

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



**Mémoire**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine** : Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière** : Sciences Agronomiques  
**Spécialité** : Phytoprotection et environnement

**Présenté par** : Mlle. KHEMIS Madina

Mlle. GUELBOU Ferial

**Infestation du grenadier par *Virachola livia*  
Klug, 1834 (Lepidoptera: Lycaenidae) dans la  
région de Touggourt.**

**Thème**

**Soutenu** : 15/06/2023

**Devant le jury**

Président : S. Zenkhri

Encadreur : R. Korichi

Co-encadreur : A. Almi

Examinatrice : H. Benameur-Saggou

MCA

MCA

MAB

MCA

Univ. Ouargla

Univ. Ouargla

ENS Ouargla

Univ. Ouargla

Année universitaire : 2022/2023

## Remerciements

Tout d'abord, nous voudrions remercier Dieu de nous avoir donné la force et le courage de mener à terme ce modeste travail.

Nos sincères remerciements à notre encadreur Mr. Korichi R, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour lequel il trouve ici le plus profond respect et remerciements. La qualité de ses conseils et la diversité de ses points de vue sur le travail accompli et son soutien ont grandement contribué à la réalisation de ce travail. Nous le remercions également pour sa grande patience, ses encouragements, ses conseils, sa disponibilité, sa gentillesse et son humilité.

Nous tenons à remercier particulièrement et chaleureusement notre co-encadreur Almi A. pour ses encouragements et conseils.

Notre gratitude envers les membres du jury d'abord Dr. S. Zenkhri pour nous avoir honoré de sa présence en qualité de président de notre jury, puis Mme. H. Benameur-Saggou en tant qu'examinatrice de ce travail et pour sa disponibilité et efforts minutieux.

Nous remercions également sincèrement Mlle. Chaouch S. Nous lui exprimons ici toute notre gratitude pour sa disponibilité et aide.

Nous adressons nos remerciements particuliers aux jardiniers et agriculteurs de Touggourt, ceux qui ont mis les palmeraies sites d'étude à notre disposition et ont fourni toute l'aide et la coopération nécessaires sans aucune contrepartie. Ceux qui confrontent fléaux et ravageurs tout en les accueillant sans chercher à les exterminer.

Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Nous sommes heureux d'exprimer nos sincères remerciements à tous nos enseignants.

# *Dédicaces*

*Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU De m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut et tous les mots sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance à :*

*Mes chères parents **ABDELMADJID** et **FARIDA** pour tous leurs sacrifices, amour, tendresse, soutien et prières tout au long de mes études, je prie à DIEU le tout puissant pour qu'il leur accorde le bonheur pour le long de leur vie.*

*Aux étoiles de ma vie mes chers frères et sœurs : Riad, Abdelalim, Safa, Marwa, Med. Arafat, Tarouia, Zemzem (Aridj) et ma très chère Nour Bekka,*

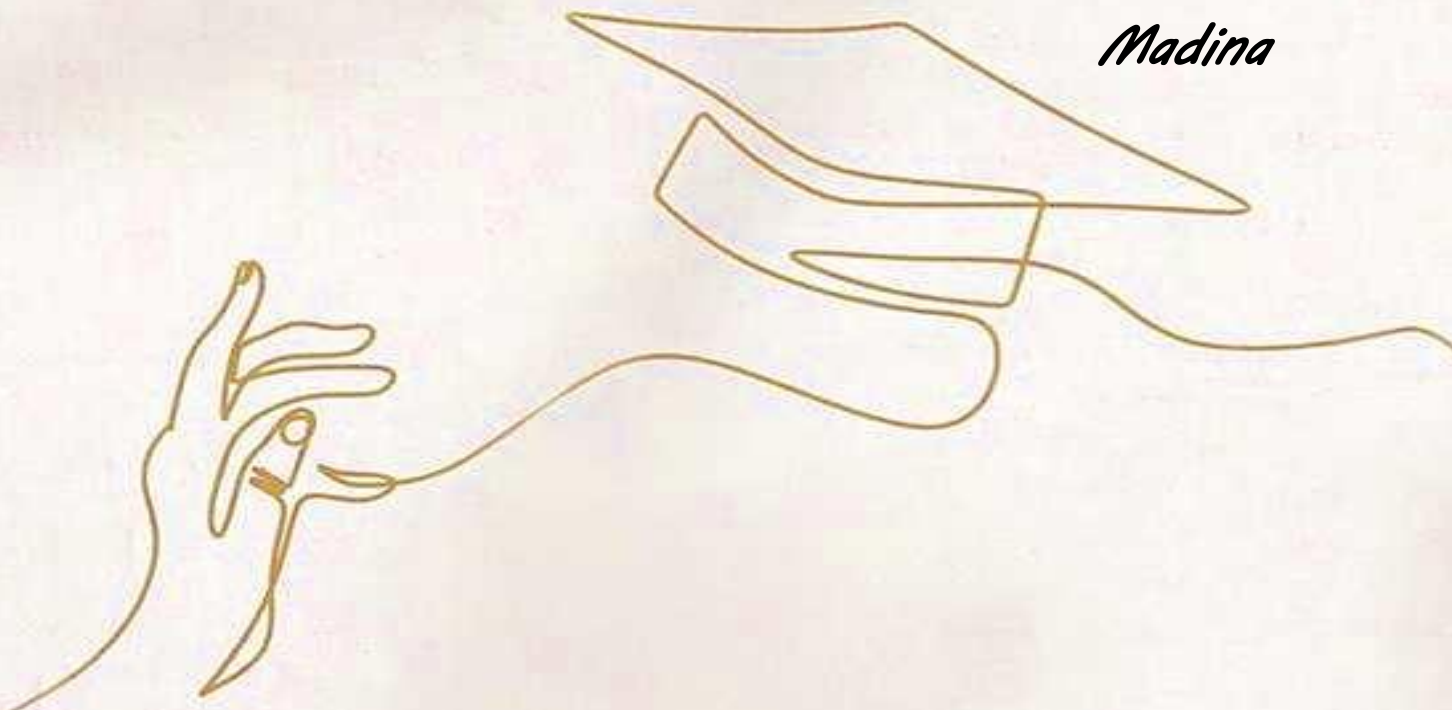
*Sans oublier les très chères Safa, Randa, Nadjela, Soudjoud, Djouri, Awab, Ala*

*A toute la famille : **KHEMIS***

*A mes chères amies*

*Enfin, je dédie ce travail à tous mes collègues, ami(e)s à la faculté des sciences de la nature et de la vie.*

***Madina***



# *Dédicaces*

*Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU De m'avoir donné la force et le courage  
de mener à bien ce modeste travail.*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut et tous les mots  
sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance à :*

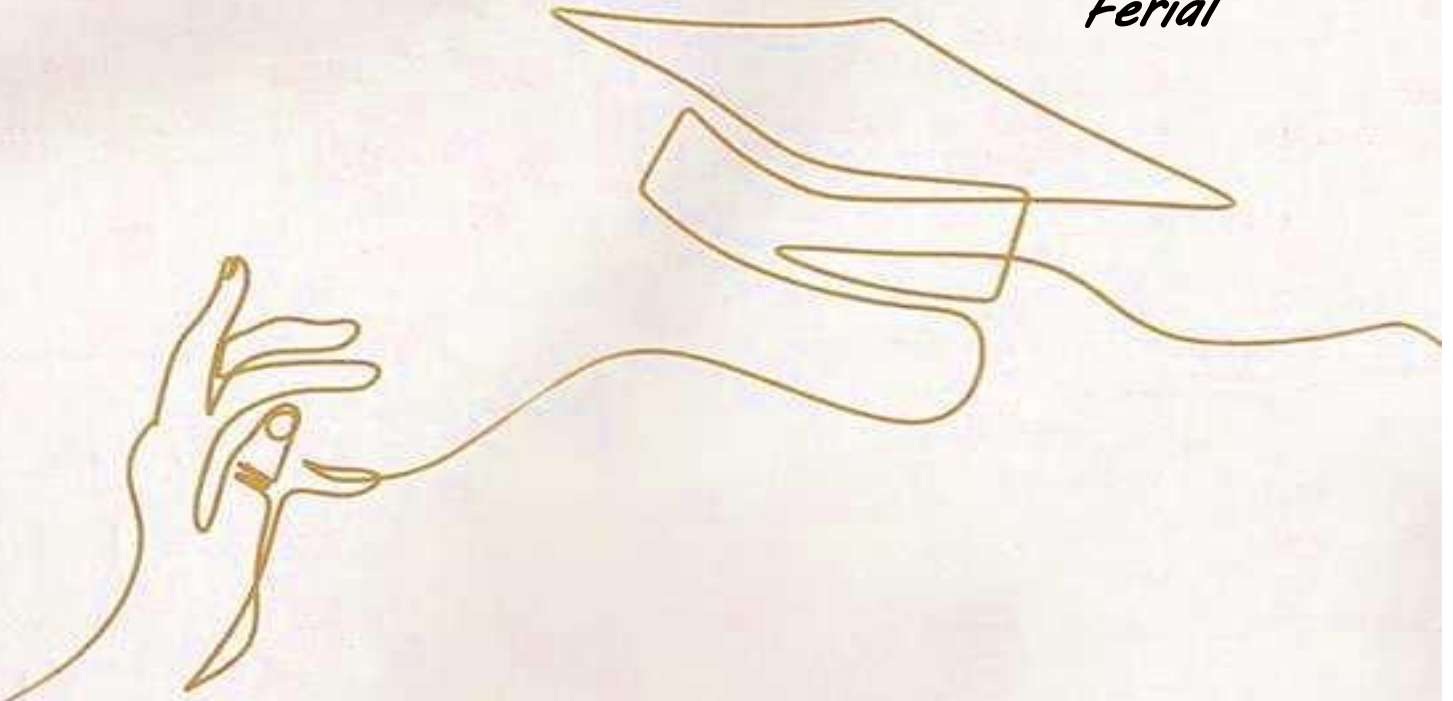
*Mes chères parents **ABDELWAHAB** et **FATIMA ZOHRA** pour tous leurs sacrifices,  
amour, tendresse, soutien et prières tout au long de mes études, je prie à  
DIEU le tout puissant pour qu'il leur accorde le bonheur pour le long de leur vie*

*Aux étoiles de ma vie mes chers frères et sœurs : Dalal, Nadia, Manel, Abdo,  
Habiba, Naziha, Hassiba et Nael*

*A toute la famille : **GUELBOU***

*A mes chères amies*

***Ferial***



## Liste des abréviations

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
<b>CV</b>	Coefficient de variation
<b>D.S.A</b>	Direction des Services Agricoles
<b>Moy</b>	Moyenne
<b>Nbre</b>	Nombre
<b>ONM</b>	Office National Météorologique
<b>S1</b>	Station 1
<b>S2</b>	Station 2
<b>S3</b>	Station 3
<b>SD</b>	Ecartype
<b>TI</b>	Taux d'infestation

## Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Région de Touggourt	5
2	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен appliqué à la région de Touggourt de l'année 2022	10
3	Position de la région de Touggourt dans le climagramme d'Emberger (2009-2018)	11
4	Dégâts causés par <i>Virachola livia</i> sur <i>Punica granatum</i>	23
5	Station Khemis1	26
6	Schéma parcellaire explicatif représentant la station Khemis 1	27
7	Station Khemis 2	28
8	Schéma parcellaire représentant la station Khemis 2	29
9	Station Dehbi	29
10	Schéma parcellaire explicatif représentant la station Dehbi	30
11	Schéma explicatif de méthode d'estimation du taux d'infestation	32
12	Schéma représentatif de la méthode d'échantillonnage	32
13	Schéma indiquant les différentes parties de ponte sur grenade	33
14	Schéma indiquant les différentes parties de ponte sur figue	33
15	Evolution temporelle de l'infestation par <i>V. livia</i> à Khemis 1 de mai à octobre 2022	42
16	Evolution temporelle de l'infestation par <i>V. livia</i> à Khemis 2 de juin à octobre 2022	43
17	Evolution temporelle de l'infestation par <i>V. livia</i> sur les grenades en fonction des directions cardinales à Khemis 1 de mai à octobre 2022	44
18	Evolution temporelle de l'infestation par <i>V. livia</i> sur les grenades en fonction des directions cardinales à Khemis 2 de juin à octobre 2022	45
19	Evolution temporelle de l'infestation par <i>V. livia</i> sur les grenades en fonction des points cardinaux à Khemis 1, à Khemis 2 et à Dehbi durant avril et mai 2023	46
20	Evolution temporelle de l'infestation par <i>V. livia</i> durant avril et mai 2023	48
21	Evolution de l'infestation par <i>V. livia</i> sur les figues à Khemis 2	49
22	Distribution spatiale des œufs sur grenade pour les stations 1 et 2 au cours de l'année 2022	54
23	Distribution spatiale des œufs sur grenade pour les trois stations au cours de l'année 2023	54
24	Distribution spatiale des œufs sur figue	56
25	Distribution spatiale des trous des larves par rapport aux zones de la grenade au cours de l'année 2022 de juin à octobre	57
26	Distribution spatiale des trous des larves par rapport aux zones de la grenade pendant les mois avril et mai 2023	58
27	Répartition des trous dans la moitié proche du calice par rapport à la seconde moitié du fruit	58
28	Cycle de vie chez <i>Virachola livia</i>	69

## Liste des photos

N°	Titre	Page
1	Région de Touggourt	5
2	Feuilles de grenadier	17
3	Fleur de grenadier	17
4	Fruits du grenadier	18
5	Séparation et surveillance des larves	33
6	Boîte d'accouplement	34
7	Ensachage des grenades	35
8	Ensachage des figues	35
9	Ensachage des fruits tombés	35
10	Salle des tunnels	36
11	Présence de <i>V. livia</i> sur figue	39
12	Œufs de <i>V. livia</i> sur bouton floral	40
13	Symptômes d'attaque de <i>V. livia</i> sur grenadier	41
14	Distribution des œufs sur grenade	55
15	Taille et distribution des trous sur la grenade	57
16	Endroits de ponte sur grenadier	59
17	Œufs du papillon <i>Virachola livia</i>	60
18	Œufs fécondés, œuf non fécondés de <i>V. livia</i>	60
19	Larve de premier stade de <i>V. livia</i>	62
20	Larve de <i>V. livia</i> au second stade	62
21	Larve de <i>V. livia</i> au troisième stade	63
22	Larves de <i>V. livia</i> au quatrième stade	64
23	Larve de <i>V. livia</i> au quatrième stade	64
24	Phases pré-chrysalide de <i>V. livia</i>	65
25	Début de chrysalide et la capsule céphalique chez <i>V. livia</i>	65
26	Chrysalides de <i>V. livia</i>	66
27	Emplacement de la chrysalide	66
28	Emergence de l'adulte de sa chrysalide	67
29	Face dorsale à la base de l'aile postérieure du mâle adulte	68
30	Adultes de <i>Virachola livia</i>	68
31	Présence de <i>Virachola livia</i> sur autre plante hôte	71

## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Données climatiques de la région de Touggourt	7
2	Durée d'insolations et évaporations moyennes mensuelles à la station de Touggourt pour la période 2000-2021	9
3	Analyse de la variance entre le taux d'infestation de la station S1 (mai à octobre 2022)	41
4	Groupes résultants du test de Tukey	42
5	Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Nemenyi / Test bilatéral	43
6	Test de Kruskal-Wallis	44
7	Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass	45
8	Analyse de la variance entre le taux d'infestation de station S2 (juin à octobre 2022)	46
9	Test de Kruskal-Wallis en fonctions des points cardinaux	47
10	Test de Kruskal-Wallis entre les stations pour la période d'avril et mai 2023	48
11	Taux d'attaque de <i>V. livia</i> sur les figues en fonction des directions cardinales	50
12	Taux d'attaque de <i>V. livia</i> sur les figues en fonction des arbres	50
13	Taux d'attaque global de <i>Virachola livia</i> sur figues	50
14	Variation de nombre des œufs et les pénétrations des larves de <i>Virachola livia</i> en fonction des deux stations d'étude (S1 et S2) de juin à octobre 2022	51
15	Variation de nombre des œufs et les pénétrations des larves de <i>Virachola livia</i> en fonction des stations d'étude (S1, S2 et S3) d'avril à mai 2023	52
16	Espèces notées à l'intérieur du fruit de celles à l'extérieur et des fruits sur arbre contre celles au sol	70



## Table des matières

Titre	Page
Introduction .....	1
<b>Partie I : Synthèse bibliographique</b>	3
<b>Chapitre I : Présentation de la région d'étude</b>	4
I.1. Localisation géographique .....	5
I.2. Relief .....	6
I.3. Sol .....	6
I.4. Climat .....	6
I.4.1. Température .....	7
I.4.2. Précipitations .....	7
I.4.3. Humidité .....	8
I.4.4. Vent .....	8
I.4.5. Insolation et évaporation .....	8
I.5. Synthèse bioclimatique .....	9
I.5.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson .....	9
I.5.2. Quotient pluviométrique d'Emberger .....	10
I.6. Données floristiques et faunistiques de la région d'étude .....	11
I.6.1. Flore .....	11
I.6.2. Faune .....	12
I.7. Agriculture .....	12
<b>Chapitre II : Aperçu bibliographique sur le grenadier</b>	13
II.1. Origine et aire de répartition .....	15
II.2. Production de la grenade dans le monde .....	16
II.2.1. Production de grenade en Algérie .....	16
II.3. Variétés .....	16
II.4. Description morphologique .....	17
II.4.1. Fruit .....	18
II.5. Soins culturaux .....	18
II.5.1. Plantation .....	19
II.5.2. Fertilisation .....	19
II.5.3. Entretien régulier et fructification .....	19
II.5.4. Multiplication .....	19
II.5.5. Récolte et conservation des fruits .....	20
II.6. Facteurs écologiques liés à la culture du grenadier .....	20
II.6.1. Exigences climatiques .....	20
II.6.2. Sol .....	20
II.6.3. Irrigation .....	20
II.7. Maladies et ravageurs .....	20
<b>Chapitre III : Présentation du papillon de grenadier</b>	21
III.1. Description .....	22
III.2. Origine et répartition géographique .....	22
III.3. Symptômes d'attaque .....	22

<b>Partie II : Partie expérimentale</b>	
<b>Chapitre I : Méthodologie</b>	
I.1. Présentation des stations d'étude .....	24
I.1.1. Station Khemis 1 (S1) .....	26
I.1.2. Station Khemis 2 (S2) .....	28
I.1.3. Station Dehbi (S3) .....	29
I.2. Méthodes utilisées sur le terrain et au laboratoire .....	31
I.2.1. Estimation de taux d'infestation et sens de l'attaque .....	31
I.2.1.1. Infestation en fonction des points cardinaux .....	31
I.2.1.2. Position des œufs et des trous .....	32
I.2.2. Etude des paramètres biologiques observés .....	33
I.2.3. Recherche d'entomofaune sur grenades .....	34
I.2.3.1. Ensachage des fruits sur arbre .....	35
I.2.3.2. Ensachage des fruits tombés .....	35
I.2.4. Infestation sur autres plantes hôtes .....	36
I.2.4.1. Comportement et préférence alimentaire .....	36
I.2.5. Analyse statistique .....	37
<b>Chapitre II : Résultats et discussion</b>	
II.1. Symptômes et période d'attaque .....	39
II.2. Taux d'infestation et sens de l'attaque.....	41
II.2.1. Détermination de la répartition spatiale des œufs .....	53
II.2.2. Détermination de la répartition spatiale des trous .....	56
II.3. Cycle de vie .....	59
II.3.1. Œuf .....	59
II.3.2. Stades larvaires .....	61
II.3.2.1. Larve néonate (L1) .....	61
II.3.2.2. Deuxième stade larvaire (L2) .....	62
II.3.2.3. Troisième stade larvaire (L3) .....	63
II.3.2.4. Quatrième stade larvaire (L4) .....	63
II.3.3. Phases pré-chrysalide .....	64
II.3.4. Phase chrysalide .....	65
II.3.5. Phase adulte .....	67
II.3.5.1. <i>Sex-ratio</i> .....	69
II.4. Entomofaune associée aux grenades .....	70
II.5. Polyphagie chez <i>V. livia</i> .....	70
II.5.1. Comportement alimentaire .....	71
Conclusion .....	73
Références bibliographiques .....	76

# **Introduction**

## Introduction

La culture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale de l'Algérie, où de nombreux types de fruits sont cultivés (Oukérimi et Oucif, 2018).

