie est enregistrée chez adultes issus de la mandarine, alors qu'elle est moyennement faible chez les adultes recupéraient des grenades et très courte pour les adultes attaquant les figues. Par ailleurs, il est à mentionner que la durée de vie des mâles et des femelles présente une différence significative pour l'ensemble des cultures. Autrement dit, la longévité des adultes varie selon la saison, elle est très longue durant la saison hivernale et elle diminue durant la période estivale. Le sex-ratio est en faveur des femelles pour toutes les variétés fruitières étudiées.

Par ailleurs, le papillon de grenadier *Virachola livia* attaque plus le grenadier, en absence de ce dernier, ce ravageur se maintient sur *Acacia nilotica*, puis sur *Acacia raddiana*. La durée totale de cycle varie entre vingt et un et vingt et neuf jours. Pour la morphométrie des larves, les différents stades présentent une différence très hautement significative. Alors qu'il n'y a aucune différence significative entre la taille des mâles et des femelles. La présente étude montre que les mâles de *V. livia* originaire d'élevage au laboratoire

peuvent vivre entre quatre et dix jours, alors que les femelles vivent entre quatre et huit jours. Cependant, les mâles adultes qui sont collectés sur terrain ne dépassent pas les onze jours de longévité, alors que les femelles peuvent vivre une quinzaine de jours. Les chrysalides émergées donnent surtout des femelles, avec une minorité pour les mâles. La présente étude nous a permis de constater que *Virachola livia* est présente dans le milieu saharien durant toute l'année.

L'estimation de l'infestation de quelques cucurbitaceae par *Epilachna chrysomelina* révèle que, le melon serpent est le plus attaqué, suivie par la pastèque, alors que le melon est le moins attaqué. Pour ce qu'est de la densité de population de ce bio-agresseur sur la courgette, le nombre d'œufs sur chaque feuille varie entre cinq et vingt-huit œufs/feuille. Le nombre des larves par feuille varie entre une et trente-trois larves/feuille. Par contre le nombre des coccinelles adultes par feuille est égal à deux. La taille de ponte varie entre six et quarante œufs/ femelle. Cependant la durée moyenne de développement d'*Epilachna chrysomelina* de l'œuf jusqu'au l'adulte varie selon les conditions climatiques et trophiques.

En perspectives, cette étude doit être poursuivie et complétée par l'étude de la dynamique des populations des différents ravageurs des cultures, la recherche de différents moyens de lutte contre ces bio-agresseurs s'avère indispensable pour limiter les dégâts au-dessous de seuil de nuisibilité, l'inventaire des parasites et prédateurs de ces ravageurs et l'étude de la répartition des populations de ces déprédateurs dans le temps et dans l'espace, en tenant en compte des conditions climatiques. Il est souhaitable de mener ce travail dans plusieurs milieux du Tassili n'Ajjer ainsi que dans d'autres régions du Sahara central, en raison de la rareté de ce type d'étude dans ces zones.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- 1- **ABBAS MST., RAZVI SA., RASHID HS. et Al-KHATRY SA., 2008** - Role of egg parasitoids in controlling the pomegranate butterfly, *Virachola livia* Klug (Lycanidae: Lepidoptera) in Sultanate of Oman. *2nd Arab Conference of Applied Biological Pest Control*. April 7-10, 2008, Cairo, Egypt.
- 2- **ABDOUN F., 2002** - *Etude de la dynamique spatio-temporelle des populations de Cupressus dupersiana au Tassili N'Ajjer*. Thèse de Doctorat, Université de droit, d'Economie et des Sciences d'Aix- Marseille III, Faculté des Sciences et Techniques de Saint- Jérôme, Marseille, 171 p.
- 3- **AFFELAH, M., BEN HAMADI, I., SMAILI, C., HILAL, A. et CHEMSEDDINE, M., 1997** - Influence de l'humidité du sol, de la profondeur d'enfouissement et de la variété sur le stade pupa de *Bactrocera oleae* Gmel.(Dipt. Teph.). *MEDEDELINGEN-FACULTEIT LANDBOUWKUNDIGE EN TOEGEPASTE BIOLOGISCHE WETENSCHAPPEN*. 62 : 331-338.
- 4- **AKANDEH M. et SHISHEHBOR P., 2011** - life history traits of melon ladybeetle, *Epilachna chrysomelina* (Col.: Coccinellidae), on four host plant species. *Journal of Entomological Society of Iran*. 31(1): 17-27.
- 5- **ALBAJES RY. & SANTIAGO ALVAREZ C., 1980** - Influencia de la temperatura en el desarrollo de *Ceratitis capitata* (Diptera, Trypetidae) *AN. INIA/ SerAgric.* (13) : 184 – 190.
- 6- **ALI AHMED- SADOUDI D., 2007** - *Bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits Ceratitis capitata Wiedemann, 1824 (Diptera:Trypetidae) dans quelques vergers de la Kabylie*. Thèse de Doctorat. Uni. MOULOUD MAMMERI. T O. 197p.
- 7- **ALI AHMED- SADOUDI D, SOLTANI N., KELLOUCHE A., MAZOUZI F., 2007** - Effect of the soil texture and the burying depth of the larvae on some biological parameters of *Ceratitis capitata* (Wiedmann, 1824) (Diptera: Trypetidae). *African Journal of Agricultural Research*. 2 (3): 105-111.
- 8- **ALI AHMED- SADOUDI D SOLTANI N. et KELLOUCHE A.,2010** - Factors influencing the development of *Ceratitis capitata* (diptera, tephritidae) on different fruit species in kabylia (Algeria). *Frustula Entomologica*. (33): 192-209.
- 9- **ALI AHMED SADOUDI D., REZOUG N., SAIKI F. SOLTANI N., 2012** - Effect of the Variety of Fig Tree on some Biological Parameters of *Ceratitis capitata* Wied. 1824

- (Diptera: Trypetidae) in Some Orchards in the Kabylie. *Journal of Life Sciences* 6: 312-319.
- 10- ALI M. A. et EL-SAEADY A. A., 1981-** Influence of temperature, photoperiod and host plant on the bionomics of the melon ladybird *Epilachna chrysomelina* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 91: 256-262.
- 11- ALI M. A. et EL-SAEADY A. A., 1983-** Phonology and population dynamics of the melon ladybird beetle *Epilachna chrysomelina* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae) in Egypte. *Agriculture Research Review*. 61 : 179- 191.
- 12- AL-IRAQUI R. A. et FARAG F. A., 1986 -** Biological activities of the adult *Epilachna chrysomelina* Fabr. (Coleoptera: Coccinellidae). *Iraqi journal of agricultural sciences*. 4 :69-77.
- 13- 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 e Técnica Vitivinícola*. 33(10): 85-96.
- 14- AVIDOV Z., 1958 -** A study of a life history of pomegranate butterfly (*Virachola livia* Klug.) in Israel. *Ktav. Rehov*. 8: 153-167.
- 15- AWADALLAH A.M., AZAB A.K. et EL NAHAL A.K.M., 1970 -** Studies on the pomegranate butterfly, *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera- Rhopalocera: Lycaenidae). *Bull. Soc. Entomol*. 62: 545-567.
- 16- AYOUB A., 2000 -** *Entomofaune de trois stations cultivées à Djanet*. Mémoire Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El Harrach, 94 p.
- 17- AZZAM M. A., 2001-** Seasonal distribution of the different life stages of the melon ladybird *Epilachna chrysomelina* on watermelon, *Citrulus vulgaris* in central region of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological sciences*. (8): 19-24.
- 18- BACHI K., 2018 -** *Bio écologie de la mouche méditerranéenne des fruits, Ceratitis capitata* Wied. 1824 (Diptera; Tephritidae) sur quelques variétés fruitières en Kabylie. *Essai de lutte biologique au laboratoire*. Thèse de Doctorat. Uni. MOULOU MAMMERI. T O. 197p.
- 19- BACHI K. et ALI AHMED-SADOUDI D., 2017 -** Effect of *Citrus* essential oils on the larvae evolution of *Ceratitidis capitata* Wied. 1824 (Diptera: Tephritidae). *Bioscience Research*. 14(3): 686-693.

- 20- BAGNOULS F. et GAUSSEN H., 1953** - Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. soc. hist. nat.*, Toulouse : 193 – 239
- 21- BALACHOWSKY A. S., 1950** - sur l'origine de la mouche des fruits (*Ceratitis capitata* Wied, 1824). *C.R. Acad. Agric. Fr.* 36: 259-362.
- 22- BATEMAN M.A., 1976** -Fruit flies. In:V.L.Delucchi (ed), studies in Biological control. Cambridge Univ. Press, Cambridge. pp. 11-49.
- 23- BEDDIAF R., 2008** –Etude du régime alimentaire du Hibou ascalaphe *Bubo ascalaphus* (Savigny, 1809) et de la Chouette chevêche *Athenenoctua* (Scopoli, 1769) dans la région de Djanet (Illizi, Sahara Central). Mém. Ing. agro., Univ. KasdiMerbah, Ouargla, 168 p.
- 24- BEDDIAF R. et SEKOUR M., 2010** - Initiation à l'étude du régime alimentaire de la Chouette chevêche *Athene noctua* (Scopoli, 1769) dans le Sud-Est Algérien : Cas de la région de Djanet (Illizi, Sahara Centrale). *Journées nationales sur la Zoologie agricole et forestière, 19 au 21 avril, Dépt. Zool. agri. et for., Inst. nati. agro., El Harrach*, p.139.
- 25- BEDDIAF R., 2012** - Etude du régime alimentaire de deux rapaces : le Hibou ascalaphe *Bubo ascalaphus* (Savigny, 1809) et la Chouette Chevêche *Athene noctua* (Scopoli, 1769) dans la région de Djanet (Tassili n'Ajjer, Algérie). Mémoire magister, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 128 p.
- 26- BEDDIAF, R., SEKOUR, M., BISSATI-BOUAFIA, S., & SOUTTOU, K., 2013** - Inventaire des Rongeurs Par Piégeage Direct dans la Région de Djanet (Tassili N'Ajjer-Sahara Central). *Revue des BioRessources*, 257(1621), 1-17.
- 27- BEDDIAF R., KHERBOUCHE Y., SEKOUR M., SOUTTOU K., ABABSA L., DJILLALI K. et DOUMANDJI S., 2014** - Aperçu sur la faune arthropodologique de Djanet (Tassili n'Ajjer, Algérie). *Revue El-Wahat pour les Recherches et les Etudes*, 7 (2) : 92 – 102.
- 28- BEKKARI TEBER H., 2012-** Contribution à l'étude du cycle biologique d'une coccinelle phytophage *Epilachna chrysomelina* dans la région de Ghamara., Mem, Ing, Université KasdiMerbah Ouargla. 101p.
- 29- 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 Algérie: Un ravageur important du grenadier et du palmier dattier. *EPPO Bulletin*. 48(2) : 281-286.
- 30- BENCHELAH A- C., BOUZIANE H., MAKHA M. et OUAHES C., 2000** - *Fleurs du Sahara, Voyage ethnologique avec les Touaregs du Tassili*. Ed. Ibis press, Paris, 255 p.