Le grenadier (*Punica granatum*) est l'un des cultures pérennes composant la strate végétale intermédiaire des palmeraies algériennes. C'est un petit arbre répandu dans toute la région méditerranéenne, une espèce qui reste très peu étudiée à l'échelle nationale, bien qu'elle a le potentiel de valoriser et de diversifier la production fruitière dans plusieurs régions (Amara, 2019). Il supporte parfaitement un climat très chaud, très sec et prospère même dans les climats tropicaux pourvus d'une saison sèche. Par contre, il est sensible aux basses températures (Evreinoff, 2018).

Depuis des milliers d'années, le grenadier, ses fruits ainsi que ses graines, son écorce et ses fleurs, sont utilisés, pour leurs propriétés médicinales (Wald, 2009). Son importance relève de la haute valeur nutritionnelle, elle contiendrait un taux intéressant d'antioxydants qui agissent pour protéger le corps contre les cancers et des enzymes qui préviennent contre l'ostéoporose. De nombreux fruits possèdent des polyphénols mais ceux de la grenade sont très nombreux et puissants et « développent en plus une capacité protectrice antioxydante sur le cerveau et ont un effet neuroprotecteur. Les études réalisées laissent entrevoir un potentiel prometteur dans la prévention de la maladie d'Alzheimer» (Arnoux et Forest, 2013).

Cependant, leurs rendements ces dernières années est de plus en plus faible en raison de l'exposition des arbres à certains parasites. *Virachola livia* Klug, 1834 (Lepidoptera: Lycaenidae) est devenu l'un des ravageurs les plus importants qui affligent aux grenades des dommages consistants et des préjudices économiques (Abd-Ella, 2015 et Ksentini *et al.*, 2011) pouvant atteindre parfois plus de 50 % de la récolte (Dossin, 2019).

Ce papillon est détecté en Tunisie (Gharbi, 2010 ; Ksentini *et al.*, 2011 ; Mkaouar *et al.*, 2014 ; Mkaouar et Ben Jamaa, 2016), bien qu'il ait pu causer des dégâts pendant plusieurs années auparavant. Il est signalé dans plusieurs pays dont l'Égypte, Oman, Jordanie (Obeidat et Akkawi, 2002; Samy, 2004; Sayed *et al.*, 2010), Maroc (Sedra, 2003) mais aussi en Algérie par plusieurs auteurs durant la dernière décennie (Beladis *et al.*, 2018; Almi *et al.*, 2018; Beddiaf, 2020; Redjal Melah, 2021; Boual, 2021). En ce moment, les fruits de grenadier produits sont fortement infestés par ce ravageur, un peu partout dans le pays.

Dans ce contexte, les travaux réalisés sur le papillon de grenadier *V. livia* (dégâts, morphologie, cycle biologique, contrôle.... etc) restent fragmentaires et certaines données méritent d'être vérifiées.

La présente étude est réalisée dans des sites cultivés abritant des grenadiers situés dans la région de Touggourt qui fait partie du Nord-est du Sahara algérien caractérisé par ses palmeraies et terres fertiles et eau abondante et une activité agricole importante qui offre des possibilités de développement à l'échelle locale. Une grande part de la production de grenades à Touggourt est perdue à cause de ce papillon.

Par conséquent, le présent travail a pour objectif d'évaluer l'ampleur de l'attaque causée par *V. livia* sur grenadier, donc l'estimation du degré d'infestation des fruits et des fleurs et l'étude de quelques aspects de sa bioécologie.

Le présent document est composé de deux parties : Partie I : Aperçu bibliographique, le chapitre premier traite des généralités sur la région d'étude, le second sur le grenadier et troisième sur le papillon. La deuxième partie, partie II est articulée en chapitre premier sur la méthodologie et chapitre deuxième destiné aux résultats. Une conclusion marque la fin du manuscrit.

**Partie I**  
**Synthèse bibliographique**

# **Chapitre I**

## **Présentation de la région d'étude**

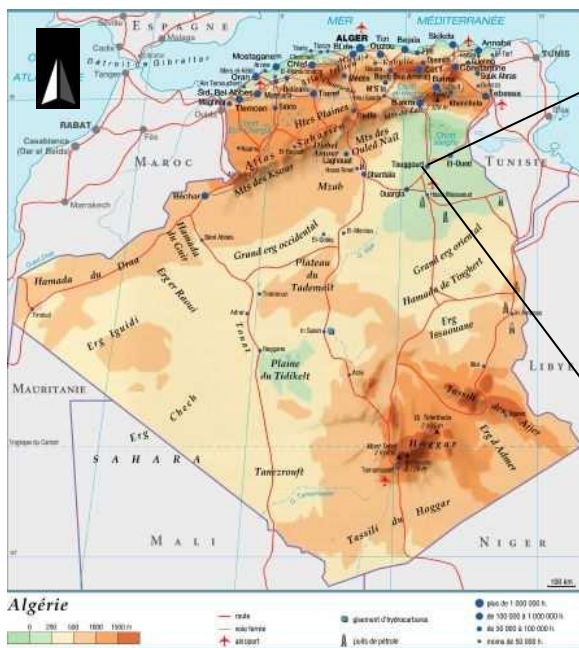
## Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Ce chapitre présente la région de Touggourt et ses caractéristiques (localisation géographique, climat, sol, relief...etc.).

### I.1. Localisation géographique

La région de Touggourt se situe au sud-est de l'Algérie (fig.1). Cette région est un ensemble d'oasis du Bas-Sahara algérien. Elle couvre une superficie de 216 km<sup>2</sup> (A.N.R.H, 2017). Touggourt (33°11' à 33° 12'N., 5° 59' à 6° 14' E. ; alt. 85m) est située à 638 km de la capitale (fig.1 ; photo 1). Elle est bordée au sud et à l'est par le Grand Erg Oriental, au nord par les palmeraies de Meggarine et à l'ouest par des dunes de sable.

Touggourt comprend huit communes dont Megarine et Tibesbest. Elle est limitée administrativement au nord par la commune de Djamâa, à l'est par la commune de Taibat, au sud et à l'ouest par la commune d'El Hadjira (Mezghouni, 2008).



**Figure 1** - Région de Touggourt (Google maps, 2022 modifiée)



• Sites d'étude

**Photo 1** - Région de Touggourt (Google earth, 10. 2022)



## I.2. Relief

La morphologie de la région de Touggourt est homogène, elle se présente comme une dépression de fossé orienté sud-nord, composée de dunes qui s'étendent sur la plus grande partie et quelques plaines composées de sable et d'alluvions. Cette région est connue sous le nom de Bas-Sahara, à cause de sa basse altitude, notamment dans la zone des chotts au nord, où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer. L'altitude passe très progressivement de +100m à Goug à, +70m à Touggourt (Hammouda, 2013). Le relief de cette région se compose d'un ensemble de chotts telles que Chott El-Bhour, Chott Sidi Slimane ; et d'un ensemble de lacs telles que : Lac Lala Fatma, Lac Témacine.

## I.3. Sol

Du point de vue pédologique, le facteur de la formation des sols est essentiellement le vent. Il s'y ajoute l'ampleur des variations thermiques, notamment journalières (Dutil, 1971) (Dubost, 1991). Les sols sahariens sont généralement peu évolués et dépourvus d'humus (Halitim, 1985). Les sols de la vallée de l'Oued Righ sont d'origine alluviale formés à partir du niveau quaternaire ancien encroûté essentiellement à la surface par des apports éoliens sableux (Cortin, 1969). Ce sont des sols meubles et bien aérés en surface, en majorité salés ; l'influence de la nappe phréatique est déterminante et on observe parfois un horizon hydro-morphe ou un encroûtement gypso-calcaire. Dans les sols non encroûtés, les propriétés hydrodynamiques sont bonnes, améliorées par des apports de sable en surface. La salure est de type sulfaté calcique dans les sols les moins salés ( $CE < 6$  mmhos/cm) et de type chlorure sodique pour les sols les plus salés (Bouaichi et Ben Abdallah, 2019).

En ce qui concerne les plantes et la végétation et le fait que la région soit désertique, elles ne peuvent vivre que par des variétés éparses aux caractéristiques particulières : elles ont des racines profondes, des feuilles incomplètes, des grains résistants et des conditions de survie difficiles (Ben kouider, 2019).

## I.4. Climat

Le climat de la région de Touggourt a les mêmes caractéristiques que celui des zones arides à savoir :

La faiblesse des précipitations, les grands écarts thermiques journaliers et saisonniers.

Le tableau 1 comporte les données climatiques de l'année 2022 relatives à la région de Touggourt.

**Tableau 1** - Données climatiques de la région de Touggourt de (O.N.M., 2022)

	Température (°C)			Humidité (%)	Vent (Km/h)	Précipitation (mm)
	Min.	Max.	Moy.			
Janvier	2,8	16,7	9,6	50,3	8,2	0
Février	6,6	20,2	13,5	42,2	9,9	0
Mars	10,5	23	17	42,3	12,7	1,52
Avril	14,2	27,7	20,09	35,1	14,9	1,02
Mai	18,8	34,1	26,8	25,5	12,9	1,02
Juin	26,7	42,3	35,3	16,9	10,6	0
Juillet	27,5	42,5	35,3	20,4	9,2	0
Août	27,7	42,1	34,8	25,6	9,7	0
Septembre	25,2	39,4	32,2	29,1	9,4	0,51
Octobre	17	32,1	24,5	38,1	7,5	1,02
Novembre	10,8	24,7	17,4	41,7	11	0
Décembre	8,4	21,9	14,5	55,6	8,1	4,06
Moyenne	18,45	28,89	23,41	35,23	10,34	/
Cumul	/	/	/	/	/	9,15

Max. : Maximale, Min. : Minimale

(O.N.M., 2022)

#### I.4.1. Température

La température est un facteur écologique capital. Elle agit sur la répartition géographique des espèces animales (Dreux, 1980).

A Touggourt, le mois le plus chaud de l'année 2022 est juin et juillet, avec une température moyenne de 35,3°C. Le mois le plus froid de l'année est janvier soit 9,6°C (tab.1).

#### I.4.2. Précipitations

Les précipitations sont très faibles et irrégulières, le cumul atteint à peine 9,15 mm durant l'année 2022 (tab.1). Les pluies se produisent essentiellement au printemps et en

automne. La répartition est marquée par trois mois de sécheresse quasi absolus de juin à août. La pluviométrie est à peine meilleure entre l'automne et le printemps.

Touggourt connaît une variation saisonnière minime en termes de fréquence des jours de précipitation (c'est-à-dire les jours connaissant une précipitation d'eau ou mesurée en eau supérieure à 1 millimètre).

Ce manque de précipitation implique forcément le recours à une agriculture dépendant de l'irrigation.

### **I.4.3. Humidité**

L'humidité relative de l'air est très faible, avec une moyenne annuelle de 35,23 % (tab.1). Elle chute jusqu'à 16,9% en juin à cause de la forte évaporation et les vents chauds. Elle atteint une moyenne maximale de 55,6% au mois de décembre.

### **I.4.4. Vent**

La vitesse moyenne du vent à Touggourt durant l'année de 2022 connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année. La période la plus venteuse de l'année dure 5 mois, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 10,34 km/h. Le mois le plus venteux de l'année est avril (14,9 km/h). La période la plus calme de l'année dure environ 8 mois, de juillet à février. Le mois le plus calme de l'année est octobre (tab. 1).

Les vents sont relativement fréquents dans la région de Touggourt ; en hiver les vents d'ouest et du nord-ouest prédominent, tandis qu'au printemps ce sont ceux du nord-est, alors qu'en été c'est ceux du sud-ouest qui prédominent. Les vents de sable soufflent fréquemment durant les mois de mars, avril et mai. Le Sirocco se manifeste principalement entre juillet et août causant des dommages sur le plan agricole.

### **I.4.5. Insolation et évaporation**

La région de Touggourt reçoit relativement beaucoup de soleil. Le tableau 2 résume les valeurs de la durée d'insolation (h) et celles de l'évaporation (mm).

**Tableau 2** - Durée d'insolations et évaporations moyennes mensuelles à la station de Touggourt pour la période 2000-2021

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolation (h)	225,85	237,7	284,4	284,2	306,3	342,7	356	311,5	266,1	251,7	225	217,6
Evaporation (mm)	82,10	110,2	175,4	212,39	283,4	324,4	347,8	296,7	227,3	181,3	132	85,56

(ONM, 2021)

La brillance du soleil est maximum au cours du mois de juillet (356 h) alors que le minimum est enregistré pendant décembre soit 217,6 h (tab.2). Le rayonnement solaire est excessif (cumul annuel est de 3309,5 h/an) ce qui traduit par un pouvoir évaporant élevé.

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse et l'agitation de l'air. Ces conditions sont pratiquement toujours remplies au Sahara. De ce fait, l'évaporation atteint une ampleur considérable (Ozenda, 1977).

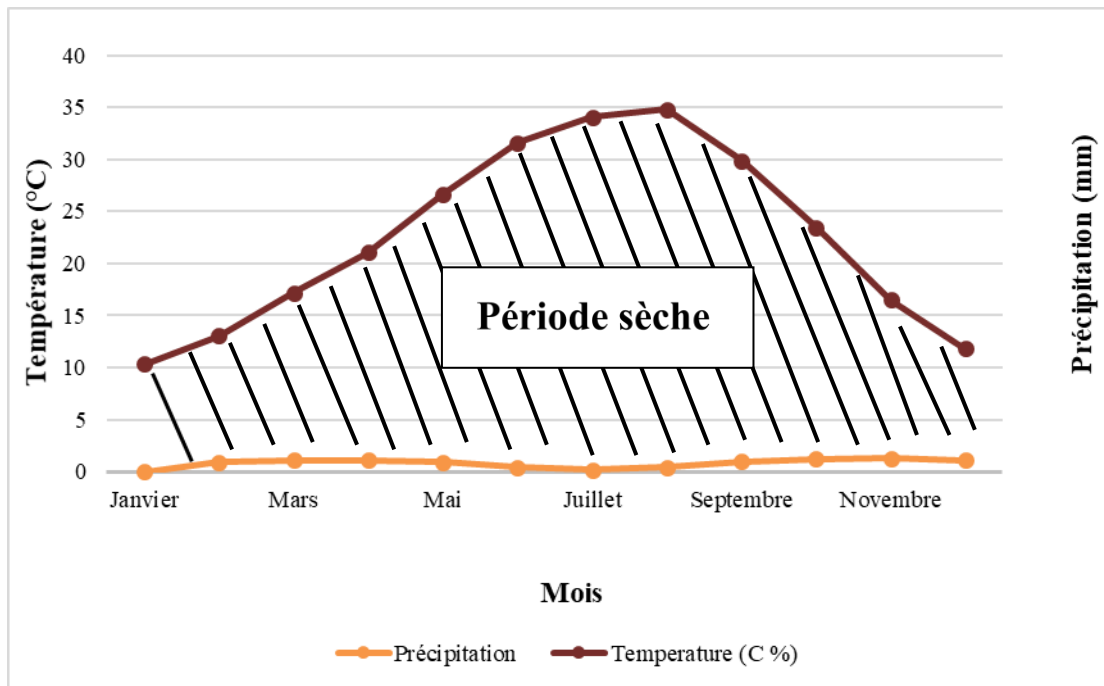
L'évaporation est très importante surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Le cumul est de l'ordre de 2458,55 mm/an avec un maximum mensuel de 347,8 mm en juillet et un minimum de 82,10 mm en janvier (tab.2).

### **I.5. Synthèse bioclimatique**

La classification écologique des climats est effectuée grâce à deux facteurs, les plus importants, soit la température et la pluviosité (Dajoz, 1971). Ces deux paramètres climatiques sont utilisés pour construire le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et le climagramme pluviométrique d'Emberger.

#### **I.5.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen**

Bagnouls et Gaussen (1953) proposent de définir les conditions bioclimatiques d'une région par l'importance de la saison sèche. Le diagramme ombrothermique, établi sur les données de l'année 2022 (fig. 2), montre que le climat de la région de Touggourt est caractérisé par une sécheresse permanente pendant toute l'année (climat saharien).