- 31- **BENCHELAHA. C., BOUZIANE H. et MAKHA M., 2006** - *Arbres du Sahara*. Ed. Ibis Press, Paris, 239 p.
- 32- **BHUT J.B., BORAD P.K. et GADHIYA H.A., 2013** - Bionomics and evaluation of different biocides against anar butterfly, *Virachola isocrates* (Fabricius) infesting pomegranate. *International Journal Of Plant Protection*. 6 (2): 338-343.
- 33- **BLANGUERNON C., 1955** - *Le Hoggar*. Ed. Arthaud B. Paris. 266 p.
- 34- **BOLLER E.F., 1985** -*Rhagoletis cerasi* and *Ceratitidis capitata*. *Handbook of Insect Rearing 2*: 135-144.
- 35- **BOUDJELIDA H. et SOLTANI N., 2011** - Pathogenicity of *Metarhiziumanisopliae* (Metsch) on *Ceratitidis capitata* L.(Diptera: Tephritidae). *Annals of Biological Research*. 2(2): 104-110.
- 36- **BOURGEOIS G., 2009** – Les dynamiques des cultures et leurs bio agresseurs dans un contexte de climat variable et en évolution. *Colloque en phytoprotection Résistance et approche systémique : nouveaux défis, 22 Octobre 2009. Centre de référence et agroalimentaire du Québec*.
- 37- **CHAPOT H. et DELUCCHI V. L.,1964** - *Diseases, problems and damages of oranges in Morocco. Maladies, troubles et ravageurs des agrumes au Maroc* (No. CHA 634.3 (BR 521.7)). Institut National de la Recherche Agronomique.
- 38- **DAJOZ R., 1971**- *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris. 434 p.
- 39- **DAJOZ, R.,1974** -Les insectes xylophages et leur rôle dans la dégradation du bois mort. *Ecologie forestiere. Gautiers-Villar. Paris. 257-307*.
- 40- **DAJOZ R.,1975** –*Précis d'écologie*. Ed. Dunod. Paris. 549 p.
- 41- **DE PEDRO L. MARTINEZ R. HARBI A. FERRARA F. TORMOS J.. ASIS J.D SABATER B. et BEITIA F., 2013** - Un nuevo enemigo natural de *ceratitidis capitata* (Diptera, Tephritidae) identificado en la comun idadvalenciana: el parasitoide *Aganaspisdaci* (Hymenoptera, Figitidae). *Levante Agrícola*. 416(2) : 153-157.
- 42- **DEBOUZIE D., 1981** -Analyse expérimentale de l'utilisation des ressources dans un système simplifié forme d'une banane attaquée par la marche méditerranéenne des fruits *Ceratitidis capitata*. *Ecol.Gener*. 2(4) : 371-386
- 43- **DELANOUE P. et. SORIA F., 1962** - Au sujet de l'avortement de l'évolution de *Ceratitidis capitata* Wied. dans certains agrumes en Tunisie. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agron.Tunis*. 35 : 73-96.

- 44- DELASSUS M., BRICHET J., BALACHOWSKY A. et LEPIGNE A., 1931 - Les ennemis des cultures fruitières en Algérie et les moyens pratiques de les combattre. Ed. *Recher. Agro. Algérie*. pp : 53 – 62.
- 45- DESHMUKH P. S., CHOUGAL A. K., SHAHASANE S. S., DESAI S. S., et Gaikwad S. G., 2012- Studies on biology of hadda beetle, *Epilachna vigntioctopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae): a serious pest of wild beeter gourd. *Momordica dioica*, *Dama International Journal*. 1(3): 46-48.
- 46- DIXON A. F. G., 2000- *Insect predator – prey dynamics Iady-brid beetle and biological control*. Cambridge. University Press Cambridge. UK. 257p.
- 47- DRESS F., 2007 - *Les probabilités et la statistique d'A à Z : 500 définitions, formules et tests d'hypothèse*. Ed. Dunod, Bordeaux, France, 201 p.
- 48- DUBIEF J., 1999 – *L'Ajjer, Sahara central*. Ed. Karthala, Paris, 709 p.
- 49- DUYCK P.F., 2005 - *Compétition interspécifique et capacité invasives. Le cas des Tephritidae de l'île de la Réunion*. Thèse de doc. Uni. La Réunion.157p.
- 50- ELSAYED, G., & BAZAID, S. A.,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(1): 28-36.
- 51- EPSKY N. D., HEATH R. R., 1998 - Exploiting the interactions of chemical and visual cues in behavioral control measures for pest tephritid fruit flies. *Florida Entomologist*. 273-282.
- 52- FAN Y., GORDON E. et DRUMMOND F. A., 1992 - Temperature-dependent development of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) under constant and variable temperatures. *Journal of Economic Entomology* 85, 1762-1770.
- 53- FELLAH H. et DHOUBI M. H., 1997 - Evolution de l'attaque des fruits d'été par la mouche des fruits *Ceratitis capitata* (Wied) en fonction de la succession des plantes hôtes. *Proce. The IOBC, wprs Bull. OILB Srop*. 20(8) : 92-101.
- 54- FERON M., 1957 - Le comportement de ponte de *Ceratitis capitata* (Wied). Influence de la lumière. *Rev. Pathol. Végét.-Entomol. Agric.Fr.*36 : 127-144.
- 55- FERON M., 1962 - L'instinct de reproduction chez la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wied. Comportement sexuel, comportement de ponte. *Rev. Patholvégét. Entomol. Agri. Fr.* (41) : 1 – 129.
- 56- GARCIA F. et RICALDE M., 2013 - Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. *Insects*. 4(1): 55-70.

- 57- GHARBI N., 2010** - Laboratory Rearing of the Pomegranate Fruit Butterfly *Virachola livia* on Two Host Plants in Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection*. 5(2): 195-200.
- 58- GILMOUR O., 1968** - Metabolismo de los insectos. Version espanola de Polar Alonso Sanjun. Editorial Alhambra S.A. Madrid.
- 59- GIRAI H., 1971** - *Investigations on the morphology, biology control of Epilachna chrysomelina F. (Coleoptera: Coccinellidae)*, Ege Universitesi Ziraat Fakultesi Yayinlari 57p.
- 60- HACHID M., 1998** - *Le Tassili des Ajjer*. Ed. Paris- Méditerranée, Paris. 310 p.
- 61- HAFSI A., ABBES K., HARBI A., DUYCK P. F. et CHERMITI B., 2015a** - Attract-and-kill systems efficiency against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and effects on non-target insects in peach orchards. *Journal of applied entomology*. 140(1-2): 28-36.
- 62- HAFSI A., HARBI A., RAHMOUNI R., CHERMITI B., 2015b** - Evaluation of the Efficiency of Mass Trapping of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in Tunisian *Citrus* Orchards Using Two Types of Traps: Ceratrap and Tripack. *Acta horticulturae* (1065):1049-1056.
- 63- HAFSI A., FACON B., RAVIGNE V., CHIROLEU F., QUILIC S., CHERMITI B., DUYCK P. F., 2016** - Host plant range of a fruit fly community (Diptera: Tephritidae): does fruit composition influence larval performance? *BMC Ecology*.16(1): 40.
- 64- HAFSI A., RAHMOUNI R., CHERMITI B., 2019** - Detection of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) using trimeddlure versus enriched ginger oil in citrus orchards. *International Journal of Pest Management*. 1-7.
- 65- HAMDINE O., 2001** - *Conservation du Guépard (Acinonyx jubatus Schreber, 1776) de la région de l'Ahaggar et du Tassili n'Adjjer en Algérie*. Programme U.I.C.N. pour l'Afrique du Nord, Tamanrasset. 50 p.
- 66- HANNA AD.,1939** - *The Pomegranate Fruit Butterfly Virachola livia Klug. Morphology, Life-History and Control*. Ministry of Agriculture, Egypt, 54p.
- 67- HARBI A., BEITIA F., SABATER-MUÑOZ B., FALCÓ J. V. et CHERMITI B., 2015** - First record of *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing pupae of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in Tunisia. *African Entomology*. 23(2): 514–518.
- 68- HARBI A., DE PEDRO L., FERNANDO A., FERRARA A., TORMOS J., CHERMITI B., BEITIA F. et SABATER-MUNOZ B., 2019** – *Diachasmimorpha*

- longicaudata* Parasitism Response to Medfly Host Fruit and Fruit Infestation Age. *Insects*. 10(211) : 1-12.
- 69- ISENMANN P. et MOALI A., 2000** - *Oiseaux d'Algérie*, Ed. SEOP. Paris. 336 p.
- 70- KAHRAMANOGLU I. et USANMAZ S., 2013** - Management strategies of fruit damaging pests of pomegranates : *Planococcus citri*, *Ceratitis capitata* and *Deudorix (Virachola) livia*. *Afr. J. Agric. Res.* 8(49): 6563-6568.
- 71- KASSAMBARA A., 2017** - *Practical guide to cluster analysis in R: Unsupervised machine learning* (Vol. 1). Sthda. 205p.
- 72- KATAKURA M., HINOMIZU H. et YAMAMOTO, 1981** - Crossing experiments among three ladybird "species" of *Henosepilachna vigintioctomaculata* complex (Coleoptera, Coccinellidae) feeding on thistles and/or blue cohosh. *Kontyû, Tokyo* 49:482–490.
- 73- KATAKURA M., SHIOI et KIRA Y., 1989** - Reproductive isolation by host specificity in a pair of phytophagous ladybird beetles. *Evolution* 43:1045–1053.
- 74- KHERBOUCHE Y., 2015** - *Diversité et stratégie d'occupation des groupes entomologiques dans quelques localités en Algérie*. Thèse de Doctorat. ENSA. Elharach. 193p.
- 75- KILIAN C, 1925** - *Au Hoggar, Mission de 1922*. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales Paris. 190p.
- 76- KINAWY M.M., AI-WAILI H.M. et ELMANDHARI A.M., 2008** – Review of the successful classical biological control programs in Sultanate of Oman. *Proceeding of 2nd Arab Conference of Applied Biological Pest Control, Cario, Egypt, 7-10 April 200*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 18 (1) :1-10.
- 77- KLAUSNITZER B., 1969** - Zur Kenntnis der Entomoparasiten mitteleuropaeischer Coccinellidae. *Abh. Ber. Naturh. Mus. Goerlitz*, 44: 1-15.
- 78- KOURIM M.L., 2009** – *Biodiversité faunistique dans le Parc National de l'Ahaggar*. Mémoire Ing. agro., E.N.S.A., El Harrach, 86p.
- 79- KOURIM M.L., DOUMANDJI-MITICHE B., DOUMANDJI S. et REGGANI A., 2011** - Biodiversité entomologique dans le parc national de l'Ahaggar (Tamanrasset, Sahara). *Faunistic Entomology*. 63 (3): 149-155.
- 80- KSENTINI I., JARDAK T. et ZEGHAL N., 2011** - First report on *Virachola livia* Klug. (Lepidoptera: Lycaenidae) and its effects on different pomegranate varieties in Tunisia, *Bulletin OEPP/EPPA Bulletin* 41: 178–182.