**Figure 2** - Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson appliqué à la région de Touggourt de l'année 2022

### I.5.2. Quotient pluviométrique d'Emberger

L'indice climatique d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté, en abscisses par la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnées par le quotient pluviométrique (Q3). L'indice est égal au quotient pluviométrique, nous avons utilisé la formule de Stewart (1969) adaptée pour l'Algérie et le Maroc, qui est:

$$Q3 = 3,43P/(M-m)$$

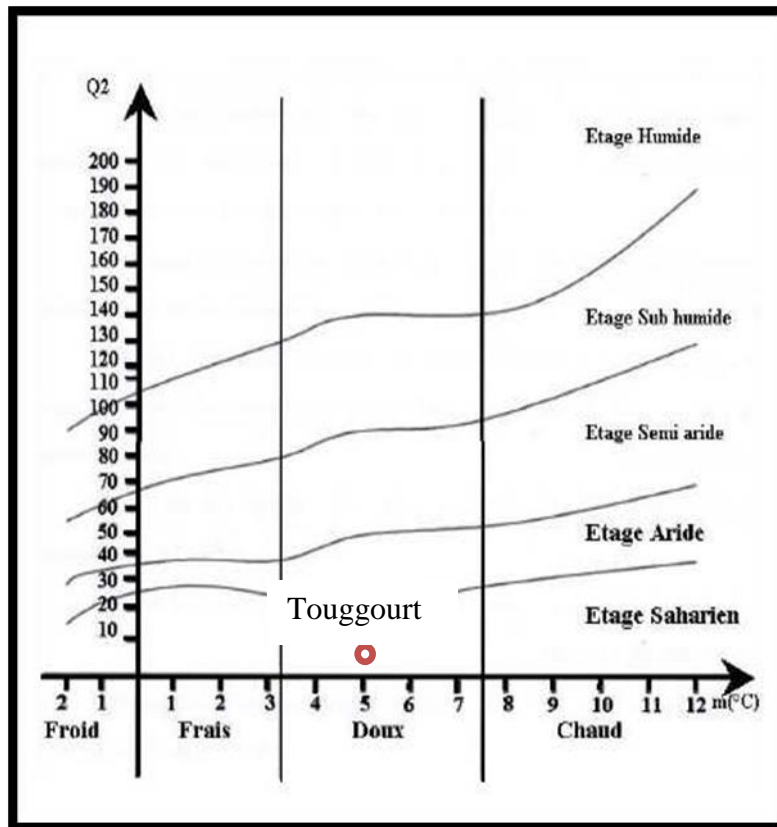
Q3 : Quotient pluviométrique d'Emberger ;

P : Pluviométrie annuelle exprimée en mm calculé pour les 10 ans (58,8 mm)

m. : Moyenne des températures minima du mois le plus froid exprimée en °C (m=5,1)

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud exprimée en °C (M=42,4)

Après l'emplacement de la valeur de Q3 (5,4) sur le climagramme pluviométrique d'Emberger, la région est classée dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (fig. 3).



**Figure 3** - Position de la région de Touggourt dans le climagramme d'Emberger (2009-2018)

## I.6. Données floristiques et faunistiques de la région d'étude

Dans cette partie nous exposons les travaux réalisés en premier lieu sur la flore, ensuite sur la faune de la région de Touggourt.

### I.6.1. Flore

En ce qui concerne les plantes et le fait que la région soit désertique, elles ne peuvent vivre que par des variétés éparses aux caractéristiques particulières : elles ont des racines profondes, des feuilles imparfaites, des grains résistants et des conditions de survie difficiles (Ben kouider, 2019). La flore de Touggourt regroupe une gamme importante d'espèces spontanées réparties entre plusieurs familles.

D'après Baameur (2021), la région de Touggourt compte 56 espèces végétales appartenant à 27 familles et genres différents, dont 19 familles ne sont représentées que par une seule espèce. Les Poaceae, les Amaranthaceae et les Asteraceae sont les

familles les plus notées avec 7 espèces pour chacune, suivis par les Fabaceae (5 espèces), les Polygonaceae et les Tamaricaceae avec 2 espèces.

D'après Chenchouni, (2011); Koull, (2015); Bazzine, (2018), la majorité des espèces végétales sont des espèces à affinité halophytique (*Arthrocnemum glaucum*, *Halocnemum strobilaceum*, *Salicornia fruticosa*, *Suaeda fruticosa*.); soit des plantes hydrophytes représentées notamment par des espèces caractéristiques telles *Phragmites communis*, *Juncus maritimus* et *Tamarix gallica*. La présence de ces deux catégories d'espèces est un bon indicateur des habitats humides salés (chotts et sebkhas). Cependant, il peut se présenter à côté du Drinn quelques espèces de type arbustives, comme *Ephedra alata*, *Retama retam*, *Gentisa saharae*..., et des herbacées comme *Cyperus conglomeratus*, *Moltkia ciliata* (Ozenda, 1991; Redjal Melah, 2021).

### I.6.2. Faune

La région de Touggourt est constituée d'une faune diversifiée qui se compose notamment d'espèces sahariennes (Redjal Melah, 2021).

Les données bibliographiques sur les espèces d'invertébrées de la région de Touggourt sont réalisées entre autre par Idder (1984), Bekkari et Ben zaoui (1991), Boulal (2008) et Sebaa (2014) et qui évoquent que la classe des insectes renferme la majorité des espèces inventoriées avec un effectif de 165 espèces répartie en 15 ordres. D'après Kowalski et Rzibek-Kowalski (1991) et Hadjoudj *et al.*, (2015), il existe 22 espèces de mammifères dans la région d'étude réparties sur 13 familles et 6 ordres.

Les poissons sont représentés uniquement par l'ordre cyprinodontiformes qui compte *Gambusia affinis*, *G. halbrooki*, *Tilapia zilli*, *Tilapia* sp. (Chenchouni, 2011). De même pour les amphibiens, ils sont représentés par un seul ordre qui regroupe 2 familles et 3 espèces dont *Bufo viridis* et *Bufo mauritanicus*. Selon Le Berre (1989) et Bentima (2014), la faune reptilienne de la région d'étude regroupe 18 espèces appartenant à 7 familles et 3 ordres. D'après Adamou (2021), il existe 30 espèces d'oiseaux, réparties entre 12 familles.

### I.7. Agriculture

La région de Touggourt est caractérisée par leurs terres fertiles en raison de leur eau abondante (Ben kouider, 2019).

Selon les données de la DSA de Touggourt de l'année 2023, la superficie de la région de Touggourt s'étend sur 1 413 312 hectares, classée parmi les principales régions productrices de dattes en Algérie. Un total de 1 311 863 ha est utilisé pour la plantation de palmiers composés de plus de 1 545 611 de pieds. Pour les arbres fruitiers, une superficie de 47762 hectares est déclarée dont la superficie de grenadiers est estimée à 71 hectares, les arbres avec 2593 hectares. Et la superficie de légumes est estimée à 3544 ha, celle des oliviers à 441 ha. En outre, la superficie des cultures plastiques est estimée à 69164 ha. La structure de la propriété phoenicicole révèle que le palmier dattier est la culture dominante dans la région. La majorité de ces pieds étant du type Deglet Nour (69 %), suivie par une faible part en variétés Ghars et Degla Beida avec 16 % et 9 % du patrimoine total respectivement. Par contre, les variétés dites secondaires ne représentent que de 5 % du total.



## **Chapitre II**

### **Aperçu sur le grenadier**

**Chapitre II : Aperçu bibliographique sur le grenadier**

Ce chapitre évoque des données relatives à la distribution géographique, l'histoire et la description du grenadier. Sa classification, plantation, valorisation, ses variétés et ses exigences écologiques ainsi que ses ennemis sont également mentionnés.

**II.1. Origine et aire de répartition**

Depuis des milliers d'années, le grenadier, *Punica granatum*, ses fruits ainsi que ses graines, son écorce et ses fleurs, sont utilisés, au Moyen-Orient et en Asie, régions dont cet arbuste est originaire, pour leurs propriétés médicinales. Connu depuis plus de 4000 ans, le grenadier n'a cessé de fasciner toutes les civilisations par sa beauté et la succulence de son fruit, à la symbolique nombreuse. Le calice de la grenade, en forme de couronne, en fait un fruit majestueux (Bärtels, 1998). La grenade serait originaire aussi d'Iran et d'Afghanistan, où elle a poussé spontanément à partir de là pendant 4000 ans. On le trouve également sur des bas-reliefs égyptiens vieux de 2500 ans et dans le jardin botanique Thoutmosis III créé en 1450 avant J-C (Amourettim et Comet, 1992).

D'abord disséminé par les nomades arabes, puis introduit en Chine au début du II<sup>ème</sup> siècle avant JC (Wald, 2009). La grenade portait le nom de pomme punique, c'est le *Malum punicum* de Pline, ou pomme de Carthage. Elle sera alors renommée *Punica granatum* (ordre des Myrtales). *Punica* est importé à Rome en souvenir des guerres puniques ou peut-être pour *puniceus* qui signifie rouge écarlate en latin, et *granatum* pour la multiplicité des graines contenues dans le fruit (Lemoine, 1998).

Plus tard, le grenadier sera introduit dans la péninsule ibérique, où le nom de son fruit, la grenade, sera donné à l'une des plus grandes villes d'Espagne (Wald, 2009).

C'est donc dans l'ancienne Perse que débuta la culture du grenadier et c'est également de la Perse que le grenadier fut importé en Occident, sur les pourtours du bassin méditerranéen de l'Europe et de l'Afrique du nord (Boullard, 2001). Ainsi, la grenade a constitué, très tôt dans l'histoire, un des aliments de base des voyageurs et des caravaniers. Il est aussi beaucoup cultivé dans le bassin méditerranéen (Espagne, Italie, Grèce, Algérie, Tunisie et Maroc). On le rencontre déjà plus rarement dans le Midi de la France, au Portugal et en Bulgarie. De même en Amérique, la culture du grenadier reste très sporadique (Wald, 2009).

## II.2. Production de la grenade dans le monde

Dans le monde, les plus importants pays producteurs de grenades sont les pays d'Orient dont l'Iran, la Turquie, la Transcaucasie et l'Inde mais aussi dans la zone méditerranéenne la Tunisie, le Maroc, l'Espagne, l'Italie et la Grèce. Aux Etats-Unis et plus particulièrement en Californie, la culture de la grenade est très développée. La production de grenade est en nette augmentation ces dernières années, montrant un regain d'intérêt pour ce fruit oublié depuis plusieurs décennies (Wald, 2009).

### II.2.1. Production de grenade en Algérie

A Djelfa, la grenade de Messaàd, Deldoul et Amoura, des régions agricoles du Sud de la wilaya, est considérée comme une marque déposée, dont les fins connaisseuses, de tous bords, s'accordent sur l'excellence. En effet, tous les spécialistes en la matière s'accordent sur l'excellence de la qualité de la grenade de Messaàd et Deldoul, mais aussi celle de Amoura, sur les hauteurs du mont Boukhal, des régions où ce fruit pousse en abondance, mais surtout avec une qualité inégalée nulle part ailleurs (Chougui, 2018). Selon nombre d'agriculteurs locaux, la production d'est en recul comparativement aux campagnes précédentes, à cause de certaines maladies ayant touché les grenadiers (Chougui, 2018). La région de M'sila connaît également une production importante de grenades mais de qualité moindre.

## II.3. Variétés

Il existe plus de 1000 variétés de grenadier (Lansky et Newman, 2007). Les critères les plus utilisés pour les distinguer sont la taille du fruit, la couleur de l'écorce, la couleur des graines, la dureté des pépins, la teneur en jus, acidité et astringence et la période de maturation (Stover et Mercure, 2007).

Selon cette composition en sucre et en acide, les variétés sont souvent réparties en grenades aigres, aigres-douces et douces (Cemeroglu *et al.*, 1992 ; Melgarejo *et al.*, 2000 ; Martinez *et al.*, 2006). Bien que le grenadier soit peu exigeant, les plantations ne sont pas très importantes en Algérie. Il existe de nombreuses variétés de grenades, de qualités très différentes. Les variétés les plus cultivées en Oranie seraient : Tendral (appelée Molla), Blanca, Si Hueso, Colorado. Au sud-algérien, on retrouve les variétés

Lhamraoui" (rougeâtre), "Snin Laàloudj", "El Karess" (citronné), "Tounsi", "L'khadraoui"(vert); sont les variétés connues.

#### II.4. Description morphologique

La grenade est le fruit du grenadier qui est un petit arbre ou un grand arbuste (2 à 7 m de hauteur). Le tronc est recouvert d'une mince écorce grise ; se ramifie irrégulièrement en branches plus ou moins épineuses et hérissées (Boullard, 1997 ; Iserin, 2001). Le système racinaire en général plutôt de surface (60 cm), très fasciculé, mais peut s'adapter selon les conditions de sol (Betioui, 2017). Les feuilles du grenadier sont opposées, caduques et lancéolées en spires. Elles peuvent avoir une disposition alterne sur les rejets ou être en touffes sur les pousses courtes (Photo. 2). Elles sont glabres sur les deux faces (Gil, Tomas-Barberan *et al.*, 2000).



**Photo 2** - Feuilles de grenadier

Les fleurs du grenadier portent également le nom de balaustes (Photo. 3). Les fleurs rouge écarlate, pourpre ou grenat, d'aspect froissé, portées par un court pédoncule, solitaires à l'aisselle des



**Photo 3** - Fleur de grenadier

feuilles ou réunies par groupe de deux ou trois au sommet des branches (Garnier, Bezanger-Beauquesne *et al.*, 1961). Le calice est formé de 4 à 8 sépales, la corolle comprend 4 à 8 pétales (Sheets *et al.*, 1994; Boussalah, 2010).

La période normale de la floraison de différents cultivars de grenadier se produit généralement entre mars- avril et juin- août. Elle dure jusqu'à 10-12 semaines et voire plus selon les variétés et les conditions géographiques (Benarie *et al.*, 1984). Le grenadier est considéré comme une espèce monoïque et développe (sur le même arbre) deux sortes de fleurs : des fleurs mâles (stérile) en «cloche», et des fleurs hermaphrodites (fertile) en forme de «vase» (Derin et Eti, 2001). La dominance revient généralement aux fleurs mâles avec un taux de 60 à 70 % (Oukabli, 2004).

#### II.4.1. Fruit

Le fruit, baie globuleuse à peau épaisse (Photo. 4), de 15 à 20 cm de diamètre, d'une couleur jaune à un rouge grenat, avec un calice persistant (Sheets *et al.*, 1994). Le fruit est d'abord vert, puis ivoire-rougeâtre. Il y a une variation en pleine maturité du jaune brun au rouge terne marbré de points plus vifs ou foncés (Betoui, 2017). Il renferme de nombreuses graines recouvertes de pulpe rouge acidulée et sucrée, constitue la partie comestible de la Grenade ; l'intérieur du fruit est divisé par des cloisons en loges. Chaque loge contient des graines anguleuses « arilles » enveloppées d'une pulpe rose grenat. Il y a environ 400 arilles par grenade soit en moyenne 55 % de son poids total (Iserin, 2001 et Betoui, 2017).



**Photo 4** - Fruits du grenadier

## **II.5. Soins cultureux**

Les soins cultureux évoqués sont la plantation, la fertilisation, l'entretien régulier, la fructification et la multiplication.

### **II.5.1. Plantation**

Elle s'effectue majoritairement de la fin novembre jusqu'au mois de mars. Au niveau de la distance de plantation, l'écartement 5m x 3m est le plus plébiscité. Le tronc central demeurant droit et les troncs secondaires servent à créer une forme de vase mieux adaptée pour la culture (Cauchard, 2013).

### **II.5.2. Fertilisation**

Il faut être prudent avec les engrais, et éviter ceux azotés, qui risquent de faire éclater les fruits sur l'arbre et faire proliférer les brindilles, gourmands et drageons. Au contraire, des engrais phosphatés ont une influence favorable sur la fructification, et doivent être apportés à l'arbre en hiver.

### **II.5.3. Entretien régulier et fructification**

Il faut procéder, une fois par an, à un ameublissement du sol et à la destruction des mauvaises herbes. Au cours de l'été, plusieurs sarclages sont nécessaires afin de maintenir les racines humides.

Le grenadier, bien soigné, commence à fructifier dans sa quatrième année. L'irrigation joue un rôle très important dans la qualité des fruits. Ainsi, pour produire de gros fruits, un arrosage abondant est nécessaire. De plus, un fruit qui a manqué d'eau a tendance à éclater facilement, le rendant impropre à la consommation et à la commercialisation.

### **II.5.4. Multiplication**

La multiplication du grenadier peut se faire par semis, par boutures, par marcottage, par drageons ou par greffes (Afaq *et al.*, 2005).

### **II.5.5. Récolte et conservation des fruits**

Les fruits sont récoltés quand l'écorce de la grenade se colore en jaune clair et qu'elle produit un son métallique au toucher d'un objet dur. 135 à 165 jours séparent

généralement la floraison de la récolte. Une plante produit facilement 100 fruits par récolte et la rentabilité économique dure de 10 à 12 ans. Les fruits sont entreposés à 4,5°C et 80-85% d'humidité relative et peuvent supporter jusqu'à 6 mois de stockage sans altération (Walali *et al.*, 2003).

## **II.6. Facteurs écologiques liés à la culture du grenadier**

Il s'agit des exigences édaphiques et climatiques du grenadier.

### **II.6.1. Exigences climatiques**

Le grenadier s'adapte à de nombreux climats, des tropiques aux régions tempérées chaudes. Cependant, c'est un climat austral subtropical voire tropical qui lui convient le mieux. Les meilleurs fruits sont obtenus dans les régions subtropicales, où la période des températures élevées correspond au moment de la maturité des grenades. Il supporte très bien la sécheresse, mais cela compromet la qualité de ces fruits (Chougui, 2018).

La culture du grenadier est essentiellement limitée à un climat semi-aride, légèrement tempéré et subtropical. Il s'adapte naturellement à des régions avec des étés chauds et des hivers froids, comme les pays méditerranéens, l'Afghanistan, l'Iran et les Etats-Unis (Californie) (Ozgen *et al.*, 2008). Cette espèce peut supporter des températures extrêmes allant de -10 et +40°C (Oukabli, 2004).