- 81- LAAMARI M., TALBI Y. et MAHMOUDI R., 2015** – *Ceratitis capitata* : une nouvelle menace pour le pommier en Algérie. *Bultein OEPP*.45 (2) : 207-208.
- 82- LE BERRE M., 1989** -*Faune du Sahara, Poissons, Amphibiens, Reptiles*, Ed. Raymond Chabaud- Le chevalier. Paris. 332 p. 72.
- 83- LE BERRE M., 1990** - *Faune du Sahara, Mammifères*, Ed. Raymond Chabaud- Le chevalier. Paris. 359 p.
- 84- LE PICHON V., ROMET L. et LAMBION J., 2008** - Approche multi-niveaux de la gestion des bio-agresseurs : moyen d'analyse des expérimentations du Groupe de Recherche en Agriculture Biologique. *Innovations Agronomiques*. (4) :91-99.
- 85- LIQUIDO N. J., SHINODA L. A. et CUNNINGHAM R. T., 1991** - Host plant of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *an annotated world review*. - *USDA Misc.*° (77). 52 p.
- 86- MAROUF S., 1997** – *Quelques aspects bioécologiques de Schistocerca gregaria (Forsk., 1775), dans la région de Tamanrasset. Evaluation des valeurs énergétiques sur différents aliments au laboratoire*. Mémoire Ing. agro., Inst. nati. agro.. El-Harrach. 81 p.
- 87- MAVRIKAKIS P. G., ECONOMOPOULOS A. P. et CAREY J. R., 2000** - Continuous winter reproduction and growth of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Heraklion, Crete, southern Greece. *Environ. Entomol.* 29: 1180-1187.
- 88- METNA F., ALI AHMED-SADOUDI D., METNA B. et MEDJDOUB F., 2012** - Effect of physic-chemical parameters on the infestation of fruits by *Ceratitis capitata* WIEDDEMANN, 1824 (Diptera: Tephritidae). *African Journal of Agricultural Research*, 7(47): 6329-6334.
- 89- MKAOUAR R., SAADAOUIE E., DHAHRI S. et BEN JAMAA, M.L., 2013** - Premières observations sur le papillon du grenadier *Virachola livia* sur les brise-vents d'Acacia au sud tunisien. *IVème Meeting International sur la gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides (Djerba 17- 19 Décembre)*.
- 90- MKAOUAR, R., et BEN JAMÂA, M.L., 2016** - Study on Biology of Pomegranate Playboy *Deudorix livia*, (Klug, 1834) in *Acacia farnesiana*. *Indian Journal Of Applied Research*. 6 (8) : 160-161.
- 91- MKAOUAR R., DHAHRI S., et BEN JAMÂA, M.L., 2016** - Some biological aspects of *Virachola livia* on *Acacia farnesiana* in the South of Tunisia. *Türkiye Ormançılık Dergisi*. 17: 48-50.

- 92- MOKHTAR A. M. et Al NABHANI S., 2016** - Distribution of *Virachola livia* (Lepidoptera: Lycaenidae) Egg and Influence of Conspecific Aggregation and Avoidance Behavior, *J. Agr. Sci. Tech.* 18: 1593-1604.
- 93- MOSTAFAOUI O., KAMEL BEN HALIMA M. et SEKOUR M., 2020** – Emergence de *Ceratitidis capitata* (Diptera : Tephritidae sur culture potagée de piment (Solanaceae) en zone subsaharienne (Algérie). *EPPO BULLETIN* .
- 94- OBEIDAT et AKKAWI, 2002** - Bionomics and Control of Pomegranate Butterfly *Virachola (Deudorix) livia*(Klug) (Lepidoptera: Lycaenidae) in Northern Jordan. *Dirasat Agricultural Sciences.* 29 : 1-12.
- 95- OUKIL S., 1995** - *Effets des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité (Diptera : Trypetidae)*. Thèse 3ème cycle. Univ. Aix. Marseille III, Fac. Sc. Tech-St Jérôme. 138p.
- 96- OZENDA P., 1983** – *Flore du Sahara*. Ed. C.N.R.S. Paris. 622 p.
- 97- OZENDA P., 2003** - *Flore et végétation du Sahara*. Ed. CNRS. Paris. 662 p.
- 98- PAGES J., 2004** - *Analyse factorielle de données mixtes: principe et exemple d'application*. Montpellier SupAgro.
- 99- PAREEK O.P., 1982** - Survey, collection and identification of pomegranate pests of Udaipur. Pomegranate research report and appraisal.
- 100- PATYAL S.K. et NATHALIE A., 1993** - Efficacy and persistence of monocrotophos and phosphamidon on wild pomegranate. *J. Entomol. Res.* 17(2):111–116.
- 101- RAMADE F., 2003** - *Elément d'écologie fondamentale*. 3eme édition DUNOD. Paris. 690p.
- 102- RAMADE F., 2008** - *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. Ed. Dunod. Paris. 726 p.
- 103- ROSSI 1762** - Syn.: *chrysomelina* Fabricius 1775: 82.
- 104- SAHKI A. et SAHKI R., 2004** - *Le Hoggar promenade botanique*, Ed, Esope, Lyon, 311 p.
- 105- SAHRAOUI et GOURREAU, 1998** - Les Coccinelles d'Algérie : Inventaire préliminaire et régime alimentaire (Coléoptères, Coccinellidae). *Bull. Soc. Entomol. de Fr.*, 103(3), Pp. 213-224.

- 106- SAHRAOUI E., 2001 - Etude de quelques paramètres bioloécologique des coccinelles aphidiphages d'Algérie (Coleoptera- Coccinellidae). *Bul.Soc.Zool.Fr.*126(4): 351-373.
- 107- SAMY HM., 2004 - Integrated Control Of The Key Insect Pests Of Date Palm Fruits In The New Valley Governorate. available on line: www.arabscientist.org/english/page/624/
- 108- SAYED A A. et TEMERAK SA., 2007 - Alternate two green chemicals: spinosad and methoxyfenozidz to combat *Viracola livia* on dates in Dakhla Oasis, New Valley, Egypt. *The Fourth Symposium on Date Palm in Saudi Arabia, King Faisal University, Alahsa, 5- 8 May*: 1495–1501.
- 109- SAYED AA., TEMERAK SA. et LYSANDROU M.,2010 - *The use of different insect control regimes using three green chemicals to combat Virachola livia on date palm fruit in Egypt*, Zaid A and Alhadrami GA, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 715pp.
- 110- SCHERRER B., 1984 - *Présentation des données. Biostatistique*. Ed. G Morin. Vol. 2. 123p.
- 111- SEDRA MH., 2003 - *Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc, techniques phoénicoles et Création d'oasis*, INRA-Editions. Rabat Instituts. Maroc. 254pp.
- 112- SEKOUR M., BEDDIAF R., SOUTTOU K., DENYS C., DOUMANDJI S.et GUEZOUL O., 2011 - Variation saisonnière du régime alimentaire de la chouette Chevêche (*Athene noctua*) (Scopoli, 1769) dans l'extrême sud-est du sahara algérien (Djanet, Algérie). *Revue d'écologie*. 66 : 79- 91.
- 113- SELTZER P., 1937 - *Le climat en Algérie*. Ed. La Typho-Litho et Jules Carbonel. Paris. pp. 29 -37.
- 114- SETTAOUI S., TAIBI A., HAMMADI F., DOUMANDJI S., 2017 - Infestation des agrumes par la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera, Trypetidae) à Tlemcen-Algérie. *A J A E*. 7(1) : 102-110.
- 115- SHIRAI Y. et MORIMOTO N., 1997 - Life history traits of pest and non-pest population in the phytophagous ladybird beetle, *Epilachna niponica* (Coleoptera: Coccinellidae). *Researches on Population Ecology*. 39: 163-171.
- 116- SHIRAI Y. et Morimoto N., 1999 - A host shift from wild blue cohosh to cultivated potato by phytophagous ladybird beetles, *Epilachna yasutomii* (Coleoptera: Coccinellidae). *Researches on Population Ecology*. 41: 161-1.

- 117- **SHOUKRY A. et HAFEZ M., 1979** - Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Ent. Exp and Appl.* (26): 33-39.
- 118- **SORIA F., 1963** - Etude des populations et de dispersion de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera : Trypetidae) en Tunisie à l'aide des radio - isotopes. *Int. Atomic. Energy. Agency IAEA I Vienne*: 357-363.
- 119- **VACHON M., 1952** – *Etudes sur les scorpions*. Ed. Institut Pasteur d'Algérie. Alger. 482 p.
- 120- **VAIL P V., MOORE I. et NADEL D., 1976** - The Mediterranean fruit fly in Central America. *IAEA BULLETIN*. 18(3/4): 43.
- 121- **WACHER T., DE SMET K., BELBACHIR F., BELBACHIR-BAZI A., FELLOUS A., BELGHOUL M et MARKER L., 2005** - *Inventaire de la faune sahelosaharienne*. Ed. Office parc Nati. Ahaggar, Tamanrasset, 45 p.
- 122- **ZOUBA A. et CHERMITI B., 2015**- Première estimation des dégâts causés par *Viracholalivia Klug* (Lepidoptera : Lycanidae) sur palmier dattier en Tunisie, *Premier Symposium National sur la Protection Intégrée des plantes* (20-21 Avril 2015).