### **II.6.2. Sol**

Le grenadier n'est pas exigeant en ce qui concerne la nature de son sol. Il s'adapte à une large gamme de sols et tolère les terrains acides, alcalins, crayeux... Il est également assez résistant à la salinité de la terre. Néanmoins, il donne de meilleurs résultats dans un terrain profond et gras : les terres d'alluvions lui conviennent mieux (Betioui, 2017).

### **II.6.3. Irrigation**

Les besoins en eau du grenadier sont pratiquement les mêmes que pour les agrumes - 125 à 150 cm par an. Les arbres doivent être irrigués tous les 7-10 jours en l'absence de précipitations significatives (Sheets *et al.*, 1994).

## **II.7. Maladies et ravageurs**

Le grenadier, espèce fruitière, peut être soumis à certaines attaques parasitaires ou pathogènes. Les ravageurs et les maladies sont l'un des problèmes les plus importants (*Méloidogynes*, pourriture du tronc (*Phytophthora*), *Alternaria alternata*, *Ceratitis capitata*, Cochenilles, Acariens, *Ectomyelois ceratoniae*, *Zeuzera pirina*, pucerons, (Cauchard, 2013 ; Teissedre-Lemoine et Crete, 2014).



## **Chapitre III**

# **Présentation du papillon de grenadier**

## Chapitre III : Présentation du papillon de grenadier

### III.1. Description

Le papillon du grenadier *Virachola livia* Klug, 1834 de la famille Lycaenidae (Capinera, 2008), est l'un des beaux papillons et dispose de ses couleurs charmantes, le dessous des ailes, plus terne, étant piqueté d'un grand nombre de points noirs. Les chenilles sont généralement phytophages, certaines sont myrmécophiles, d'autres franchement carnivores (Roth, 1980).

### III.2. Origine et répartition géographique

Bien qu'il ait pu causer des dégâts pendant plusieurs années au paravent. L'aire de répartition de cette espèce s'étend jusqu'en Europe, et plus précisément en Grèce (Müller *et al.*, 2005) et à Chypre (Kahramanoglu et Usanmaz, 2013).

Depuis sa signalisation le papillon du grenadier ne cesse d'étendre son aire dans les régions sahriennes (Beladis *et al.*, 2018; Almi *et al.*, 2018; Almi, 2020 ; Zeghti *et al.*, 2019; Beddiaf, 2020, Boual ; 2021, Redjal Mellah, 2021). Les signalisations apparaissent dans plusieurs régions (Laghouat, Ghardaïa, Ouargla, Illizi, Adrar, Tamanrasset, Tindouf, El Oued et Biskra).

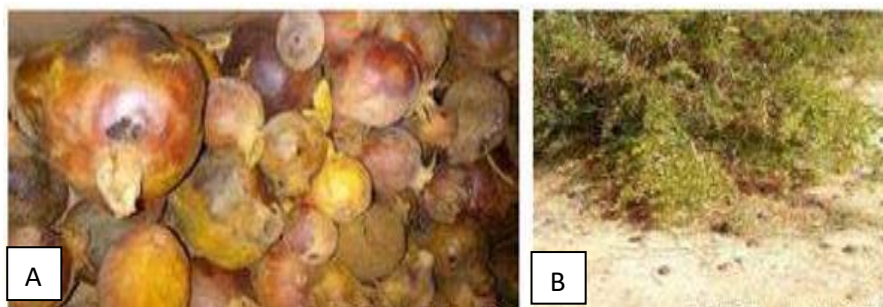
A Touggourt comme à Ouargla, les dégâts sur grenades ont été repérés depuis 2012 déjà. Les observations de cette espèce dans le M'zab remontent à 2013, mais il est probable que l'espèce soit présente depuis plusieurs années supplémentaires (Beladis *et al.*, 2018). L'auteur lui-même ajoute qu'il est probablement qu'elle résulte d'une dissémination naturelle à partir des pays voisins où l'espèce est présente. En effet, Müller *et al.*, (2005) précisent que *Virachola livia* migre de façon irrégulière, en dehors de son aire de répartition (s'étend progressivement vers les régions du nord).

### III.3. Symptômes d'attaque

Selon Mkaouar *et al.*, (2016) ; Bouaicha (2017) ; Almi *et al.* (2018 ; 2020), *Virachola livia* est responsable de dommages graves et des blessures aggravées dans la production de grenadiers (fig. 4).

Un signe de blessure est la présence de trous noirs clairs. La phase néfaste est celle des larves, qui attaquent les fruits des grenades sans discernement et endommagent leur contenu à partir des graines et des tissus et absorbent le contenu nutritionnel à l'intérieur. Ainsi, ces excréments s'accumulent à l'intérieur du fruit et peuvent s'évacuer à l'extérieur accompagnés par un suintement (Almi, 2020).

Cette larve facilite l'invasion de certains microorganismes tels que les champignons et les bactéries, ce qui provoque la pourriture et par conséquent, la blessure se termine par la chute du fruit ou du moins il devient inconsommable (Gharbi, 2010 ; Ksentini *et al.*, 2011 ; Aabd-Ella, 2015 et Almi, 2020).



**Figure 4** - Dégâts causés par *Virachola livia* sur *Punica granatum*

A: Trous provoqués par *Virachola livia*; B: Chute des fruits (Redjal Melah, 2021)

# **PARTIE III**

## **Expérimentation**

# **Chapitre I**

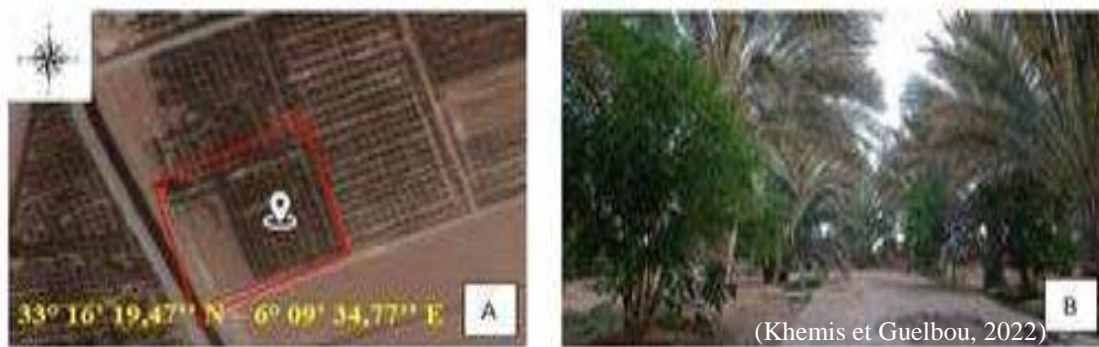
## **Méthodologie**

**PARTIE II : Expérimentation****Chapitre I : Méthodologie****I.1. Présentation des stations d'étude**

Pour la réalisation de la présente étude, nous avons choisi trois stations (palmeraies) dans des périmètres de mise en valeur à Touggourt, ce choix est basé principalement sur la présence du ravageur sur grenadier soit le bioagresseur et sa culture hôte remarquée préalablement.

**I.1.1. Station Khemis 1 (S1)**

L'exploitation se situe au niveau du périmètre agricole Zaouia El Abidia ( $33^{\circ} 16' 19,47''$  N –  $6^{\circ} 09' 34,77''$  E), couvrant une superficie de 1,5 ha et distante de 9,4 km de Touggourt. Elle est bordée au nord par la ville de Meggarine, au sud par Zaouia El Abidia, à l'est par une formation dunaire, et à l'ouest par le canal collecteur d'oued Righ (fig. 5).



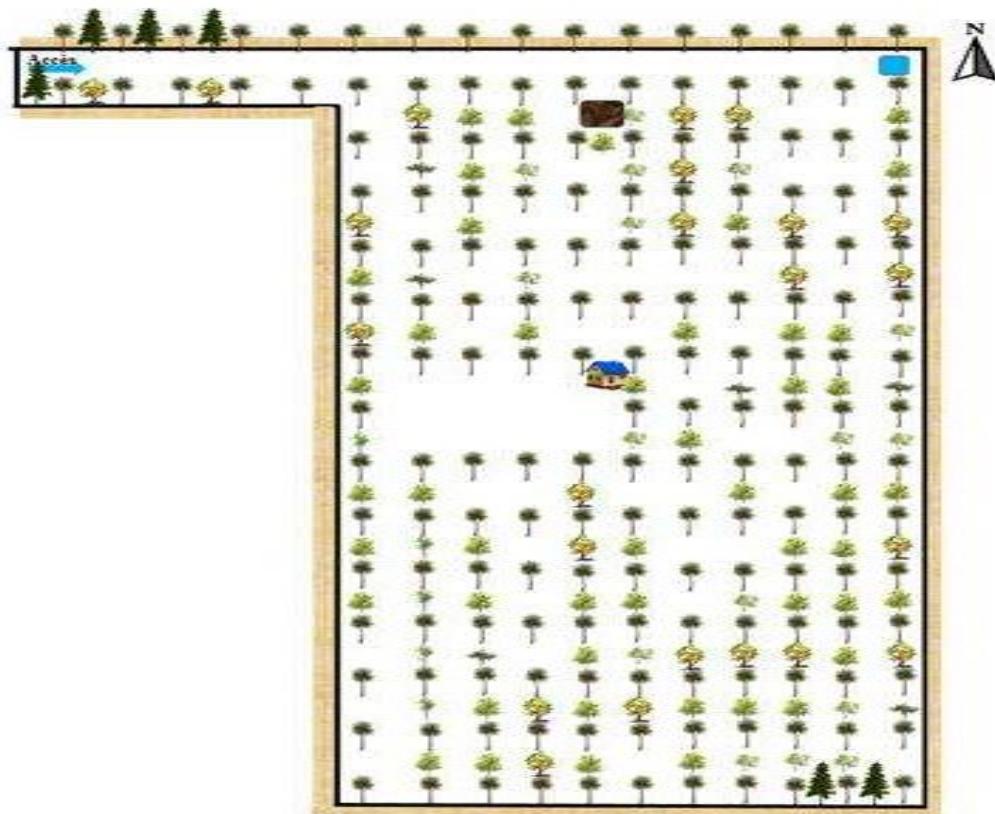
**Figure 5** - Station Khemis1

**A:** Vue satellitaire du site "Khemis 1" (Google Earth, 07/2022)

**B:** Aperçu de la station 1

C'est une exploitation bien structurée et entretenue conçue en système oasien à étages, planté de grenadiers (24 pieds) sous les palmiers dattiers qui sont au nombre de 172 pieds (fig. 6). On retrouve plusieurs variétés de grenadiers parmi lesquelles "Hamrawi et El-Karesse". L'âge des arbres varie de 5 à 23 ans ; le jardin comprend des arbres vivaces comme *Prunus armeniaca* (46 pieds), *Ficus carica* (6 pieds), *Olea europea* (14 pieds), *Pyrus communis* (3 pieds) et *Pinus* (10 pieds). Diverses cultures maraîchères

existent comme tomate (*Solanum lycopersicum*), oignon (*Allium cepa*), Menthe (*Mentha spicata*) et pomme de terre (*Solanum tuberosum*). L'exploitation est bien irriguée en utilisant la submersion (une à deux fois par semaine) via un réseau de rigoles, et d'un petit bassin d'accumulation d'environ 25 m<sup>3</sup>. Il y a peu de mauvaises herbes. L'exploitation clôturée en dure est gérée par le propriétaire lui-même. La hauteur moyenne des palmiers est d'environ 5,5 m. En 2021, un insecticide (Karatika) a été utilisé sur les grenadiers.



 Palmier dattier	 Poirier
 Grenadier	 Fumier
 Olivier	 Bassin
 Abricotier	 Habitation
 Pin	 Drain
 Figuier	 Brise vent

Figure 6 - Schéma parcellaire explicatif représentant la station Khemis 1

### I.1.2. Station Khemis 2 (S2)

Située à Tibesbest ( $33^{\circ} 11' 16,44''$  N –  $6^{\circ} 09' 82,04''$  E), commune de la wilaya de Touggourt elle est distante de 4 km de Touggourt. D'une superficie de 0,24 ha contenant grenadiers et palmiers, et quelques autres arbres fruitiers. Elle est bordée au nord par la commune de Zaouia El Abidia, au sud par la commune de Touggourt, à l'est par le canal collecteur d'oued Righ, et à l'ouest par la commune de Tibesbest (fig. 7).



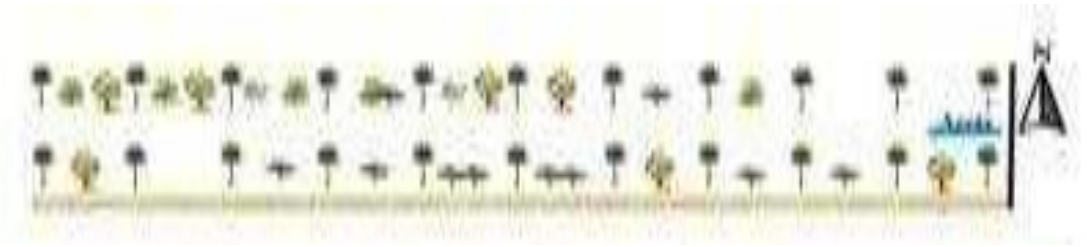
**Figure 7** - Station Khemis 2


**A:** Vue satellitaire du site "Khemis 2" (Google Earth, 07/2022)

**B:** Aperçu de la station 2

C'est une exploitation phoenicicole insuffisamment entretenue, envahie partiellement par les mauvaises herbes, conçue en système oasien à étages, planté de grenadiers (7 pieds). On retrouve deux variétés de grenadiers "Hamrawi et El-Karesse". L'âge des arbres varie de 25 à 30 ans, sous les palmiers dattiers qui sont au nombre de 22 pieds (fig. 8). Le jardin comprend des arbres vivaces comme *Prunus armeniaca* (5 pieds), *Ficus carica* (10 pieds), *Olea europea* (1 pied) et 3 pieds de *Vitis vinifera*. L'irrigation se fait par submersion (une fois par semaine) via un réseau de rigoles. L'exploitation souffre d'un manque assez important en eau d'irrigation, surtout durant la période estivale. L'exploitation non clôturée en dure est gérée par un ouvrier non spécialisé, elle est délimitée par d'autres jardins phoenicicoles par les quatre directions. La taille moyenne des palmiers est d'environ 10 m.





 <b>Palmier dattier</b>	 <b>Figuier</b>
 <b>Grenadier</b>	 <b>Abricotier</b>
 <b>Olivier</b>	 <b>Tranchée</b>
 <b>Brise vent</b>	

**Figure 8** - Schéma parcellaire représentant la station Khemis 2

**I.1.3. Station Dehbi (S3)**

L'exploitation se situe au niveau du périmètre agricole Zaouia El Abidia (33° 16' 02,13'' N – 6° 09' 33,32'' E), couvrant une superficie de 1,5 ha, et distante de 9,4 km de Touggourt. Elle est bordée au nord par la ville de Meggarine, au sud et à l'ouest par la ville de Zaouia El Abidia, à l'est par le canal collecteur d'oued Righ (fig. 9).



**Figure 9** - Station Dehbi

**A:** Vue satellitaire du site "Dehbi" (Google Earth, 02/2023)

**B:** Aperçu de la station 3

C'est une exploitation bien structurée et entretenue conçue en système oasien à étages, planté de grenadiers (20 pieds) sous les palmiers dattiers qui sont au nombre de 130 pieds (fig. 10). On retrouve plusieurs variétés de grenadiers parmi lesquelles "Hamrawi

et El-Karess" (âgés de 20 ans en moyenne); le jardin comprend des arbres vivaces comme *Prunus armeniaca* (2 pieds), *Ficus carica* (3 pieds) et *Olea europea* (4 pieds). Diverses cultures maraîchères existent comme oignon (*Allium cepa*) et Menthe (*Mentha spicata*). L'exploitation est bien irriguée en utilisant la submersion (une à deux fois par semaine) via un réseau de rigoles, et d'un petit bassin d'accumulation d'environ 25 m<sup>3</sup>. Il y a peu de mauvaises herbes. L'exploitation clôturée en dure est gérée par le propriétaire lui-même. La hauteur moyenne des palmiers est d'environ 6 m.




	Palmier dattier		Figuier
	Grenadier		Bassin
	Olivier		Foyers ruraux
	Abricotier		Tranchée
 Brise vent			

Figure 10 - Schéma parcellaire explicatif représentant la station Dehbi

## I.2. Méthodes utilisées sur le terrain et au laboratoire

Cette partie est consacrée à l'étude de la bio-écologie et l'estimation de l'infestation causée par *Virachola livia*. Le déroulement du travail sur terrain s'est étalé entre mai et octobre 2022 et mars à mai 2023.

### I.2.1. Estimation de taux d'infestation et sens de l'attaque

Le taux d'infestation est déterminé pour les trois stations, une fois par semaine pour le grenadier (dès le début de la phase de floraison), comme pour le figuier depuis la fructification. L'apparition d'œufs ou de trous est un signe d'infestation.

Sur le terrain, un échantillonnage non proportionnel à la taille est adopté. Ainsi, 10 arbres sont choisis aléatoirement pour les stations 1 et 3, mais pour la station 2, tous les grenadiers ont été sélectionnés (7 pieds). Toutes les fleurs et tous les fruits sont inspectés sans exception dans les trois stations (échantillonnage systématique). Pour le figuier, tous les arbres ont été contrôlés aux trois stations.

Le pourcentage de dommages a été évalué par la fonction suivante (Silvie et Gozé, 1991) :

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

TI : Taux d'infestation

#### I.2.1.1. Infestation en fonction des points cardinaux

L'évaluation de l'infestation (à chaque arbre) se fait en fonction de l'orientation (fig. 11). Dans chaque station, l'infestation est calculée comme suit : l'arbre choisi est partagé virtuellement en 4 directions (points cardinaux), 6 fleurs ou fruits sont testés de chaque côté afin de déterminer le sens de l'attaque (fig. 12). Les observations se font à l'œil nu ou en utilisant une loupe de poche (Gx10) afin de détecter la présence des œufs déposés ou de trous de pénétration des larves. A chaque passage, parmi les pieds choisis (10 pieds) dans les stations 1 et 3 et 7 pieds à la station 2. Parallèlement la surveillance concerne tous les figuiers dans toutes les stations d'étude. Ceci permettra de découvrir

si l'attaque suit un modèle ou un sens ou au contraire elle est aléatoire et ne manifeste aucune prédilection.

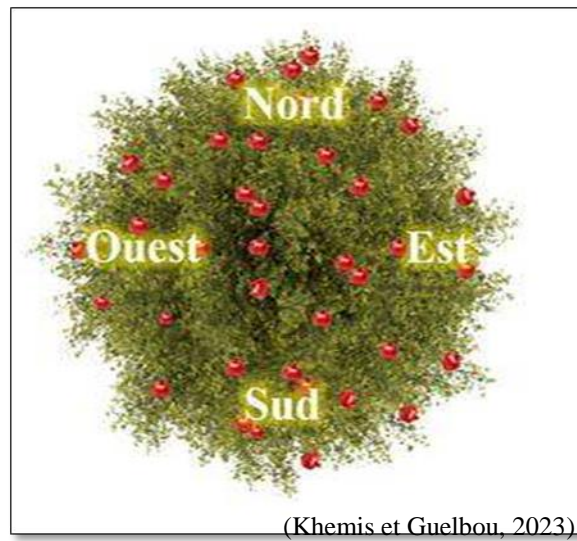


Figure 11 - Schéma explicatif de méthode d'estimation du taux d'infestation

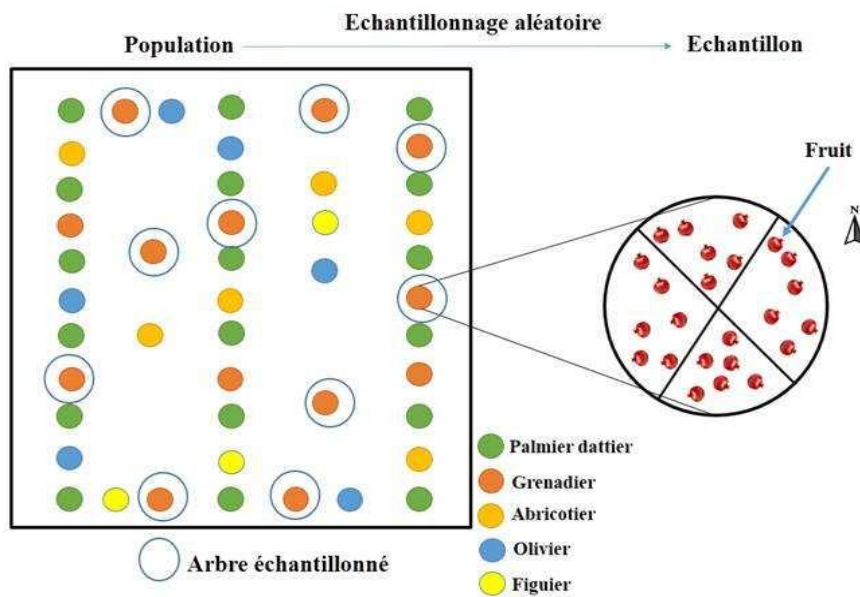


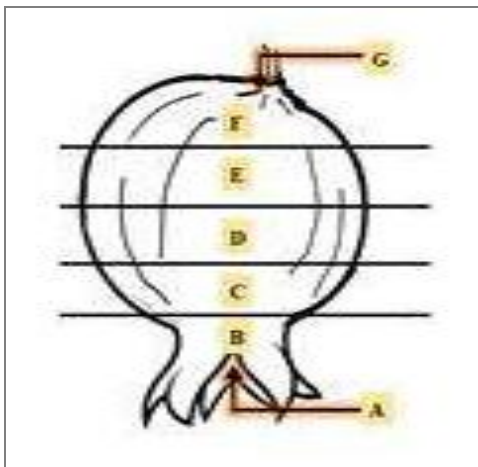
Figure 12 - Schéma représentatif de la méthode d'échantillonnage

### I.2.1.2. Position des œufs et des trous

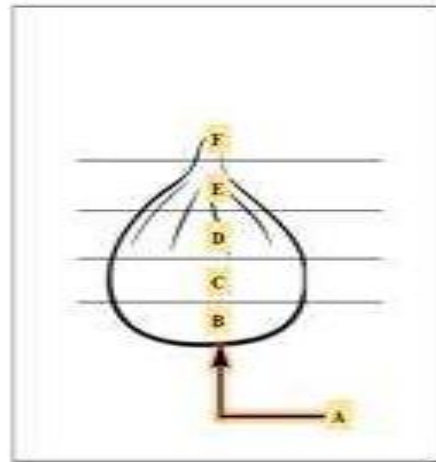
Pour suivre ce paramètre, la méthode utilisée par Ksentini *et al.*, (2008) ; Gharbi (2010) ; Ksentini *et al.*, (2011); Mkaouar *et al.*, (2016) ; Ali (2017) et Almi (2020) est adoptée.

Chaque semaine, aléatoirement dix fruits infestés par arbre sont examinés dans chaque direction.

Le nombre total des œufs est dénombré, et la détermination de l'emplacement des œufs dans les différentes parties du fruit (grenade divisée en plusieurs parties selon la méthode adoptée par Almi *et al.*, (2021) avec subdivision détaillée des parties du fruit de A jusqu'à G comme indiqué sur la figure 13. La figure subdivisée en parties A à F comme indiqué sur la figure 14. Ceci permettra de faire ressortir la zone de préférence où la femelle choisi pour pondre ses œufs et la zone où les larves provoquent le plus de trous sur la grenade).



**Figure 13** - Schéma indiquant les différentes parties de ponte sur grenade (Almi, 2020)



**Figure 14** - Schéma indiquant les différentes parties de ponte sur figue

### I.2.2. Etude des paramètres biologiques observés

Après repérage des œufs ou trous sur le fruit, ce dernier est coupé à l'aide d'outil tranchant pour le suivi des œufs jusqu'à leur éclosion et pour détecter la présence de larves à l'intérieur. Chaque larve trouvée est mesurée (longueur et largeur), sa couleur est également mentionnée. Elle est séparée avec une portion de fruit (grenade), qui assurera sa nourriture, dans une boîte en plastique (8x8x7 cm), recouverte de tulle à mailles fines pour assurer l'aération et la préservation sous des conditions ambiantes (T° environ 20°C à 27°C). Sur chaque boîte, la date de prélèvement est mentionnée (Photo. 5). Le processus d'élevage a commencé à partir de juillet 2022, et en 2023, l'élevage commencent en avril.



**Photo 5** - Séparation et surveillance des larves

Le suivi des larves collectées se fait quotidiennement à travers des observations prolongées et répétées jusqu'à l'émergence des adultes (mensurations, variation de couleur, date de métamorphose, présence de capsule céphalique séparée ou exuvie, début de chrysalide).

L'utilisation de papier millimétrique est adoptée pour les mesures biométriques, les imagos (mâles et femelles) émergents sont mesurés (longueur et envergures alaire) ainsi que la description complète (couleur des ailes, abdomen, antennes et franges des ailes), longueur (antennes, queue, ...etc). Les dates d'émergence et de mort des adultes sont notées. Le rapport des sexes est calculé à travers la formule utilisée par Aron *et al.*, (2009):

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

Afin d'inciter l'accouplement des adultes émergents, ces derniers sont mis ensemble (mâle-femelle) dans des boîtes en plastique recouvertes de tulle (Photo. 6). Une eau sucrée sert d'aliment pour les adultes. Les œufs issus de ponte sont mis sous des conditions ambiantes, observés quotidiennement pour l'étude (10 boîtes d'accouplement) et le suivi des paramètres de développement et de reproduction (nombre, taux d'éclosion, période d'incubation, nombre de stades larvaires et durée de chaque stade de développement).





**Photo 6 - Boite d'accouplement****I.2.3. Recherche d'entomofaune sur grenades**

L'objectif de cet échantillonnage est la recherche d'éventuelles prédateurs, parasites ou parasitoïdes de *V. livia*. La technique d'ensachage est pratiquée.

**I.2.3.1. Ensachage des fruits sur arbre**

Cette technique est inspirée de celle utilisée par Dhouibi (1989) sur pyrale des dattes. Elle a pour objectif la recherche de parasitoïdes sur œufs ou sur larves, prédateurs ou parasites. Elle s'opère sur des rameaux qui portent les fruits les plus infestés qui sont emballés dans du tissu à mailles fines et deux nœuds se font de part et d'autre laissant le fruit à l'intérieur à la manière d'une 'friandise'. Un ensachage par arbre infesté concerne chaque station. Le changement de l'ensachage est effectué après émergence des adultes sur terrain. Sept fruits connaissent l'ensachage à la station 2 contre 10 grenades à chacune des stations 1 et 3 à raison d'un fruit par arbre. L'ensachage dure 20 jours.



(Khemis et Guelbou, 2023)



(Khemis et Guelbou, 2023)

**Photo 7 - Ensachage des grenades    Photo 8 - Ensachage des figes**

**I.2.3.2. Ensachage des fruits tombés**

Les fruits tombés sont récupérés (60 grenades), regroupés dans des boîtes (20x15x15 cm), couvertes par une tulle en matière plastique à mailles fines afin de rechercher la présence de nymphes ainsi que d'éventuels parasitoïdes de *V. livia* (Photo. 9).



**Photo 9** - Ensachage des fruits tombés

#### **I.2.4. Infestation sur autres plantes hôtes**

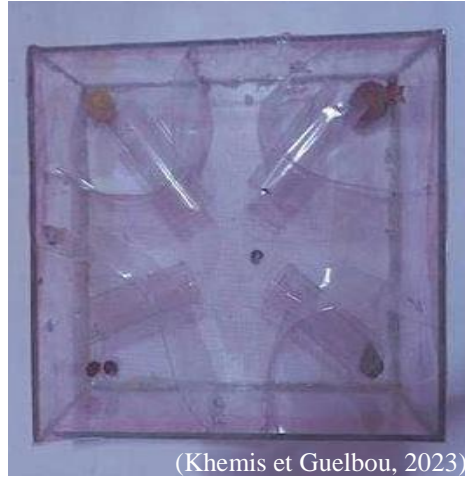
Parallèlement au suivi de *V. livia* sur grenadier, un recensement des autres plantes hôtes de ce ravageur est effectué à travers des observations sur terrain dans les stations choisies. En l'absence de grenades, l'infestation a concerné les figuiers en très faibles taux.

##### **I.2.4.1. Comportement et préférence alimentaire**

La technique de salle des tunnels permet de connaître le comportement d'un animal envers les plantes hôtes et s'inspire de celles utilisée par Faghih (2004) sur *Ectomyelois ceratoniae* attaquant les dattes. Elle est essayée ici sur *Virachola livia* ailé vis-à-vis de source alimentaire disponibles dans son milieu.

En plexiglas de 30 cm de long, 30 cm de large et 10 cm de haut, contenant de larges tunnels de 10 cm de long et 3 cm de diamètre pour que l'ailé puisse passer facilement. Les tunnels sont placés dans différentes directions, à la fin de chaque tunnel différents fruits sont placés (grenade, figue, abricot, dattes immatures de la variété Degla Beida au stade Loulou), les fruits sont mis en fonction de la disponibilité de la saison (photo. 10). Après 24 heures à 27°C, les fruits sont renouvelés pour prévenir la fermentation et la pourriture. Chaque fois nous retirons une source alimentaire (par exemple, une grenade), pour connaître le comportement de *Virachola livia* vis-à-vis des plantes hôtes. L'expérience a été répétée à deux reprises.





(Khemis et Guelbou, 2023)

**Photo 10** : Salle des tunnels

### **I.2.5. Analyse statistique**

L'outil statistique permettra d'exploitation des résultats d'une façon plus élaborée. A cet effet, l'analyse de la variance utilisée dans cette étude pour mettre en valeurs les résultats obtenus par rapport aux directions et périodes d'infestation. Cette analyse est une méthode d'analyse bi-variée qui permet d'envisager l'étude de la dépendance d'une variable quantitative (variable dépendante) à une variable qualitative (indépendante). L'analyse statistique est faite à l'aide du logiciel Excel-Stat version 2016.

# **Chapitre II**

## **Résultats et discussion**

## Chapitre II : Résultats et discussion

Ce chapitre comporte sur les résultats obtenus sur l'étude du papillon de grenadier.

### II.1. Symptômes et période d'attaque

Le grenadier commence son activité végétative, celle-ci commence à la fin de février où les feuilles apparaissent. A cette période aucune présence d'œufs de *V. livia* n'est observée.

Dans la station Khemis 1, en période de floraison (année 2022) aucune présence d'œufs n'est enregistrée alors qu'avec le début de l'apparition des fruits à la mi-mai, des œufs de papillons sont apparus progressivement en petit nombre au début d'abord.

Nos résultats sont cohérents avec ceux de Mokhtar et Al Nabhani (2016) qui signalent que les femelles commencent à pondre des œufs sur grenades au début de la nouaison ; de même que ceux de Mkaouar *et al.*, (2014) qui indiquent que la période de réceptivité du grenadier est mi-juin. Mais nos résultats différents de ceux de Almi (2020) qui indiquent que la période de mars coïncide avec l'apparition des premiers œufs du papillon de grenadier en phase de début d'inflorescence. Les conditions météorologiques pourraient expliquer cette différence.

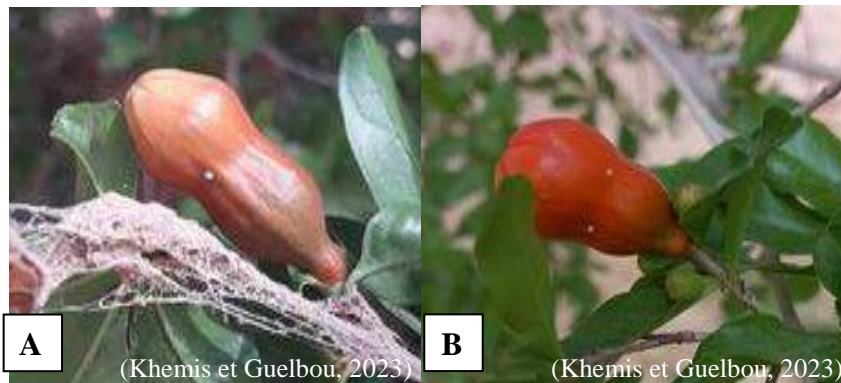
A Khemis 2 (S2), la présence d'œufs a été observée en mars 2023 sur les figuiers, mais en nombre négligeable durant la période où les fruits sont encore verts (photo. 11). Mkaouar *et al.*, (2014) et Almi (2020) notent également cette même constatation.



**Photo 11** – Présence de *V. livia* sur figue

Lorsque les feuilles du grenadier apparaissent en mars 2023, c'est le début de son activité végétative. La phase de floraison commence à partir du début avril accompagnée de l'apparition des premières infestations par *V. livia* aux stations 2 et 3.

Aux stations khemis 2 et Dehbi, des œufs de la première semaine d'avril 2023 apparaissent sur les boutons floraux (Photo. 12).



**Photo 12** - Œufs de *V. livia* sur bouton floral  
A: Station khemis 2 ; B: Station Dehbi

Deux semaines après infestation par les œufs aux stations 2 et 3, elle enchaîne également dans la station 1 sur les fleurs de grenadiers.

Ceci atteste les résultats de Redjal Melah (2021) qui signale que le début de la phase de floraison s'accompagne de la première apparition des œufs.

Les symptômes d'attaque par *V. livia* se manifestent par des trous de pénétration clairs sur les fruits. La larve néonate pénètre et attaque le fruit après son éclosion ce qui provoque la présence de trous remarquables de différents diamètres sur grenades (photo. 13). La larve passe la majorité de sa phase larvaire mais émerge parfois du fruit (Beladis *et al.*, 2018). La larve endommage le contenu des graines et des tissus du fruit, les excréments et exuvies sont accumulés à l'intérieur du fruit et peuvent s'évacuer à l'extérieur, les symptômes apparaissent clairement comme un noircissement autour du trou infesté. Le ravageur entraîne la pourriture des fruits par conséquent, la chute du fruit ou du moins il devient inconsommable (Almi, 2020).



(Khemis et Guelbou, 2023)

**Photo 13** - Attaque de *V. livia* sur grenadier.

## II.2. Taux d'infestation et sens de l'attaque

Le suivi de l'infestation par *V. livia* sur grenadier durant l'année 2022 aux stations Khemis 1 et Khemis 2, a permis de faire ressortir l'allure de l'infestation.

A Khemis 1, l'attaque a commencé à la mi-mai 2022 où le taux d'attaque atteint 1,67%, Ce taux augmente rapidement avec le temps et le stade de développement des grenades jusqu'à ce qu'il atteigne 56,67% en octobre 2022 (fig. 15).

L'analyse de la variance (ANOVA) pour la période de mai à octobre 2022, montre que la différence est significative entre les taux d'infestations dans la station 1 (tab. 3), étant donnée que la probabilité associée au F est de 0.0001.