Annexes

ANNEXE 1



(A)



(B)



(C)

Figure 31 - Dégâts causées par *Ceratitis capitata* sur Oranger (A), grenadier (B) et figuier (F)



(A)



(B)



(C)

Figure 62 - Dégâts causés par *Virachola livia* sur *Punica granatum* (A), *Acacia nilotica* (B) et *Acacia raddiana* (C)



(A)



(B)

Figure 64 - Dégâts causés par *Epilachna chrysolina* sur fruits (A) et feuilles(B). de melon serpent

ANNEXE 2

Call:
FAMD(base = df)

Eigen values

Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5		
Variance		3.633	2.294	1.523	1.162	1.080
% of var.		24.219	15.295	10.154	7.744	7.198
Cumulative % of var.		24.219	39.514	49.668	57.411	64.609

Individuals (the 10 first)

Dist	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2	Dim.3	ctr		
1		3.519	-1.829	2.047	0.270	-0.797	0.615	0.051	0.100	0.015
2		3.261	-1.746	1.865	0.287	-0.391	0.148	0.014	0.148	0.032
3		4.001	-2.327	3.312	0.338	-1.007	0.982	0.063	-0.157	0.036
4		3.261	-1.636	1.637	0.252	-0.344	0.114	0.011	0.359	0.188
5		3.180	-1.358	1.129	0.182	0.024	0.001	0.000	0.507	0.375
6		4.346	-3.030	5.615	0.486	-1.683	2.745	0.150	-0.729	0.776
7		4.948	-3.655	8.172	0.546	-1.898	3.490	0.147	-1.097	1.757
8		3.609	-2.212	2.993	0.376	-1.187	1.365	0.108	-0.375	0.205
9		3.986	-1.822	2.030	0.209	-2.137	4.421	0.287	-0.520	0.394
10		3.913	-2.690	4.425	0.472	-1.373	1.826	0.123	-0.542	0.428

cos2

1	0.001
2	0.002
3	0.002
4	0.012
5	0.025
6	0.028
7	0.049
8	0.011

9 0.017 |
 10 0.019 |

Continuous variables

Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2	Dim.3	ctr	cos2			
Nbr.PM		0.775	16.548	0.601	-0.551	13.212	0.303	-0.025	0.040	0.001	
Nbr.FP		0.869	20.764	0.754	0.419	7.641	0.175	-0.006	0.003	0.000	
TA		0.734	14.838	0.539	0.391	6.647	0.152	0.308	6.238	0.095	

Categories (the 10 first)

Dim.1	ctr	cos2	v.test	Dim.2	ctr	cos2	v.test	Dim.3			
Abricotier		0.714	0.429	0.046	0.879	1.713	6.195	0.267	2.652		2.203
Figuier		0.240	0.097	0.009	0.447	2.086	18.374	0.686	4.884		-1.313
Grenadier		2.857	13.741	0.760	5.314	-1.519	9.739	0.215	-3.555		-0.339
Mandarinier		-1.224	2.521	0.291	-2.276	-0.345	0.502	0.023	-0.807		0.782
Oranger		-2.230	8.377	0.641	-4.149	-1.079	4.918	0.150	-2.526		-0.231
Ifoten		-0.355	0.425	0.068	-1.105	0.820	5.671	0.360	3.210		0.858
Tazrouk1		2.238	4.216	0.387	2.754	-1.175	2.914	0.107	-1.819		-0.433
Tazrouk2		3.475	10.170	0.641	4.276	-1.863	7.324	0.184	-2.884		-0.246
Teghargharte		-0.014	0.000	0.000	-0.018	2.218	10.380	0.406	3.433		-2.525
Tin_Ouraghen		-2.139	7.706	0.640	-3.980	-1.229	6.377	0.211	-2.877		-0.115

ctr	cos2	v.test		
Abricotier	23.248	0.441	4.187	
Figuier	16.524	0.272	-3.773	
Grenadier	1.103	0.011	-0.975	
Mandarinier	5.851	0.119	2.245	
Oranger	0.509	0.007	-0.662	
Ifoten	14.113	0.395	4.126	
Tazrouk1	0.898	0.014	-0.823	
Tazrouk2	0.289	0.003	-0.467	
Teghargharte	30.546	0.526	-4.799	
Tin_Ouraghen	0.126	0.002	-0.329	

Résumé

**Importance de trois bio-agresseurs (*Ceratitis capitata*, *Virachola livia* et *Epilachna chrysomelina*) sur quelques cultures dans l'extrême sud-est algérien
(Djanet et Tamanrasset)**

Résumé :

L'étude des dégâts causés par les bio-agresseurs *Ceratitis capitata*, *Virachola livia* et *Epilachna chrysomelina*, ainsi que l'étude de quelques paramètres bioécologiques fait l'objet de ce présent travail. L'estimation des dégâts causés par *Ceratitis capitata* nous a permis d'enregistrer un taux égal à 42%, 76%, 83,3%, 93,3%, 88,7% respectivement pour l'oranger, le mandarinier, le figuier, l'abricotier et le grenadier. La durée de pupaison des pupes issues de mandarine varie entre 10 et 22 jours (moy = $13,0 \pm 1,8$ jours). Elle est relativement courte pour les pupes issues des grenades avec une durée de 3 à 14 jours (moy = $8,3 \pm 2,1$ jours) et celles des figues avec 2 à 12 jours (moy = $7,8 \pm 2,0$ jours). Alors que la plus courte durée est enregistrée pour les pupes des abricots avec 5 et 9 jours (moy = $6,9 \pm 1,6$ jours). Les pupes issues de mandarine présentent un taux d'émergence élevé qui peut atteindre le 100% (moy = $63,4 \pm 20,5\%$), alors que les plus faibles valeurs sont enregistrées pour les abricots, avec 13,3% et 50% (moy = $33,8 \pm 14,7\%$). Les adultes de *C. capitata* ont une durée de vie très variable ($p = 0,000$) en fonction de type de culture. La longévité des adultes la plus élevée est notée chez la mandarine variant entre 41 et 70 jours (moy = $57,3 \pm 12,3$ jours), alors qu'elle est moyennement faible concernant les grenades avec 9 et 49 jours (moy = $26,7 \pm 13,1$ jours) et très courte pour les figues avec 3 et 14 jours (moy = $5,0 \pm 2,8$ jours). Le sex-ratio est en faveur des femelles avec un taux de 75,9% chez les adultes issues de figues. L'étude de dégâts causés par *Virachola livia* montre que le grenadier est le plus attaqué avec des fréquences qui varient entre 1 et 15 œufs/fruit pour les œufs et entre 1 et 24 pénétrations/fruits pour les pénétrations des larves. *Acacia nilotica* vient en deuxième position avec une variation qui s'étale entre 1 et 9 œufs/fruit pour les œufs pondus sur les fruits et presque la même chose (1 à 8 pénétrations/fruit) concernant les pénétrations des larves. En troisième position se place *Acacia raddiana* avec une fréquence des œufs qui varie entre 1 et 3 œufs/fruits et une fréquence d'attaque qui varie entre 1 et 4 pénétrations/fruits pour les pénétrations des larves. Au laboratoire, la durée de cycle de vie de ce ravageur sur grenadier varie entre 21 et 29 jours avec une moyenne de $24,3 \pm 2,1$ jours, les adultes peuvent vivre jusqu'au 10 jours pour les mâles et 8 jours pour les femelles. Alors qu'au terrain, la longévité de mâles peut atteindre 11 jours, cependant les femelles peuvent vivre jusqu'à 16 jours. Le melon serpent est le plus attaqué par *Epilachna chrysomelina* avec un taux d'attaque moyen de 31,8%, suivi par la pastèque avec 8,6%, alors que le melon est le moins attaqué avec un taux de 6,7%. L'étude de la bio-écologie d'*Epilachna chrysomelina* au Sud Est algérien nous a permis de ressortir que la durée moyenne de l'accouplement au laboratoire est égale à $124,9 \pm 79,7$ mn. La taille de ponte varie entre 6 et 40 œuf/ femelle (moy = $18,3 \pm 11,8$ œuf/ femelle). La durée moyenne développement d'*Epilachna chrysomelina* depuis l'œuf jusqu'à l'adulte est de $24,2 \pm 4,3$ jours.

Mots clés : *Ceratitis capitata*, *Virachola livia*, *Epilachna chrysomelina*, bio-écologie, dégâts, Djanet, Tamanrasset.

Importance of three bio-aggressors (*Ceratitis capitata*, *Virachola livia* and *Epilachna chrysomelina*) on some crops in extreme south-eastern Algeria (Djanet and Tamanrasset)

Abstract:

The study of the damage caused by the bio-aggressors *Ceratitis capitata*, *Virachola livia* and *Epilachna chrysomelina*, as well as the study of some bio-ecological parameters is the subject of this work. The estimation of the damage caused by *Ceratitis capitata* allowed us to record a rate equal to 42%, 76%, 83.3%, 93.3%, 88.7% respectively for orange, tangerine, fig, apricot and pomegranate trees. Pupation duration of pupae from tangerine varies between 10 and 22 days (mean = 13.0 ± 1.8 days). It is relatively short for pomegranate pupae with 3 and 14 days (mean = 8.3 ± 2.1 days) and fig pupae with 2 and 12 days (mean = 7.8 ± 2.0 days). While the shortest duration is recorded for apricot pupae with 5 and 9 days (mean = 6.9 ± 1.6 days). Pupae from mandarin have a high emergence rate of up to 100% (mean = $63.4 \pm 20.5\%$), while the lowest values are recorded for apricots, between 13.3% and 50% (mean = $33.8 \pm 14.7\%$). Adults of *C. capitata* have a very variable life span ($p = 0.000$) depending on the type of crop. The highest longevity of adults is noted in tangerine with 41 to 70 days (mean = 57.3 ± 12.3 days), while it is moderately low for pomegranates with 9 and 49 days (mean = 26.7 ± 13.1 days) and very short for figs with 3 and 14 days (mean = 5.0 ± 2.8 days). The sex ratio is in favor of females with a rate of 75.9% in adults derived from figs. The study of the damage caused by *Virachola livia* shows that pomegranate is the most attacked with frequencies varying between 1 and 15 eggs/fruit for eggs and between 1 and 24 penetrations/fruit for larva penetrations. *Acacia nilotica* comes second with a variation ranging from 1 to 9 eggs/fruit for eggs laid on fruits and almost the same (1 to 8 penetrations/fruit) for larva penetrations. In the third position came *Acacia raddiana* with an egg frequency that varies between 1 and 3 eggs/fruit and an attack frequency that varies between 1 and 4 penetrations/fruit for the larva penetrations. In the laboratory, the life cycle of this pest on pomegranate varies between 21 and 29 days with an average of 24.3 ± 2.1 days, adults can live up to 10 days for males and 08 days for females. While in the nature, males can live up to 11 days, females can live up to 16 days. The snake melon is the most attacked by *Epilachna chrysomelina* with an average attack rate of 31.8%, followed by watermelon with 8.6%, while the melon is the least attacked with a rate of 6.7%. The study of the bio-ecology of *Epilachna chrysomelina* in the South-East Algeria has shown that the average mating time in the laboratory is 124.9 ± 79.7 mn. The egg laying size varies between 6 and 40 eggs/ female (mean = 18.3 ± 11.8 eggs/ female). The average development time of *Epilachna chrysomelina* from egg to adult is 24.2 ± 4.3 days.

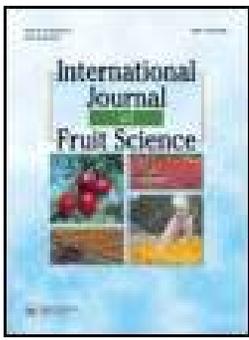
Keywords: *Ceratitis capitata*, *Virachola livia*, *Epilachna chrysomelina*, bio-ecology, damage, Djanet, Tamanrasset.

أهمية ثلاث أعداء بيولوجية (*Epilachna livia*، *Virachola Ceratitis capitata*)
(*chrysolina*)
على بعض المحاصيل في أقصى جنوب شرق الجزائر
(جانت وتمنراست)

ملخص

يهدف هذا العمل الى دراسة بعض الأضرار التي تسببها كل من *Ceratitis capitata* و *Epilachna chrysolina* و *livia Virachola* البيواكولوجية لهذه الآفات الزراعية. ان تحديد الأضرار التي تسببها *C. capitata* سمح لنا بتسجيل معدل ضرر يصل الى 88,7%, 93,3%, 83,3%, 76%, 42% بالنسبة للبرتقال، المندرين، التين والرمان على التوالي. كما لوحظ ان الفترة اللازمة لبلوغ الشرائق بالنسبة للمندرين تراوحت بين 10 الى 22 يوما (معدل = $13,0 \pm 1,8$). بينما كانت هذه الفترة قصيرة نسبيا بالنسبة للشرانق المستخرجة من ثمار الرمان، اذ تراوحت بين 3 و 14 يوما (معدل = $8,3 \pm 2,1$ يوما). على غرار التين ب 2 و 12 يوم (معدل = $7,8 \pm 2,0$ يوما). في حين تم تسجيل أقصر فترة لدى للشرانق المستخرجة من ثمار المشمش وحصرت بين 5 و 9 أيام (معدل = $6,9 \pm 1,6$ يوما). لقد سجل اعلى معدل ظهور لدى الشرائق المستخرجة من المندرين بنسبة 100%، بينما سجلت النسبة الأضعف لدى الشرائق المستخرجة من ثمار المشمش بنسبة تتراوح بين 50 و 13,3%. ان دورة حياة الحشرات البالغة لـ *Ceratitis capitata* متغيرة بتغير النبات العائل لها. بينما يتراوح طول عمرها ما بين 41 و 70 يوما بالنسبة للحشرات المستخرجة من ثمار اليوسفي، الى 9 يوما بالنسبة لثمار الرمان و 3 الى 14 يوما بالنسبة للتين. نسبة الإناث هي الأكثر لدى جميع العوائل وتقدر بنسبة 75,9% بالنسبة للحشرات المستخرجة من ثمار التين. إن قياس نسبة الضرر الذي تسببه *V. livia* اظهر لنا أن شجرة الرمان هي الأكثر تضررا بنسبة تتراوح ما بين 1 الى 15 بيضة/ثمرة بالنسبة للبيض و 1 الى 24 ثقب/ثمرة بالنسبة للثقب الاختراق. في الدرجة الثانية نجد *Acacia nilotica* بنسبة تتراوح بين 1 الى 9 بيضة/ثمرة وبعدها نجد *Acacia raddiana* بنسبة 1 الى 3 بيضة/ثمرة: تتراوح دورة حياة هذه الآفة الزراعية في المخبر ما بين 21 و 29 يوما. إن مدة حياة الحشرات البالغة تتراوح ما بين 10 أيام بالنسبة للذكور و 8 أيام بالنسبة للإناث. بينما قد تصل مدة حياة الذكور الى 11 يوما و 16 يوما للإناث في الظروف الطبيعية. يعد نبات القثاء الأكثر تضررا بـ *Epilachna chrysolina* بنسبة تقدر بـ 31,8%، يليه البطيخ بنسبة تقدر بـ 8,6%، بينما يعد الشمام الأقل تضررا بنسبة ضرر تقدر بـ 6,7%. إن دراسة بعض الخصائص البيواكولوجية في جنوب شرق الجزائر سمح لنا باستنتاج ان المدة المتوسطة للتزاوج بالنسبة لـ *Epilachna chrysolina* يساوي $124,9 \pm 79,7$ دقيقة وعدد البيض يتراوح ما بين 6 الى 40 بيضة /انثى. تقدر دورة حياة هذه الآفة بـ $24,2 \pm 4,3$ يوم.

الكلمات المفتاحية : الضرر، الخصائص البيواكولوجية، ذبابة الفاكهة، فراشة الرمان، خنفساء القرعيات، جانت، تمنراست



The Infestation State and Reproduction Biology of Pomegranate Butterfly *Virachola Livia* (Lepidoptera: Lycaenidae) in Saharan Area of Algeria

Rahma Beddiaf , Yasmina Kherbouche , Rekia Abdouali , Amar Eddoud , Labeled Ababsa , Omar Guezoul , Karim Souttou & Makhoulouf Sekour

To cite this article: Rahma Beddiaf , Yasmina Kherbouche , Rekia Abdouali , Amar Eddoud , Labeled Ababsa , Omar Guezoul , Karim Souttou & Makhoulouf Sekour (2020): The Infestation State and Reproduction Biology of Pomegranate Butterfly *Virachola Livia* (Lepidoptera: Lycaenidae) in Saharan Area of Algeria, International Journal of Fruit Science, DOI: [10.1080/15538362.2020.1768614](https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1768614)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1768614>



Published online: 22 May 2020.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 3



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



The Infestation State and Reproduction Biology of Pomegranate Butterfly *Virachola livia* (Lepidoptera: Lycaenidae) in Saharan Area of Algeria

Rahma Beddiaf^a, Yasmina Kherbouche^a, Rekia Abdouali^b, Amar Eddoud^a, Labeled Ababsa^a, Omar Guezoul^a, Karim Souttou^c, and Makhlof Sekour^a

^aDepartment of Agronomic Sciences, University of Ouargla, Ouargla, Algeria; ^bDepartment of Agricultural and Forestry Zoology, ENSA, El-Harrach, Algeria; ^cFaculty of Natural Science and Life, University of Djelfa, Djelfa, Algeria

ABSTRACT

Pomegranate trees are susceptible to many pests. Marketing quality of pomegranate fruits is mainly affected by the pomegranate butterfly *Virachola livia*. This study aimed to determine some bio-ecological parameters of *Virachola livia* (Klug) and the evaluation of their damages on pomegranate (*Punica granatum*) in the region of Djanet (Southeastern of Algeria). The percentage of infestation was 78.7% according to the penetration holes. However, depending on the number of eggs, it was 69.3%. The number of penetration holes and eggs by fruit varied between 1 and 24 (7.8 ± 5.7) holes/fruit and 1 to 15 (4.2 ± 3) eggs/fruit, respectively. The pupae stages last from 5 to 8 days (6.9 ± 1.2 days). The females can live between 8 and 16 days (10.9 ± 2.5 days), whereas the longevity of males varied between 4 and 11 days (8.8 ± 2.9 days).

KEYWORDS

Virachola livia; infestation; reproduction; pomegranate; Algerian Sahara

Introduction

Pomegranate trees (*Punica granatum* L.) are susceptible to many diseases and pests, in particular *Ceratitis capitata* (Wiedemann), *Ectomylois ceratonia* (Zeller) and *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera, Lycaenidae) (Braham, 2015; Sayed and Temarek, 2007). This last one caused a serious damage in many countries of the world, such as in Jordan (Obeidat and Akkawi, 2002), Oman (Abbas et al., 2008; Kinawy et al., 2008), Egypt (Sayed et al., 2010) and Tunisia (Ksentini et al., 2011). This species is also declared as a pest of the date palm in Morocco (Sedra, 2003) and Tunisia, where it was detected for the first time in 2011 (Zouba and Chermiti, 2015). Moreover, it can affect by other species such as *Ceratonia siliqua*, *Vicia faba*, *Prunus salicina*, *Eriobotrya japonica*, *Acacia* ssp. and *Psidium* spp. (Awadallah et al., 1970; Gentry, 1965; Hanna, 1939).

According to Obeidat and Akkawi (2002), the percentage of damage can reach to 48% on pomegranate in Jordan. However, there is no information on this agronomically harmful species in Algeria. The aim of this study was to be the follow-up of some bio-ecological parameters of *V. livia* and its impact on pomegranate in the extreme Southeast of Algeria. The obtained knowledge is necessary for developing successful management for this key pest of pomegranate.

Materials and Methods

Choice of the Study's Stations

This study was conducted in a Djanet area (24° 31' to 24° 34' N; 9° 27' to 9° 29' E). The area is located in the extreme Southeast of Algeria at about 2,200 km far from Algiers. It is a Saharan region localized in the area of Tassili n'Ajjer, at 1,094 m a.s.l. Our study area is limited by Libya in the East, Niger in the South, Tamanrasset at North, and in the Southeast by Bordj El Haoes. This area is characterized by a Saharan climate with hot summers and mild winter's (from 2006 to 2016). In this region, two stations were selected:

Station 1 (Elmihan Palm Plantation)

This station extends over an area of 0.5 ha. It was irrigated by submersion. The Palm trees *Phoenix dactylifera* L. we are arranging in a random way, they were accompanied by *Punica granatum*, *Vitis vinifera*, *Prunus armeniaca*, *Medicago sativa*, and some other gardening crops like *Solanum lycopersicum*, *Vicia faba*, and *Citrullus lanatus*.