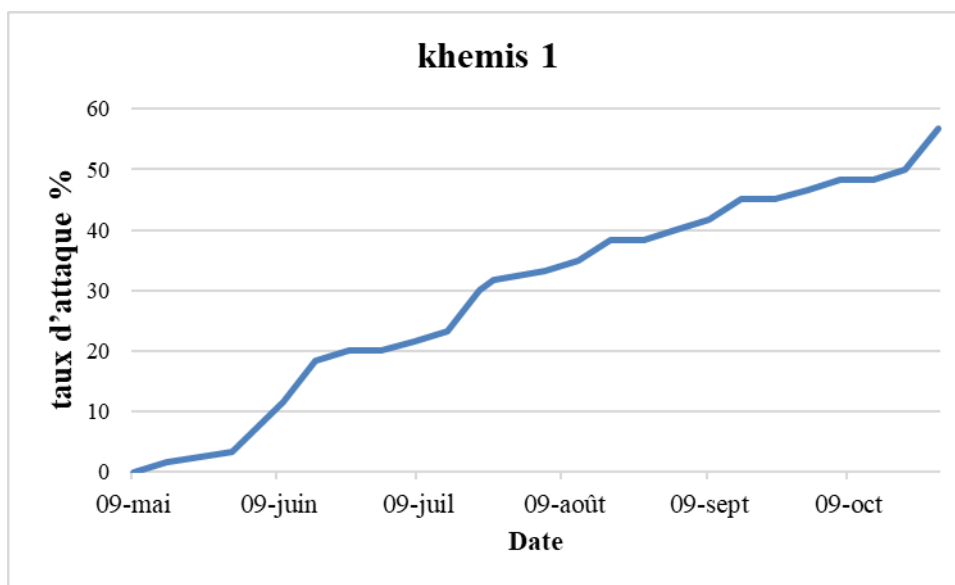
**Tableau 3** - Analyse de la variance entre le taux d'infestation de la station S1 (mai à octobre 2022)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr> F
Modèle	5	5843,3565	1168,6713	84,7565	< 0,0001
Erreur	18	248,1944	13,7886		
Total corrigé	23	6091,5509			

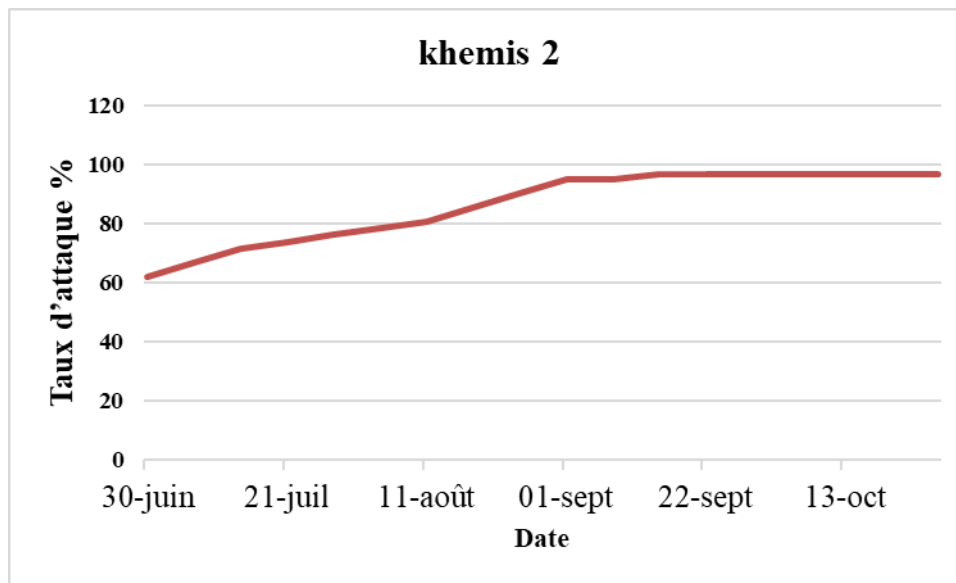
L'analyse de Tukey a permis de distinguer 5 groupes : A, B, C, D et E (tab. 4).

**Tableau 4** - Groupes résultants du test de Tukey

Modalité	Moyenne estimée	Groupes				
octobre	50,8333	A				
septembre	43,6667	A	B			
août	36,2500		B			
juillet	25,3333			C		
juin	16,6667				D	
mai	1,6667					E

**Figure 15** - Evolution temporelle de l'infestation par *V. livia* à Khemis 1 de mai à octobre 2022

A Khemis 2, le parasite est très répandu, avec un taux d'attaque de 61,9% pendant le mois de juin 2022 et qui passe rapidement à 96,67% en septembre 2022 (fig. 16) signifiant que le taux d'attaque de la station 2 est nettement supérieur à celui de la station 1.



**Figure 16** - Evolution temporelle de l'infestation par *V. livia* à Khemis 2 de juin à octobre 2022

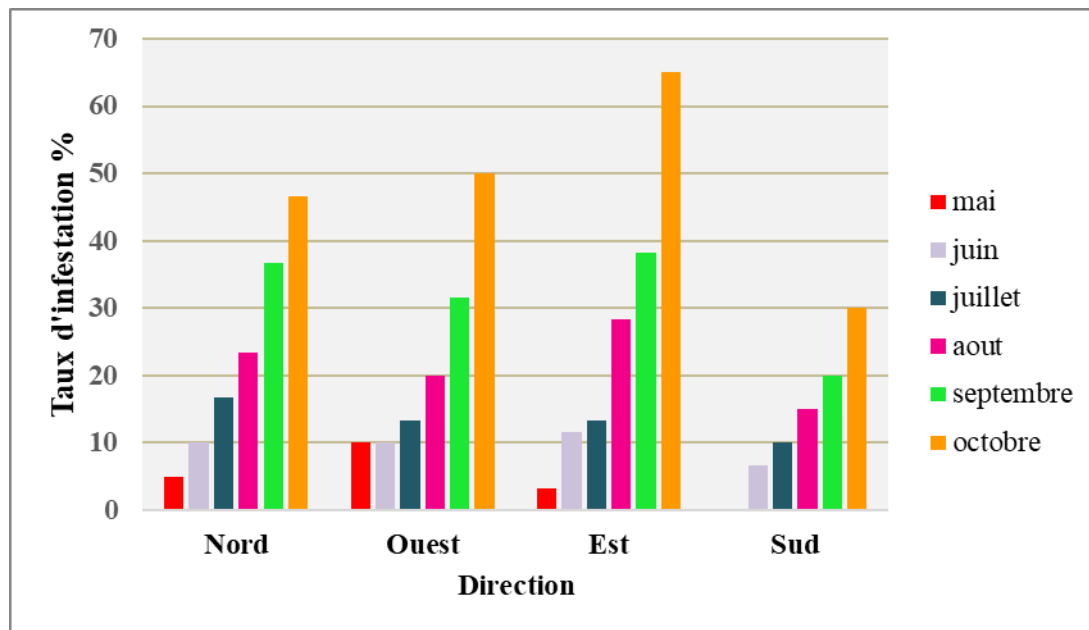
Le test de Kruskal-Wallis fait ressortir 2 groupes (tab. 5) dont deux taux d'infestation distincts (juillet et octobre).

**Tableau 5** - Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Nemenyi / Test bilatéral

Echantillon	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes
juillet	4	4,0000	1,0000	A
août	4	8,0000	2,0000	A B
septembre	4	13,0000	3,2500	A B
octobre	4	15,0000	3,7500	B

Les figures ci-dessous représentent les taux d'attaque sur les grenades en fonction des directions : au cours de l'année 2022 (de l'apparition des boutons floraux jusqu'à la formation des fruits) à la station Khemis 1 (fig. 17), et à la fin de juin 2022 à la station Khemis 2 (fig. 18).

L'infestation préliminaire de la station 1 commence au début de la formation des fruits dès le mois de mai 2022 et le taux obtenu double de valeur entre le nord et l'ouest, soit 5 % et 10 % respectivement (fig. 17). La direction Sud paraît moins infestée que les autres puisqu'elle est face à un terrain non cultivé.



**Figure 17** - Evolution temporelle de l'infestation par *V. livia* sur les grenades en fonction des directions cardinales à Khemis 1 de mai à octobre 2022

Pour ce qui est de l'infestation en fonction des directions, les données ne suivent pas une loi normale, le test de Kruskal-Wallis révèle que p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ . Ceci indique qu'il y a une différence significative (tab. 6).

**Tableau 6** - Test de Kruskal-Wallis

---

K (Valeur observée)	20,0938
K (Valeur critique)	7,8147
DDL	3
p-value (bilatérale)	0,0002
alpha	0,05

---

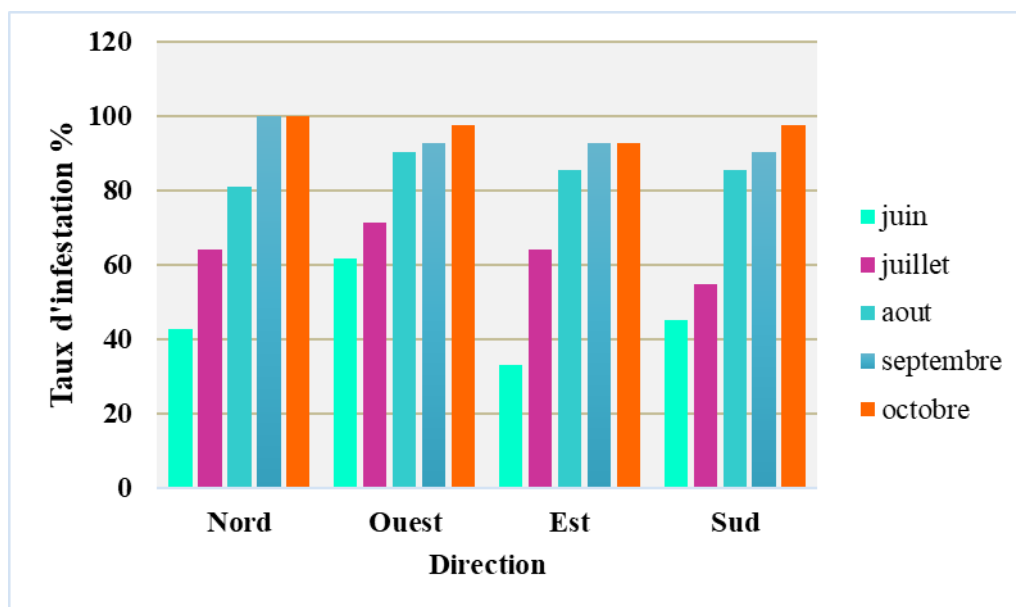
Il en ressort à travers les comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass la présence de groupes, celui de l'infestation au sud et le second groupe englobe les autres points cardinaux (tab. 7).



**Tableau 7** - Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass

Echantillon	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Sud	24	641,5000	26,7292	A	
Est	24	1259,0000	52,4583		B
Nord	24	1363,5000	56,8125		B
Ouest	24	1392,0000	58,0000		B

Durant la dernière phase du développement des grenades et de leur maturité (d'août à octobre), l'infestation s'accélère dans les deux stations allant de 28,33% ; 38,33% et 65% dans la partie Est de la station Khemis 1 pour le mois d'août, septembre et octobre, respectivement (fig. 17). Les valeurs sont entre 80,95% et 100% dans la partie Nord de la station Khemis 2 (fig. 18). Ainsi, les derniers stades de maturité de la grenade sont les plus infestés.

**Figure 18** - Evolution temporelle de l'infestation par *V. livia* sur les grenades en fonction des directions cardinales à Khemis 2 de juin à octobre 2022

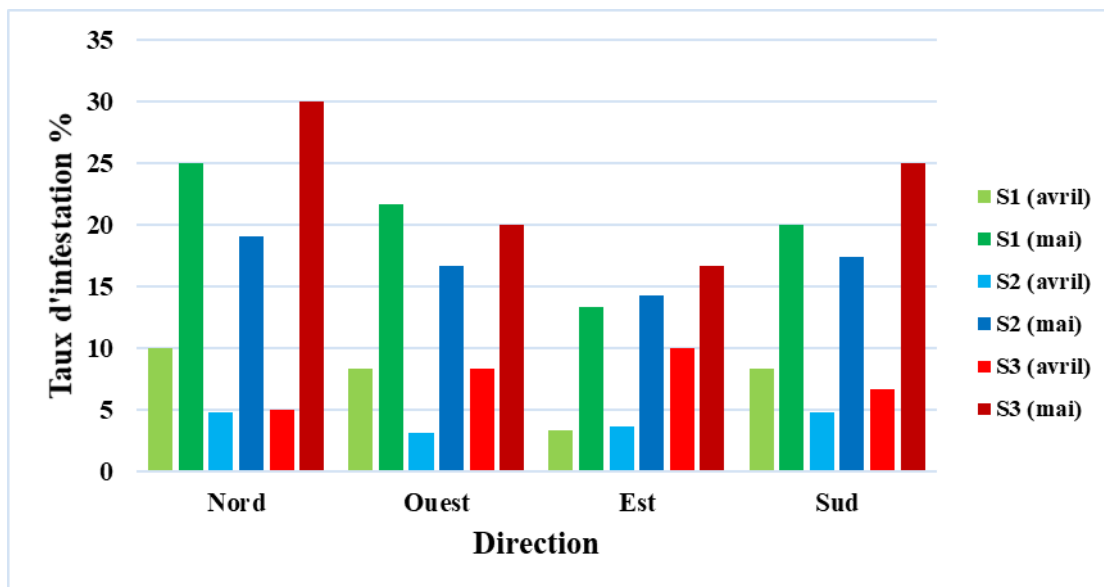
L'analyse de la variance pour la période de juin à octobre 2022, montre que la différence est non significative entre les taux d'infestations dans la station 2 pour cette période (tab. 8), étant donnée que la probabilité associée au F est de 0.0742.

**Tableau 8** - Analyse de la variance entre le taux d'infestation de station S2 (juin à octobre 2022)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr> F
Modèle	3	2809,2222	936,4074	2,4130	0,0742
Erreur	68	26388,7778	388,0703		
Total corrigé	71	29198,0000			

L'infestation durant l'année 2023 a été suivie dès le début de l'émergence des boutons floraux dans les trois stations.

En observant l'infestation, nous avons pu obtenir les résultats présentés à la figure 19. La propagation de l'infestation se déroule à peu près au même rythme dans toutes les stations.



S1 : Khemis 1 ; S2 : Khemis 2 ; S3 : Dehbi

**Figure 19** - Evolution temporelle de l'infestation par *V. livia* sur les grenades en fonction des points cardinaux à Khemis 1, à Khemis 2 et à Dehbi durant avril et mai 2023

Lorsque les inflorescences apparaissent, l'attaque commence dans l'ensemble des stations avec des proportions proches dans les quatre directions.

Les pourcentages pour les trois stations sont de 10 % (nord) ; 8,33 % (ouest) ; 3,33 % (est) et 8,33 % (sud) en avril 2023 pour S1 (fig. 22). Durant ce même mois, la station khemis 2 (S2) révèle des taux de 4,76 % (N) ; 3,09 % (O); 3,57 % (E) et 4,76 % (S). La station S3 enregistre des taux allant de plus de 5 % (N) ; 8,33 % (O) ; 10 % (E) et 6,67% (S). Le taux d'infestation a progressivement augmenté avec le développement des boutons floraux et la formation des fruits pour atteindre 25 % ; 19,05 % et 30 % (nord) au cours du mois de mai 2023 pour les trois stations, respectivement.

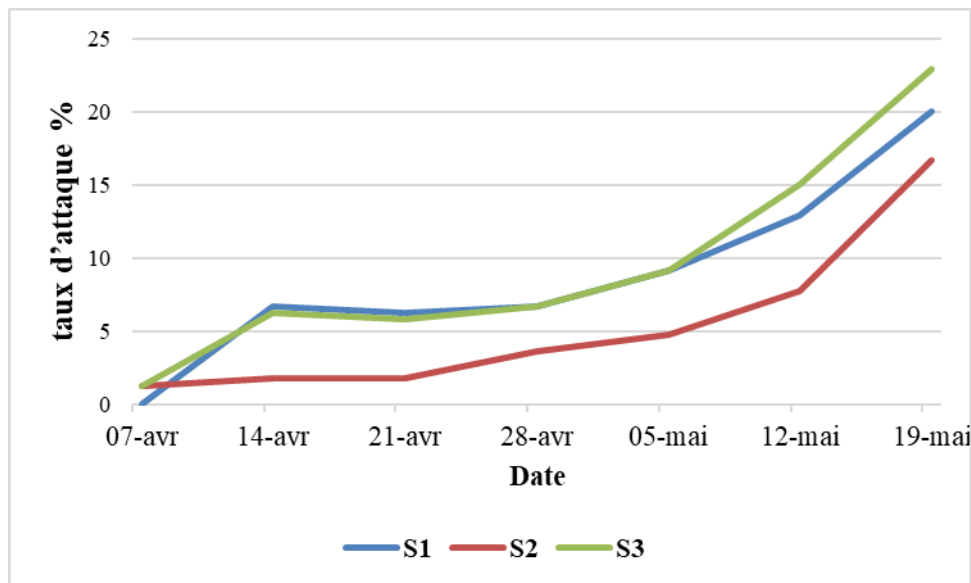
Au niveau du site 3, le test de Kruskal-Wallis démontre que la différence en termes d'infestation en fonctions des points cardinaux, n'est pas significative.

**Tableau 9** - Test de Kruskal-Wallis en fonctions des points cardinaux

K (Valeur observée)	0,8549
K (Valeur critique)	7,8147
DDL	3
p-value (bilatérale)	0,8363
alpha	0,05

Sans considération des orientations, il ressort un taux d'attaque évoluant entre avril et mai 2023 (fig. 20).

Dans la station de Khemis 1, l'attaque a commencé à la mi-avril 2023, avec un taux d'attaque de 6,67 %. Dans les stations Khemis 2 et Dehbi, l'attaque s'observe au cours de la première décade d'avril 2023, le taux d'attaque atteint 1,19 % à Khemis 2 et 1,25% à Dehbi.



**Figure 20** - Evolution temporelle de l'infestation par *V. livia* durant avril et mai 2023

Le taux d'attaque dans toutes les stations augmente avec le temps et le stade de développement des grenades. Il atteint 20% à Khemis 1, 16,7% à Khemis 2 et 22,9% à Dehbi. En effet, la station 3 affiche les taux d'attaque les plus élevés (fig. 20) mais globalement, la différence n'est pas importante et l'évolution prend la même allure.

Le test de Kruskal-Wallis appliqué pour la période d'avril et mai 2023, montre que la différence est non significative entre les stations (tab. 10).

**Tableau 10** - Test de Kruskal-Wallis entre les stations pour la période d'avril et mai 2023

K (Valeur observée)	1,1250
K (Valeur critique)	3,8415
DDL	1
p-value (bilatérale)	0,2888
alpha	0,05

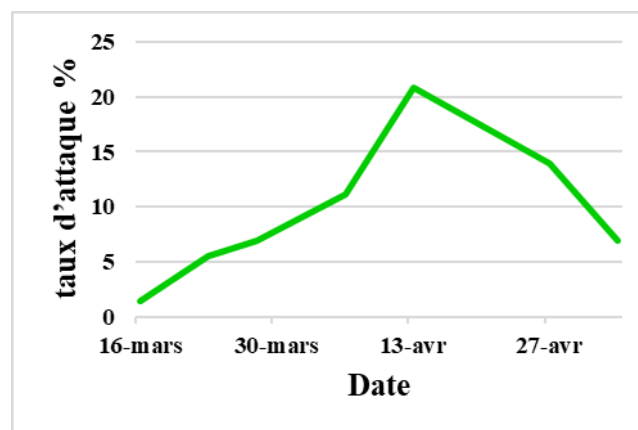
Par ailleurs, un changement est très probablement lié à plusieurs facteurs liés aux conditions météorologiques et l'hôte au niveau des stations. Almi *et al.*, (2021), indique que le taux d'infestation est associé à raison de 69,7% aux facteurs température et humidité de l'air alors que 30,3% de l'infestation est liée à d'autres facteurs parmi

lesquels le stade de maturation du fruit, l'état d'entretien de la palmeraie, la variété qui ont probablement un impact.