Station 2 (Tin Ouraghen Palm Plantation)

This station extends over an area of 0.5 ha, also irrigated by submersion. In the same way, the date palms were strewed with a disordered way; it is the case of other species, in particular, *Citrus sinensis*, *Punica granatum*, *Vitis vinifera*, and *Prunus armeniaca*. Other vegetables were reported (*Medicago sativa*, *Panicum miliaceum*, *Solanum lycopersicum*, and *Vicia faba*) in this station.

Sampling Methods

The fruits were collected during the swelling period of fruits (May and June). Five pomegranate trees were randomly selected and inspected. Five fruits were collected from each tree, with one fruit from each direction (North, South, East, West, and center) of the canopy (Figure 1).

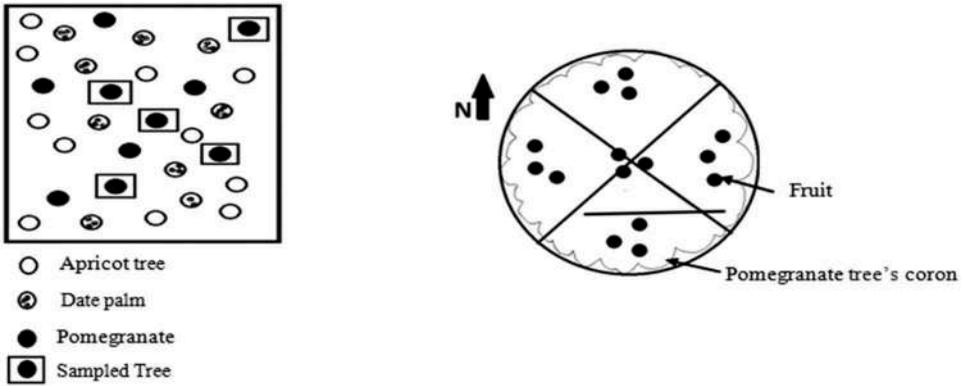


Figure 1. Representative diagram of the sampling procedure.

Estimate of the Percentage of Damage

At the laboratory, we proceeded to the counting of eggs and holes of penetration and exit. The percentage of damage was evaluated by the following function (Silvie and Goz , 1991):

$$\text{Percentage of damage(\%)} = \frac{\text{Number of affected fruits}}{\text{Total number of fruits}} \times 100$$

According to the previous protocol, the fruits sampling was put in covered box to study the following biological parameters.

Biology of *Virachola Livia*

Duration of the Nymphal Stage

The collected pupae were separately put in petri dishes until the emergence in order to determine the nymphal stage duration, which corresponds to the interval between the formation of the chrysalis and the emergence of the adult.

Emergence Percentage

The emergence percentage was estimated by the report of the number of emerging pupae on the total number of pupae, brought out of some fruits of pomegranate, expressed in percentage. It was calculated by the following function (Le Goff et al., 2016):

$$\text{Emergence percentage(\%)} = \frac{\text{Number of emerged pupae}}{\text{Total number of pupae}} \times 100$$

Longevity of Adults and Female's Fecundity

Once emerged, the adults were installed in plastic boxes containing a nutritious liquid (water + sugar) to calculate the longevity (male and female) and the number of eggs laid by virgin females.

All statistical analyses were realized by Minitab software (version 17.1.0.0). For data comparison, we have used ANOVA in the case of normal data and the Kruskal Wallis test for the abnormal data. The results were reported as significant for $p < .01$.

Results

Estimation of the Damages

The percentage of damage causing by *Virachola livia* on the pomegranate tree was estimated by the number of eggs and holes of penetration of larvae by fruit (Table 1).

The number of *V. livia* eggs of pomegranate fruits in the area of Djanet ranged from 1 to 15 eggs/fruit (mean = 4.2 ± 3.0). Based on the presence of eggs on fruit, the percentage of damage was 70.5% (Table 1). However, the number of the penetration holes ranged from 1 to 24 holes/fruit (mean = 7.9 ± 5.7). The percentage of damage was 78.7%. According to the stations, there were significant differences between the station ($p < .0001$). Indeed, in station 2, the damage was very important in pomegranate fruits with 85.3%, representing the number of eggs and 89.3% the number of the penetration holes (Figure 2).

The coefficient of variation was relatively high for the number of eggs (CV = 86.5%) with pomegranate fruits in the first station compared to the number of the penetration holes (CV = 65.6%) (Table 1). Similarly, the same results were recorded in the second station. Generally, the fruit sampled of the pomegranate tree in the study area was characterized by a percentage of

Table 1. Variation of a number of eggs and penetration holes of *Virachola livia's* larvae according to the stations of study.

Parameters	Station 1		Station 2		Total	
	Nbr w	Nbr p	Nbr w	Nbr p	Nbr w	Nbr p
Minimum	1	1	1	1	1	1
Maximum	10	10	15	24	15	24
Mean	2.53	3.25	5.31	11.40	4.24	7.88
SD	2.18	2.13	2.94	5.01	2.99	5.70
CV%	86.48	65.56	55.30	43.93	70.52	72.37
Number of affected fruits	40	51	64	67	104	118
Percentage of damage (%)	53.33	68	85.33	89.33	69.33	78.67
t test for equal means	0.11248		<0.0001		<0.0001	

Nbr W: number of eggs, Nbr p: number of penetration holes, SD: standard deviation, CV: coefficient of variation.

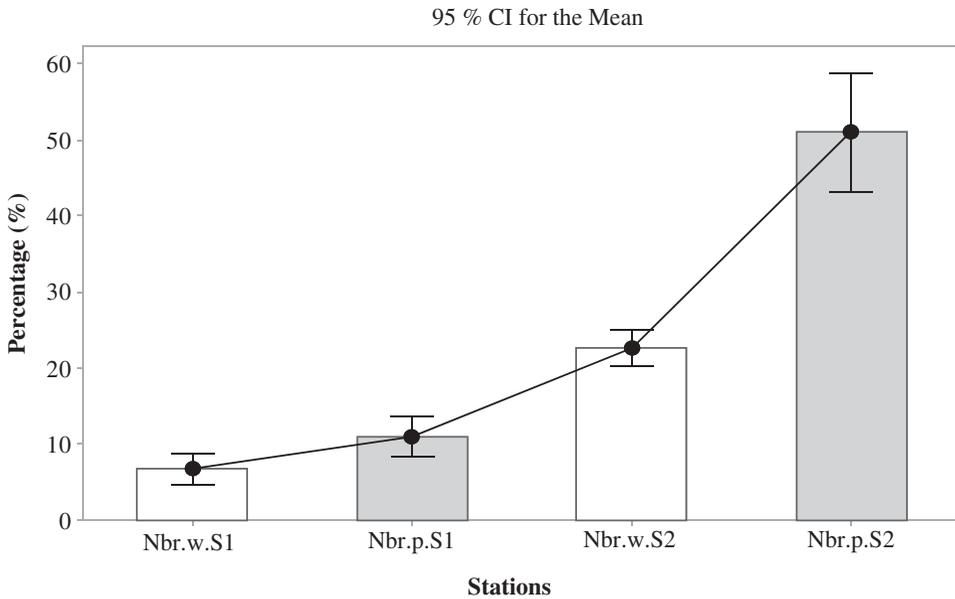


Figure 2. Number of eggs (Nbr.w.) and penetration holes (Nbr.p.) of larvae of *Virachola livia* per fruit in both stations. S1: station 1, S2: station 2

penetration holes (72.4%) almost similar to the percentage of oviposited egg on pomegranate fruits (70.5%) (Figure 2).

The percentage of fruits affected by *V. livia* was relatively high. It was 69.3% concerning eggs and 78.7%, representing the penetration holes of caterpillars (Table 1). The comparison between these two parameters showed that the penetration holes (67.8%) are twice as high as the number of eggs (32.2%).

The number of eggs counted on the pomegranate fruits in the first station presented a significant correlation ($r = 0.61$; $p < .0001$) with the penetration holes of larvae inside fruits (Table 2). Likewise, similar results were reported in the second station ($r = 0.58$; $p < .0001$).

According to cardinal directions, the number of penetration holes is higher than the number of oviposited eggs (Figure 3). The highest number of eggs was recorded on the fruits in center direction (15 eggs; mean = 7.4 ± 4.0), followed by

Table 2. Matrix of similarity between eggs and penetration holes number of *V. livia* on pomegranate tree in both stations of study. Values of Pearson's correlation (r) under the diagonal and the values of probability (p) above the diagonal.

	Nbr.w.S1	Nbr.p.S1	Nbr.w.S2	Nbr.p.S2
Nbr.w.S1	–	0.00000000597	0.079707	0.23925
Nbr.p.S1	0.61068	–	0.08639	0.23916
Nbr.w.S2	0.20364	0.19936	–	0.0000000595
Nbr.p.S2	0.13756	0.13758	0.57716	–

Nbr.: number, w.: eggs, p: penetration hole, S: station.

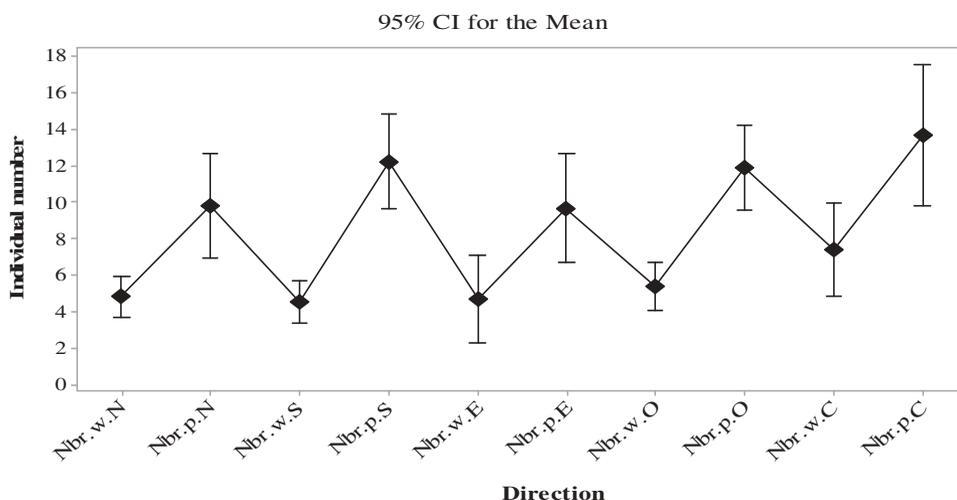


Figure 3. Variation of eggs (Nbr.w) and penetration holes (Nbr.p) of *V. livia* on pomegranates according to the directions. N: North, S: South, E: East, O: West, C: Center

Table 3. Variation of eggs and penetration's holes of *Virachola livia*'s larvae according to the directions.