Redjal Melah (2021), note que le taux d'attaque de *V. livia* augmente rapidement avec le temps et le stade de développement de la grenade. Les présents résultats confirment ceci.

Cependant, la dormance du grenadier durant les mois d'hiver et la présence de figuiers permet d'observer l'infestation par *V. livia* sur les figuiers à la station 2.

En effet, l'attaque a commencé la mi-mars où le taux d'attaque atteint 1,39 %, atteignant 20,83% à la mi-avril, il diminue ensuite pour atteindre 6,94 % (fig. 21), en raison de la maturité des figues.



**Figure 21** - Evolution de l'infestation par *V. livia* sur les figues à Khemis 2

Des figuiers sont parasités à la station 2 soit un taux de 30 %. Le reste des figuiers n'a pas été affecté. Il est probable que les figues pollinisées ne conviennent pas aux papillon du grenadier.

Les tableaux ci-dessous présentent les taux d'attaque sur les figues en fonction des directions (tab. 11), en fonction des arbres (tab. 12) et le taux d'attaque globale de la station 2 (tab. 13).

**Tableau 11** - Taux d'attaque de *V. livia* sur les figes en fonction des directions cardinales

Paramètres	nord	sud	est	ouest
[Min : Max]	02:09	00:01	01:03	01:04
Moy $\pm$ SD	4,6 $\pm$ 2,7	0,6 $\pm$ 0,5	1,8 $\pm$ 0,8	2,2 $\pm$ 1,1
CV%	58,7	-	46,5	49,8

Min: Minimum; Max: Maximum; Moy: Moyenne ; SD: Ecartype; CV%: Coefficient de variation.

En fonction des directions, le taux d'attaque est très élevé sur les fruits exposés au nord avec un nombre d'individu qui varie entre 2 et 9 individus/fruit soit une moyenne de 4,6 $\pm$ 2,7 individus/fruit avec un CV= 58,7% (tab. 11).

**Tableau 12** - Taux d'attaque de *V. livia* sur les figes en fonction des arbres

Paramètres	Arbre 1	Arbre 2	Arbre 3
[Min : Max]	01:04	01:03	01:02
Moy $\pm$ SD	1,4 $\pm$ 1	0,7 $\pm$ 0,8	0,2 $\pm$ 0,5
CV%	71,05	-	-

Min: Minimum; Max: Maximum; Moy: Moyenne ; SD: Ecartype; CV%: Coefficient de variation.

En fonction des arbres, le taux d'attaque le plus élevée est enregistré pour l'arbre 2 avec un nombre d'individus qui varie entre 1 et 4 (1,4 $\pm$ 1 individus/fruit ; CV = 71,05%) (tab. 12). Par contre l'arbre 2 et 3 sont les moins attaqués.

**Tableau 13** - Taux d'attaque global de *Virachola livia* sur figes

Paramètres	Nombre d'individus de <i>V. livia</i>
[Min : Max]	01:09
Moy $\pm$ SD	2,3 $\pm$ 2,1
CV%	89,3

Min: Minimum; Max: Maximum; Moy: Moyenne ; SD: Ecartype; CV%: Coefficient de variation.

Le taux d'attaque global de *V. livia* varie entre 1 et 9 individus/fruit soit une moyenne de 2,3 $\pm$ 2,1 individu/fruit et un CV= 89,3 % (tab. 13).

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. Pour les tableaux 14 et 15, les

pourcentages d'attaque (%) ont été extraits sur la base du total des fruits infestés, selon les stations d'étude.

Le tableau 14 affiche la variation du nombre d'œufs et de trous de pénétration en fonction des stations (S1 et S2) pour la période entre juin et octobre 2022.

**Tableau 14** - Variation de nombre des œufs et les pénétrations des larves de *Virachola livia* en fonction des deux stations d'étude (S1 et S2) de juin à octobre 2022

Paramètres	Station 1		Station 2	
	Nbr w	Nbr P	Nbr w	Nbr P
<b>Min</b>		1	20	10
<b>Max</b>	57	118	144	250
<b>Moy</b>	44,83	45,5	118,6	138
<b>SD</b>	16,07	45,46	20,14	80,20
<b>CV%</b>	35,84	99,90	16,99	58,11
<b>Nombre total des fruits</b>	240	240	168	168
<b>Nombre total des fleurs/fruits attaqué</b>	95	136	166	168
<b>Taux d'attaque (%)</b>	39,58	56,67	98,81	100

Nbr w : nombre des œufs ; Nbr P: nombre des trous de pénétration ; station 1 : Khemis1 ; station 2 : Khemis2

Le nombre d'œufs de *V. livia* varie d'une station à une autre soit entre 1 et 144 œuf/station (moy =  $44,83 \pm 118,6$  œuf/station), avec un taux d'attaque de 39,58 % (station 1) et 98,81 % (station 2) des fruits contenant des œufs. Cependant, le nombre des trous de pénétration varie entre 1 et 250 trous/station (moy =  $45,5 \pm 138$  trous/station), avec un taux d'attaque de 56,67 % dans la station 1 et 100 % dans la station 2, des fruits contenant des trous de pénétration (tab. 14). En effet, la station 2 affiche les taux d'attaques les plus élevés, que ce soit pour les œufs ou les trous de pénétration.

De plus, le coefficient de variation est relativement élevé pour le nombre de trous de pénétration (CV = 99,90 %) à la station 1 et CV = 58,11 % à la station 2, par rapport au nombre d'œufs (CV = 35,84 %) à la station 1 et CV = 16,99% à la station 2. La comparaison de ces deux paramètres montre que le nombre de trous de pénétration est supérieur au nombre d'œufs puisqu'une larve peut perforer le fruit à plusieurs reprises.

Le tableau 15 résume la variation du nombre d'œufs et de trous de pénétration en fonction des stations pour la période entre avril et mai 2023.

**Tableau 15** - Variation de nombre des œufs et les pénétrations des larves de *Virachola livia* en fonction des stations d'étude (S1, S2 et S3) d'avril à mai 2023

paramètres	Station 1		Station 2		Station 3	
	Nbr w	Nbr P	Nbr w	Nbr P	Nbr w	Nbr P
<b>Min</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Max</b>	15	8	13	7	25	15
<b>Moy</b>	12,5	6,5	10	5	21,5	13
<b>SD</b>	3,54	2,12	4,24	2,83	4,95	2,83
<b>CV%</b>	28,28	32,64	42,43	56,57	23,02	21,76
<b>Nombre total des fruits</b>	240	240	168	168	240	240
<b>Nombre total des fleurs/fruits attaqué</b>	48	6	28	7	55	14
<b>Taux d'attaque (%)</b>	20	2,5	16,67	4,17	22,92	5,83

Nbr w : nombre des œufs ; Nbr P: nombre des trous de pénétration ; station 1 : Khemis1 ; station 2 : Khemis2 ; station 3 : Dehbi

D'une part, le nombre d'œufs de *V. livia* varie d'une station à l'autre entre 1 et 25 œuf/station (moy =  $10 \pm 21,5$  œuf/station), avec des taux d'attaque différents pour chaque station, allant de 20 % pour la station khemis 1, 16,67 % pour la station 2 et 22,92 % pour la station 3 (tab. 15).

D'autre part, le nombre de trous de pénétration varie entre 1 et 15 trous/station (moy =  $5 \pm 13$  trous/station), avec un taux d'attaque de 2,5% à la station 1 contre 4,17% (S2) et 5,83% à la station 3 (tab. 15).

Le coefficient de variation affiche  $CV=23,02\% \pm 42,43\%$  par rapport au nombre d'œufs par grenade au niveau de la station 1, 2 et 3, et  $CV=21,76\% \pm 56,57\%$  par rapport au nombre des trous de pénétration.

Le tableau 15 montre la variation du nombre d'œufs et de l'envahissement des larves de *V. livia* par stations d'étude (S1, S2 et S3) d'avril à mai 2023, nouvelle apparition de l'infestation. On note une différence significative entre les résultats du tableau 15 (le stade de l'apparition des inflorescences jusqu'au début de la formation des fruits) avec les résultats précédents présentés dans le tableau 14 (le stade de la formation des fruits



et les derniers stades des fruits). Redjal Melah (2021), a indiqué une différence du nombre d'œufs et de trous selon la floraison ou la fructification, et nos résultats le confirment.

Nos résultats montrent que le taux d'infestation de la station 2 est plus élevé par rapport à la station 1 en 2022, et cette augmentation peut être liée au petit nombre de grenades dans la station 2. Almi *et al.* (2021) indiquent que le petit nombre de fruits pousse la femelle *V. livia* à exploiter au maximum la grenade pour pondre ses œufs.

Il convient également de noter que d'autres facteurs contribuent à augmenter l'infestation en station 2, à savoir la présence de momies de fruits infestés des années précédentes, le manque d'un bon entretien de la station et la présence d'autres plantes hôtes à proximité, telles que le figuier.

En revanche, la baisse d'attaque enregistrée dans la station 1 pourrait s'expliquer par le retard de production et le bon entretien du jardin phoenicicole.

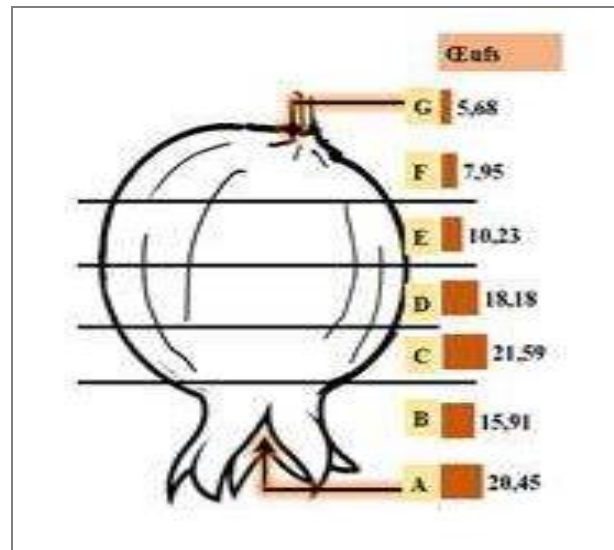
Redjal Melah (2021), a indiqué que le taux d'infestation variait entre 66,13% et 82,12% à Tibesbest 1 et entre 65,53% et 81,42% à Tibesbest 2. Almi (2020) rapporte que le taux d'infestation atteignait, 29,75% à Said Otba et 55,08% à Chemora en 2017 et 88,9 % en 2019 à Aïn Choucha. Beddiaf (2020) trouve que le taux des fruits attaqués par *V. livia* correspond à 69,3% concernant les œufs et 78,7 % pour les trous de pénétrations à Djanet.

Almi *et al.*, (2020) a mentionné que le taux d'infestation par *V. livia* est soumis à l'influence de plusieurs facteurs tel que : conditions climatiques, cultures avoisinants le grenadier, variétés et stade phénologique du grenadier, pratiques culturales, état d'entretien, présence d'auxiliaires et prédateurs ...etc. Ceci appui et confirme nos résultats concernant le taux d'infestation.

### II.2.1. Détermination de la répartition spatiale des œufs

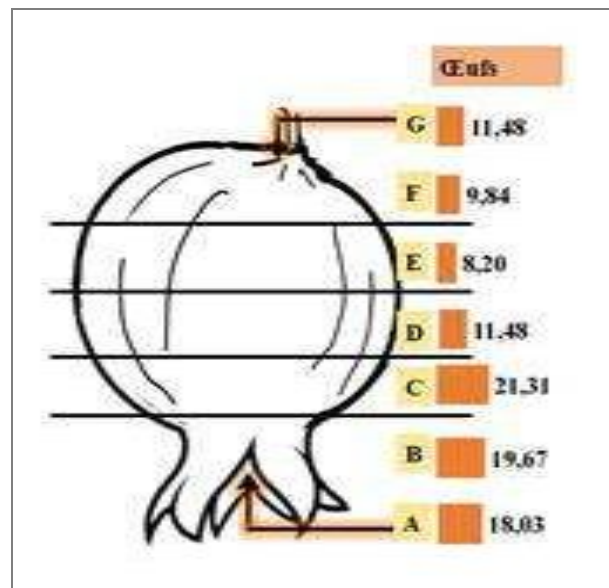
Sur terrain, la femelle de *V. livia* pond au hasard un certain nombre d'œufs sur la peau des grenades. A cet effet, le fruit est divisé en plusieurs parties selon la méthode adoptée par Almi *et al.*, (2021) avec subdivision détaillée des parties du fruit de A jusqu'à G.

Le plus grand pourcentage d'œufs est concentré dans la moitié proche du calice (zone C) soit 21,59 %, suivie de la zone A (20,45 %) et des zones D et B avec 18,18 % et 15,91 % respectivement (fig. 22). Le reste des œufs sont répartis dans la seconde moitié du fruit sur trois zones E, F et G soit 10,23 %, 7,95 % et 5,68 % respectivement.



**Figure 22** - Distribution spatiale des œufs sur grenade pour les stations 1 et 2 au cours de l'année 2022

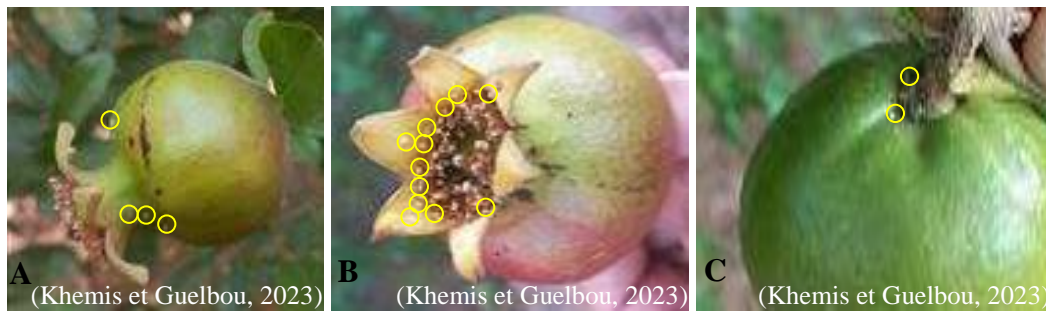
Les résultats du suivi du même paramètre durant avril et mai 2023 révèlent que la femelle préfère pondre ses œufs près de la moitié du calice (fig. 23). La zone C contient le plus grand nombre d'œufs (21,31 %), suivie des zones B et A avec 16,67 % et 18,03 % d'œufs, respectivement. La distribution des œufs est similaire pour les zones D et G soit 11,48 %, suivie par les zones F (9,84 %) et E (8,20 %).



**Figure 23** - Distribution spatiale des œufs sur grenade pour les trois stations au cours de l'année 2023

Nos résultats pour les années 2022 et 2023 montrent que la répartition des œufs dans les différentes zones de la grenade change d'un mois à l'autre. En juin, la répartition des œufs est concentrée dans la zone C, et en octobre, la femelle préfère pondre ses œufs dans la zone A. Ceci confirme que la femelle préfère et pond ses œufs principalement dans la moitié proche du calice et à l'intérieur du calice et l'extrémité des grenades (zone F). Cette constatation concorde avec les propos de Redjal Melah (2021), qui mentionne que la femelle préfère déposer ses œufs principalement à proximité du calice (zone A) suivi par le calice lui-même et l'extrémité des grenades (zone B et zone F). De même, nous appuyons les résultats de Almi (2020) qui indique que la répartition des œufs de *V. livia* sur les différentes zones d'une grenade diffère d'un mois à l'autre durant la première production où le plus grand pourcentage d'œufs était concentré au mois de mai dans la zone C et D, et en juin, la zone C reste celle préférée par la femelle pour pondre ses œufs. Awadallah *et al.* (1970) affirme que la femelle dépose ses œufs principalement dans ou à proximité du calice. Gharbi (2010) indique le même constat rajoutant que la femelle peut pondre à l'intérieur du calice.

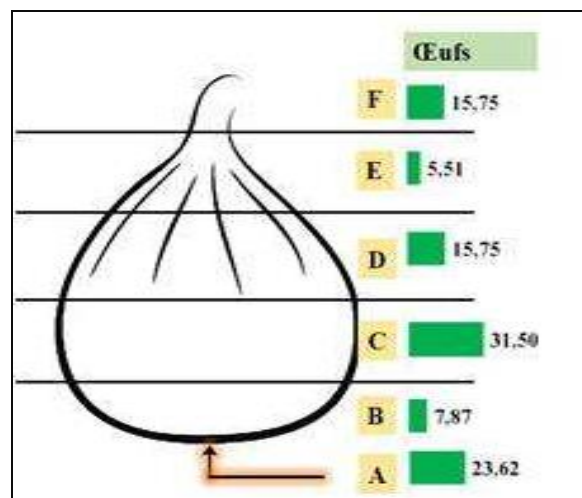
Les résultats actuels confirment que la femelle préfère toujours pondre dans la moitié proche du calice, et avec les changements de température, la femelle change de lieu de ponte, ce qui confirme une augmentation de la ponte dans la zone A. Parfois elle effectue sa ponte au bout du fruit (photo. 14).



**Photo 14** - Distribution des œufs sur grenade

A : œufs sur/proche de calice ; B : œufs dans le calice; C : œufs sur extrémité du fruit

Le papillon *Virachola livia* pond ses œufs dans différentes zones de la figue. A cet effet, le fruit est divisé en six parties ou zones (de A à F) comme indiqué sur la figure 24. La zone C contient le plus grand nombre d'œufs (31,50%), suivi de la zone A contenant 23,62% des œufs, puis par la zone D et la zone F au même taux (15,75 %). Le reste des œufs est répartis sur les zones B et E soit 7,87 % et 5,51 % respectivement.



**Figure 24** - Distribution spatiale des œufs sur figue

Ainsi, les pontes de *V. livia* œufs sont distribués à différentes zones de la figue bien que la femelle préfère pondre dans les zones C et A (la dernière moitié du fruit).