Parameters	North		South		Est		West		Center	
	Nbr.w	Nbr.p	Nbr.w	Nbr.p	Nbr.w	Nbr.p	Nbr.w	Nbr.p	Nbr.w	Nbr.p
Minimum	1	2	1	3	1	1	2	3	1	4
Maximum	9	24	10	20	14	17	10	20	15	22
Mean	4.79	9.8	4.5	12.21	4.64	9.67	5.38	11.86	7.42	13.67
SD	2.01	5.17	2.07	4.49	3.59	4.70	2.18	4.04	4.03	6.15
CV%	41.93	52.77	45.92	36.78	77.33	48.59	40.5	34.04	54.38	45.03
Nbr aff fr	22	24	24	27	18	17	22	28	18	22
Percentage of damage	73.33	80	80	90	60	56.67	73.33	93.33	60	73.33
t test for equal means	0.002143		<0.00001		0.0092437		<0.00001		0.00753	

Nbr.: number, w.: eggs, p: penetration hole, SD: standard deviation, CV: coefficient of variation, aff. fr.: affected fruits.

the east direction in the second rank (14 eggs; mean = 4.6 ± 3.6) (Table 3). However, the highest number of penetration holes of larvae is recorded in the north direction (24 holes of penetration; mean = 9.8 ± 5.2), followed by the center direction (22 holes of penetration; mean = 13.7 ± 6.2).

The coefficient of variation recorded for the number of eggs was low on the pomegranate fruits in the west direction (CV = 40.5%), whereas the highest value was reported in the east direction (CV = 77.3%). While, for the penetration holes of the larvae, the minimum value was noted in the west direction (CV = 34.0%), however, the maximum value was recorded in the north direction (CV = 52.8%).

The percentages of affected pomegranate fruits according to oviposited eggs by *V. livia* ranged from 60% (east direction) to 80% (south direction). For the penetration holes, the percentage ranged from 56.7% (east direction)

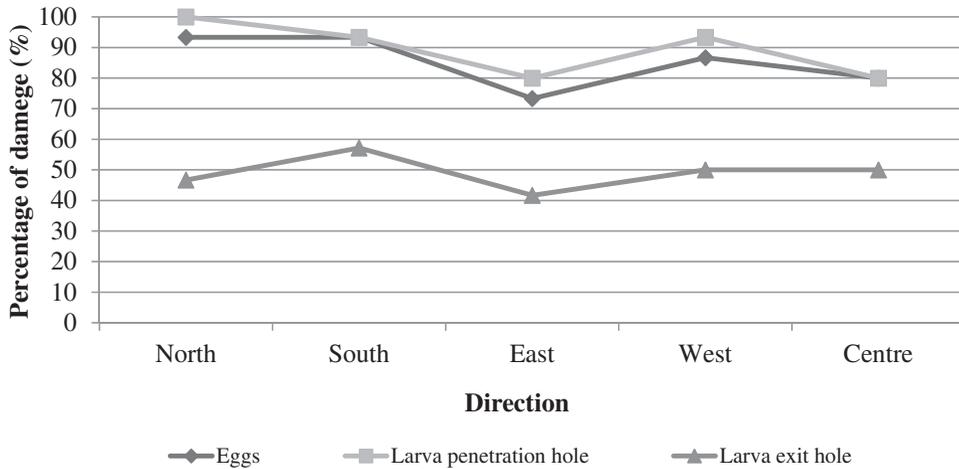


Figure 4. Percentage of infestation of *Virachola livia* on the total pomegranate trees according to directions and development stage.

to 93.3% (west direction). Moreover, the exit holes showed their highest values in the south direction (57.1%) and the lowest values were noted in the east direction (41.7%) (Figure 4).

Data on the Bioecology of *Virachola Livia*

The length of pupae varied between 10 and 12 mm (mean = 11.3 ± 0.6 mm) (Table 4). While the big width varied between 4 and 5 mm (mean = 4.8 ± 0.3 mm). As for the adults, the males (16.2 ± 1.1 mm) have a size relatively smaller than the females (19.6 ± 1.2 mm).

The duration of the pupae stages was 6.9 ± 1.3 days (Table 5). The longevity of the male adults of this butterfly was 11 days, while the longevity of females was 16 days.

The percentage of emergence was 66.7% (Figure 5). This percentage was high on the fruits in the west and center direction (100%), while, the percentage of emergence was low on the fruits in the south direction (50%).

Table 4. Morphometry of pupae and adults of *Virachola livia*.

Parameters	Pupae		adults	
	L (mm)	B.W. (mm)	male L (mm)	female L (mm)
Minimum	10	4	15	17
Maximum	12	5	19	21.4
Mean	11.29	4.75	16.24	19.58
SD	0.59	0.33	1.10	1.22

L: length, B.W.: big width, Min: minimum, Max: maximum, SD: standard deviation.

Table 5. Pupae stages duration, adult's longevity, and fecundity of virgin females.

Parameters	Pupae stages (day)	Longevity of adults (day)		Fecundity (egg)
		male	female	
Minimum	5	4	8	7
Maximum	8	11	16	95
Mean	6.88	8.80	10.89	38.44
SD	1.25	2.95	2.52	29.86

Min: minimum, Max: maximum, SD: standard deviation.

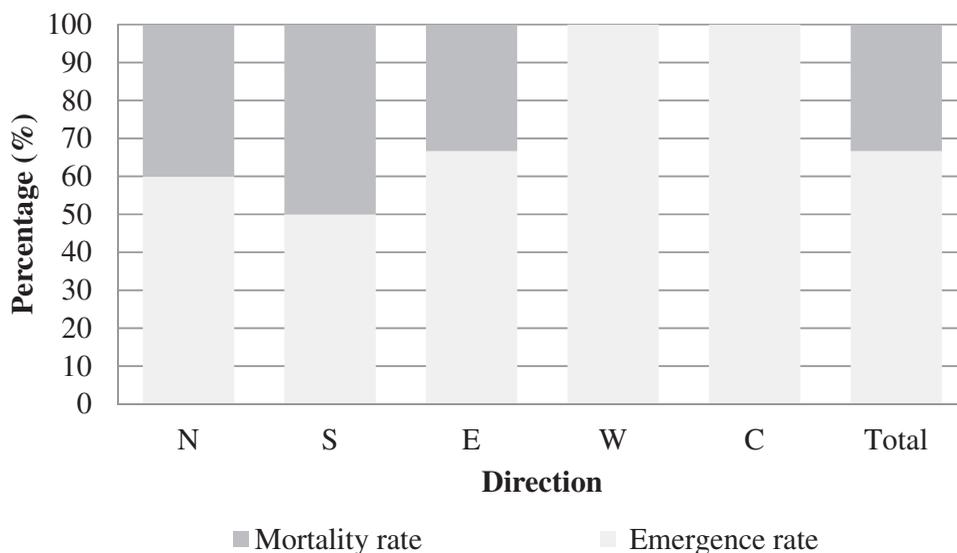


Figure 5. Percentage of emergence and mortality of *Virachola livia* pupae according to the directions. N: North, S: South, E: East, W: West, C: Center

It was to be noted that the pupae emergence of *V. livia* is made as well with the fruit as outside in the superficial layers of soil (Figure 6). The percentage of pupae emerged inside fruit was 63.6%, while those who emerged outside was 36.4%. The majority of pupae were emerging on the fruits in the west direction (83.3%), whereas in the northern pomegranate tree, the pupae preferred to emerge from the soil (60%). The emergence of pupae was giving, especially females (71.4%) more than males (28.6%).

Discussion

Damage Caused by *Virachola Livia*

The percentage of pomegranate fruits containing eggs of *V. livia* was 70.5%. Each fruit contained 4.2 ± 3.0 eggs/fruit, while 78.7% of fruits contained penetration holes (mean = 7.9 ± 5.7 holes/fruit). Several authors showed that *V. livia* was the most important pest of the pomegranates in many countries, in particular in Egypt (Sayed and Temerak, 2007), Tunisia

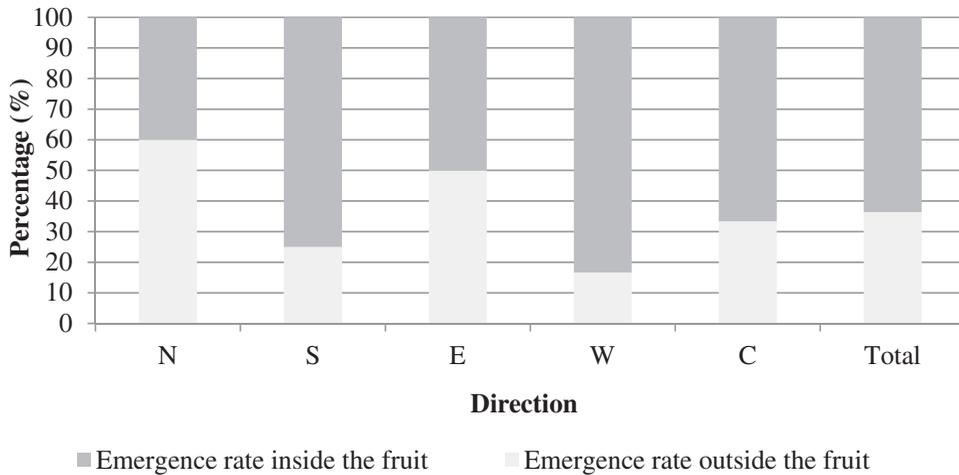


Figure 6. Pupae emergence percentage of *Virachola livia* inside and outside of fruits. N: North, S: South, E: East, W: West, C: Center

(Gharbi, 2010; Ksentini et al., 2011), Jordan (Obeidat and Akkawi, 2002) and Oman (Abbas et al., 2008; Kinawy et al., 2008). Under laboratory rearing, Gharbi (2010) noted that the female could lay until 13.1 ± 3.18 egg/fruit. In a pomegranate tree orchard with 4 years old, Kahramanoglu and Usanmaz (2013) reported that 276 ± 21 fruits were damaged among $1,889 \pm 116$ fruits examined.

Significant differences were found between the station ($p < .0001$). Indeed, in the second station, the damage was very important in pomegranate fruits with 85.3% of the number of eggs and 89.3% of the number of the penetration holes. In Tunisia, the infestation made up 52.0% in some areas (Ksentini et al., 2011). Similarly, Kahramanoglu and Usanmaz (2013) reported that *D. livia* was determined as the highest damaging pest with 14.63% of damage in 2011 and 15.57% of damage in 2012 in the untreated control treatments. On the other hand, Elsayed and Bazaid (2011) noted that the highest percentage of infestation was observed in August (17.5%), while the lowest was noted in October. Other authors mentioned the high infestations in May (Mokhtar and Al Nabhani, 2016) and in July (Pareek, 1982; Patyal and Nath, 1993).

The percentage of fruits affected by *V. livia* are relatively high, was 69.3% concerning eggs and 78.7% for the penetration holes of caterpillars. Obeidat and Akkawi (2002) recorded that the percentage of infestations were 48.0% in Jordan. The number of eggs counted on the pomegranate fruits in station 1 presented a significant correlation ($r = 0.61$; $p < .0001$) with the penetration holes of larvae inside fruits (Table 2). Likewise, similar results were reported at the station 2 ($r = 0.58$; $p < .0001$). More eggs were important; the

penetrations were very significant, which reflects the high fertility of this species.

The percentages of affected pomegranate fruits according to oviposited eggs by *V. livia* ranged from 60% (east direction) to 80% (south direction). Similar results were recorded by Mokhtar and Al Nabhani (2016) in Jordan.

The highest number of eggs was recorded on the fruits in center direction (15 eggs; mean = 7.4 ± 4.0), followed by the east direction in the second rank (14 eggs; mean = 4.6 ± 3.6). Mokhtar and Al Nabhani (2016) noted that the highest number of eggs was recorded on the fruits of the northern direction (31.6%), followed by those of the eastern direction (28.2%), the west direction (21.1%), and the south direction (19.2%). For the penetration holes, the percentage ranged from 56.7% (east direction) to 93.3% (west direction). Moreover, the exit holes showed their highest values in south direction (57.1%) and the lowest noted in the east direction (41.7%). These variations were almost certainly related to the climatic factors, in particular temperature and exposure time of fruits to the sunlight, which affected directly the cycle of this pest.

Mokhtar and Al Nabhani (2016) suggest that several factors may contribute to the distribution of *V. livia* eggs on the pomegranate fruits as follows:

- Factors causing aggregation such as resource limitation involving short season of pomegranate fruits; suitability of the fruit physical status for oviposition during the relatively short life of the butterfly females; and high competition on preferable oviposition sites.
- Factors causing avoidance such as carrying capacity of the pomegranate fruits; and cannibalism behavior in larval stage.

Data on the Bioecology of *Virachola Livia*

The length of pupae varied between 10 and 12 mm (mean = 11.3 ± 0.6 mm) (Table 4). While the big width varied between 4 and 5 mm (mean = 4.8 ± 0.3 mm). These results confirm those of Avidov (1958) who mentioned lengths was varying between 11 and 12 mm of the pupae. As for the adults, the males (16.2 ± 1.1 mm) have a size relatively smaller than the females (19.6 ± 1.2 mm). A similar dimension was already observed on the male pupae (8.1 ± 0.0 mm) and females (10.9 ± 0.0 mm) by Mkaouar and Ben Jamâa (2016).

The duration of the pupae stages was 6.9 ± 1.3 days. This duration was relatively lower than that noted by Gharbi (2010) in Tunisia, where mentioned that duration of pupae stages equal to 10.1 ± 0.7 days. It is to be noted that the region of the study was situated in the central Sahara, where extreme temperatures can be recorded, what affecting directly the biological cycle.

The longevity of male adults of this butterfly was 11 days, while the longevity of females was 16 days. Gharbi (2010) reported that the life cycle of 15.9 ± 1.1 days for the laying females and 12.1 ± 1.5 days for those who were fertilized. The same author added that longevity was negatively correlated with fertility.

The percentage of pupae emerged inside fruit was 63.6%, while those who emerged outside was 36.4%. The majority of pupae were emerging on the fruits in the west direction (83.3%), whereas in the northern pomegranate tree, the pupae preferred to emerge from the soil (60%). The lower number of pupae on pomegranate fruits in the north side of the tree canopy may be due to the effect of the sun, while those situated on the west side were characterized by pupation in the fruit. Globally, the emergence of pupae gives especially females (71.4%) more than males (28.6%). Gharbi (2010) showed that on 29 pupae, 51.7% were females.

Conclusion

The pomegranate plantation of the southeast extreme of Algeria suffered from a new pest, which is *Virachola livia*. This caterpillar was considered as a real problem, especially that the presented percentage of damage relatively high varying between 69.3 (eggs) and 78.6 (penetration holes of caterpillar). It was presented certain requirements in terms of environmental condition, in particular the exhibition toward cardinal points and emergence. Finally, according to our preliminary observations, more investigation must be carried out in Algeria in order to better understand the biology and the behavior of this new pest.

References

- Abbas, M.S.T., S.A. Razvi, R.H. Shidi, and S.A. Al-Khatry. 2008. Role of egg parasitoids for controlling the pomegranate butterfly, *Virachola livia* Klug (Lycaenidae: Lepidoptera) in Sultanate of Oman. Proceedings of the second Arab Conference of Applied Biological Pest Control, Cario, Egypt, 7-10 April, Egypt. J. Biol. Pest Contr. 18 (1): 43-46.
- Avidov, Z. 1958. A study of a life history of pomegranate butterfly (*Virachola livia* Klug.) in Israel. Ktav. Rehov 8:153-167.
- Awadallah, A.M., A.K. Azab, and A.K.M. El Nahal. 1970. Studies on the pomegranate butterfly, *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera-Rhopalocera: Lycaenidae). Bull. Soc. Entomol. 62:545-567.
- Braham, M. 2015. Insect larvae associated with dropped pomegranate fruits in an organic orchard in Tunisia. J. Entomol. Nemat. 7(2):5-10. doi: 10.5897/JEN2015.0119.
- Elsayed, G., and S.A. Bazaid. 2011. Field investigation of pomegranate fruit worm in Taif and laboratory evaluation of *Bacillus thuringiensis* against *Ectomyelois ceratoniae*. Arch. Phytopath. Plant Prot. 44:28-36. doi: 10.1080/03235400902831075.
- Gentry, J.W. 1965. Crop insects of northeast Africa - Southwest Asia. Agriculture Handbook N° 273 (Ed). Agricultural Research Service, Washington, USA.

- Gharbi, N. 2010. Laboratory rearing of the pomegranate fruit butterfly *Virachola livia* on two host plants in Tunisia. *Tunis. J. Plant Prot.* 5(2):195–200.
- Hanna, A.D. 1939. The pomegranate fruit butterfly *Virachola livia* Klug. Morphology, Life-History and Control (Ed). Ministry of Agriculture, Cairo, Egypt.
- Kahramanoglu, I., and S. Usanmaz. 2013. Management strategies of fruit damaging pests of pomegranates: *Planococcus citri*, *Ceratitis capitata* and *Deudorix (Virachola) livia*. *Afr. J. Agric. Res* 8(49):6563–6568.
- Kinawy, M.M., H.M. Al-Waili, and A.M. Elmandhari. 2008. Review of the successful classical biological control programs in Sultanate of Oman. *Proceedings of the 2nd Arab Conference of Applied Biological Pest Control, Cario, Egypt*, 7-10, April Egypt. *J. Biol. Pest Contr.* 18(1): 1-10.
- Ksentini, I., T. Jardak, and N. Zeghal. 2011. First report on *Virachola livia* Klug. (Lepidoptera: Lycaenidae) and its effects on different pomegranate varieties in Tunisia. *Bull. OEPP/EPPO* 41: 178–182.
- Le Goff, G.J., A. Nicolas, R. Al Mohamad, and T. Hance. 2016. Impact of humidity on the biological development of aphidoletes aphidimyza (Diptera: Cecidomyiidae). *J. Econ. Entomol.* 1(5):1–5.
- Mkaouar, R., and M.L. Ben Jamâa. 2016. Study on biology of pomegranate playboy *Deudorix livia*, (Klug, 1834) in *Acacia farnesiana*. *Ind. J. Appl. Res* 6(8):160–161.
- Mokhtar, A.M., and S. Al Nabhani. 2016. Distribution of *Virachola livia* (Lepidoptera: Lycaenidae) egg and influence of conspecific aggregation and avoidance behavior. *J. Agr. Sci. Tech.* 18:1593–1604.
- Obeidat, W., and M. Akkawi. 2002. Bionomics and control of pomegranate butterfly *Virachola (Deudorix) livia* (Klug) (Lepidoptera: Lycaenidae) in Northern Jordan. *Diras. Agri. Sci* 29(1):1–12.
- Pareek, O.P. 1982. Survey, collection and identification of pomegranate pests of Udaipur. Pomegranate research report and appraisal.
- Patyal, S.K., and A. Nath. 1993. Efficacy and persistence of monocrotophos and phosphamidon on wild pomegranate. *J. Entomol. Res.* 17(2):111–116.
- Sayed, A.A., and S.A. Temerak. 2007. Alternate two green chemicals: Spinosad and methoxyfenozidz to combat *Virachola livia* on dates in Dakhla Oasis, New Valley, Egypt. The Fourth Symposium on Date Palm in Saudi Arabia, King Faisal University, Alahsa, 5-8 May: 1495–1501.
- Sayed, A.A., S.A. Temerak, and M. Lysandrou. 2010. The use of different insect control regimes using three green chemicals to combat *Virachola livia* on date palm fruit in Egypt. *Acta Horticul.*, Proceedings of the fourth international date palm conference Abu Dhabi, United Arab Emirates, March 15-17, 882: 471–479.
- Sedra, M.H. 2003. Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc, techniques phoénicoles et Création d'oasis. INRA-Editions ed. Rabat Instituts, Maroc.
- Silvie, P., and E.E. Gozé. 1991. Estimation des pertes de production dues aux ravageurs du cotonnier au Tchad. *Cot. Fib. Trop* 46(1):15–32.
- Zouba, A., and B. Chermiti. 2015. Première estimation des dégâts causés par *Virachola livia* Klug (Lepidoptera: Lycaenidae) sur palmier dattier en Tunisie. Premier Symposium National sur la Protection Intégrée des plantes, Tunis, Tunisie, 20-21 Avril.