### II.2.2. Détermination de la répartition spatiale des trous

Les figures 25 et 26, montrent la répartition spatiale des trous provoqués par les larves sur le fruit à différents endroits, et c'est le résultat de l'entrée et de la sortie de la larve. Ces trous sont de diamètres différents en raison de la taille de la larve (photo. 15).

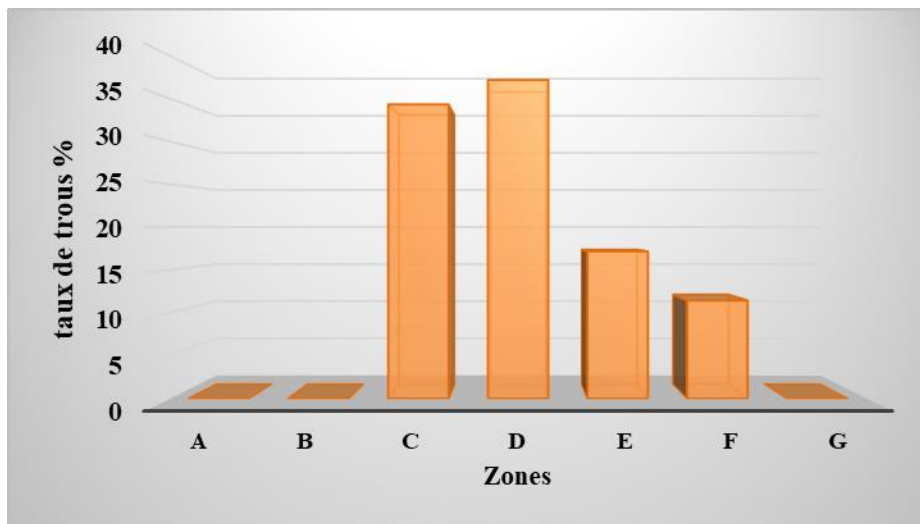
Les larves néonates laissent de très petits trous, leur trou est d'environ 0,5 mm, et pour les larves de dernier stade, la taille varie de 3,5 mm à 5 mm.

Redjal Melah (2021), a fait la même observation et a ajouté que les larves passent leur vie à l'intérieur des grenades depuis l'éclosion jusqu'à l'apparition des adultes, et les diamètres des trous varient en fonction de la taille de la larve (stades larvaires). Almi (2020), a également rapporté que les trous à diamètres importants sont ceux provoqués par les chenilles du dernier stade larvaire dont le diamètre du trou peut atteindre 5 mm. Les néonates quant à elles sont responsables des petits trous à diamètre à peine de 0,5 à 0,8 mm.



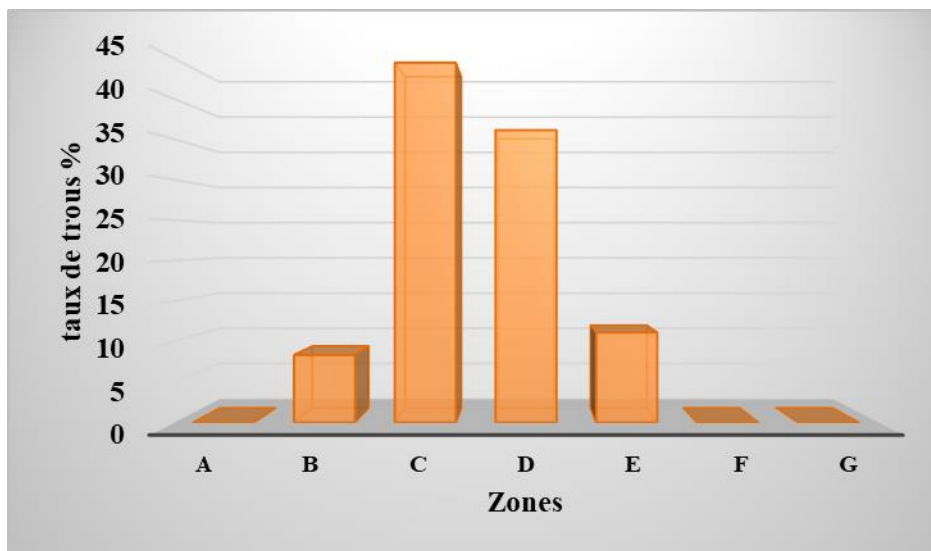
**Photo 15** - Taille et distribution des trous sur grenade

La larve de *V. livia* a causé des trous dans différentes zones, la zone D contient le plus grand nombre de trous avec un taux de 37,14 % comme indiqué sur la figure 25, suivie de la zone C avec 34,29 % de trous, et les zones E et F en contiennent respectivement 17,14 % et 11,43 %. Aucun trou de pénétration n'a été enregistré dans les zones A, B et G au cours de l'année 2022 de juin à octobre.



**Figure 25** - Distribution spatiale des trous des larves par rapport aux zones de la grenade au cours de l'année 2022 de juin à octobre

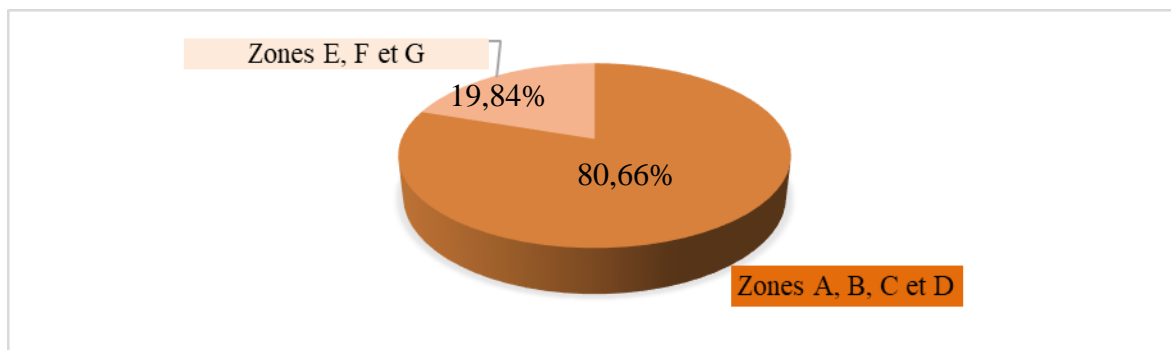
Aux premiers stades de la formation des fruits au cours du mois d'avril et mai 2023, la zone C contient le plus grand nombre de trous (44,44 %), suivie de la zone D, qui en contient 36,11 % (fig. 26). Vient ensuite la zone E (11,11 % des trous) puis la zone B, la moins touchée (8,33 %).



**Figure 26** - Distribution spatiale des trous des larves par rapport aux zones de la grenade pendant les mois d'avril et mai 2023

En comparant les résultats précédents pour les années 2022 et 2023 et les différents stades de développement de la grenade entre eux, on constate que la moitié du fruit

proche du calice contient 80,16 % des trous et qu'elle est plus sensible à l'infestation par des trous causés par *V. livia* sur la grenade par rapport à la seconde moitié (fig. 27). Redjal Melah (2021), indique que la moitié proche du calice contient plus de 52,15% de trous causés par les larves par rapport à la seconde moitié. Almi *et al.*, (2021), remarquent que la moitié du fruit près de la coupe contient plus de 70 % de trous. Ils rajoutent que les zones touchées par des trous (près du calice) sont moins exposée au soleil, au vent, à la pluie et autres intempéries, à l'abri des prédateurs potentiels, parasites des larves de *V. livia*, ou peut-être ce phénomène est-il lié à l'épaisseur de la pulpe voire à la composition chimique de cette partie du fruit. Nos constatations appuient celles des auteurs cités.



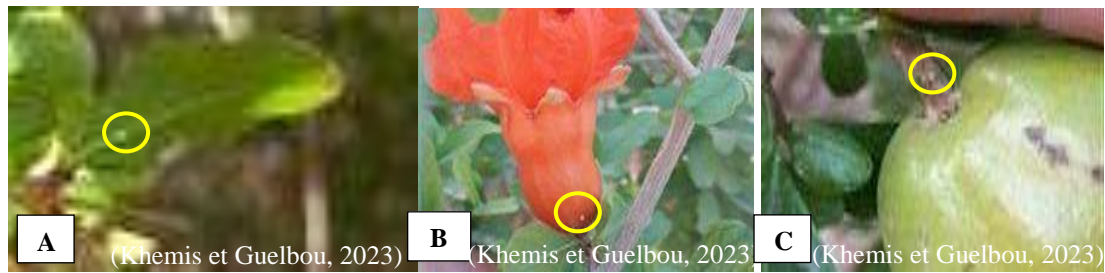
**Figure 27** - Répartition des trous dans la moitié proche du calice par rapport à la seconde moitié du fruit

### II.3. Cycle de vie

*Virachola livia* est l'un des ravageurs les plus dangereux qui menacent la production agricole de grenadiers, ce qui nécessite de connaître son cycle de vie et ses stades de développement, de connaître sa description biométrique et morphologique. Ce papillon passe par quatre phases de développement œuf, chenille, chrysalide et adulte. Un suivi issu d'élevage a permis de faire ressortir et de comparer par la suite les paramètres du cycle biologique à la bibliographie.

#### II.3.1. Œuf

Les œufs sont pondus par la femelle à différents endroits sur le grenadier, la femelle *V. livia* commence à pondre principalement sur les fleurs, les boutons floraux et les feuilles des grenadiers (Photo. 16).



**Photo 16** - Endroits de ponte sur grenadier  
A : œuf sur feuille ; B : œuf sur fleur ; C : Œuf sur rameau

Il convient de noter qu'un certain nombre d'œufs étaient situés presque au même endroit dans un fruit, comme le montre la photo 17 et cela est probablement lié au fait qu'une femelle pond un certain nombre d'œufs, allant de 1 à 5. Almi (2020) rapporte que d'une manière générale, la femelle préfère la ponte d'un œuf par fruit mais elle peut en déposer jusqu'à 10 par fruit en fonction des conditions météorologiques et du stade de développement des grenades.



**Photo 17** - Œufs du papillon *Virachola livia*

L'œuf est petit et de forme sphérique. Mkaouar et Ben Djamâa (2016) et Redjal Melah (2021) décrivent la même forme, et Almi (2020) a ajouté qu'il est rugueux. La couleur de l'œuf change d'un cas à l'autre, il est blanc (fécondé) ou gris verdâtre lorsqu'il ne l'est pas (Photo. 18). Ces mêmes observations ont été évoquées par Almi *et al*, (2021). Beddiaf (2020) mentionne également que les œufs non fécondés sont caractérisés par une couleur verte, tandis que les œufs fécondés ont une couleur blanche.





**Photo 18** - Œufs fécondés, œuf non fécondés de *V. livia* (Gx10)

Le diamètre d'un œuf va de 0,8 mm à 1 mm. Redjal Melah (2021) mentionne les mêmes dimensions. Almi (2020) affirme que le diamètre moyen est de  $0,92 \pm 0,11$ mm. La durée d'incubation obtenue lors de ce travail, oscille entre 5 et 14 jours. Gharbi (2010) enregistre une durée de 5 jours. L'incubation dure 6 à 25 jours à 25°C alors qu'elle exige 4 jours à 30°C selon Awadallah *et al.*, (1970).

### II.3.2. Stades larvaires

Les larves sont considérées comme la principale phase nuisible de ce ravageur, et dès que les œufs éclosent et que la larve sort, elle creuse dans les fruits et se nourrit de son contenu, puis la larve sort par moment, par conséquent, des trous de diamètres différents apparaissent selon leur taille.

Dans cette étude, il est à noter que jusqu'à 5 larves vivantes ont été observées en même temps à l'intérieur d'une même grenade, le pourcentage de fruits contenant cinq larves a été estimé à 3,45% par rapport aux fruits en contenant moins. Bessaci et Sadaoui (2018) rapportent que le nombre de larves par fruit varie entre 1 et 4. Nos résultats sont cohérents avec Almi (2020) qui ajoute que le nombre de larves dans un seul fruit est probablement lié à la disponibilité du fruit.

#### II.3.2.1. Larve néonate (L1)

Dès que les œufs éclosent et que les larves émergent, elles commencent à se nourrir, cherchant une zone fragile du fruit à pénétrer, puis se nourrissent de son contenu. Almi

(2020) fait le même constat concernant le comportement de la larve 1. Redjal Melah (2021) a ajouté que la larve perce le fruit à l'aide de ses mandibules. Le même auteur a expliqué que si L1 n'arrive pas à sa nourriture le plus tôt possible, il meurt facilement et ne peut pas survivre longtemps en dehors du fruit. Awadhallah *et al.*, (1970) et Almi *et al.*, (2021) ont rapporté qu'à ce stade un fruit suffit pour répondre aux besoins de la larve L1.

L1 est toute petite, de couleur beige (photo. 19), de forme cylindrique et poilue. Redjal Melah (2021) note la présence de poils noirs foncés sur tout le corps, et surtout dans le dernier anneau abdominal. En plus, Almi (2020) observe que la longueur de ces poils noirs est plus grande dans la boucle post-céphalique et la dernière boucle abdominale.

La larve mesure 0,8 mm de long et 0,2 mm de large, atteignant une longueur de 2,7 mm et une largeur de 0,8 mm. A la fin du premier stade, sa couleur devient légèrement plus foncée. La durée de ce stade varie de 2 à 6 jours.



(Khemis et Guelbou, 2023)

**Photo 19** - Larve de premier stade de *V. livia*

### II.3.2.2. Deuxième stade larvaire (L2)

La larve, au début du deuxième stade de son développement, est de couleur brune et mesure 2,7 mm de long et 0,8 mm de large. Ses dimensions évoluent jusqu'à atteindre une longueur de 5,3 mm et une largeur de 1,3 mm, la couleur changeant en brun foncé (photo. 20). Redjal Melah (2021) a décrit la larve L2 devenant d'un brun plus foncé, avec des poils courts et des taches sur les deux flancs (droit et gauche) ainsi que sur la face dorsale. Almi *et al.*, (2021) mentionnent que la couleur de la larve au début du stade est miel moucheté à marron et devient marron dominant au fur et à mesure.

La durée du stade L2 varie de 3 à 5 jours confirmant ainsi les propos mentionnés par Mkaouar et Ben Djamâa (2016) et Beddiaf (2020) sur cet aspect.



**Photo 20** - Larve de *V. livia* au second stade (G x10)

### II.3.2.3. Troisième stade larvaire (L3)

Sa taille est initialement de 5,5 mm de longueur et 1,3 mm de largeur, pour évoluer jusqu'à 8 mm de longueur et 1,5 mm de largeur en fin L3. La durée de L3 varie de 3 à 5 jours et elle est de couleur brune (photo. 21).

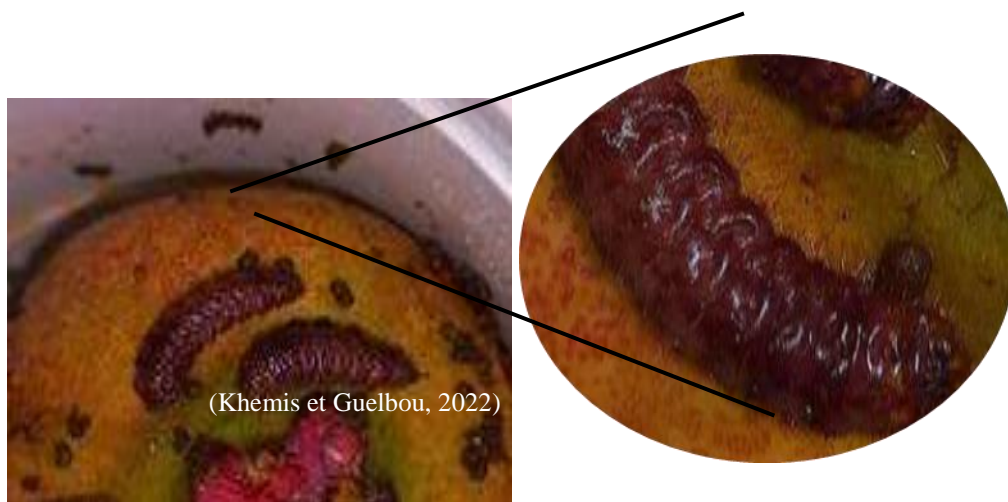


**Photo 21** - Larve de *V. livia* au troisième stade (G x20)

Beddiaf (2020) avance que la longueur des L3 varie entre 5 mm et 10,2 mm. Redjal Melah (2021) signale que la couleur de la chenille L3 est brun noisette, varie entre 6 mm et 7,5 mm de longueur, avec une largeur d'environ 1,4 mm et dure 3 à 6 jours.

#### II.3.2.4. Quatrième stade larvaire (L4)

La couleur de la chenille passe au rouge violet foncé, et il y a des spiracles des deux côtés et des poils le long du corps comme le montre la photo 22. Sa taille se développe au début de ce stade jusqu'à une longueur de 8,2 mm et une largeur de 3 mm, pour atteindre en fin de stade une longueur de 20 mm et une largeur de 6,7 mm, ce qui provoque de gros trous de 5 mm dans la grenade. Ce stade dure de 2 à 6 jours. Redjal Melah (2021) indique que la taille de la chenille L4 est la suivante : la largeur équivaut à 3,3 mm, et dans certains cas elle atteint 6 mm, et la longueur varie entre 8 et 18 mm. Comme le signalent Mkaouar et Ben Djamâa (2016), pendant ce stade, la larve prend le maximum de nourriture.



**Photo 22** - Larves de *V. livia* au quatrième stade

On a remarqué la présence d'une larve verte (photo. 23) au milieu d'un fruit aux graines immatures. Almi (2020) a mentionné ceci en observant des larves âgées (L4) de couleur verte, surtout quand les graines n'étaient pas suffisamment développées, et que ce qui pouvait affecter la couleur de la larve.



**Photo 23** - Larve de *V. livia* au quatrième stade (couleur verte) (G x30)

### II.3.3. Phases pré-chrysalide

A cette phase, la larve cesse de se nourrir, et son mouvement devient lent, plutôt rare (photo. 24), et sa taille se rétrécit, sa longueur varie entre 7 mm et 14 mm, et sa largeur varie entre 3,6 mm et 5,1 mm. Almi *et al.*, (2020) signale qu'à la fin du 4<sup>ème</sup> stade larvaire, la larve quitte le fruit pour s'installer dans un endroit isolé. Ensuite, son mouvement s'arrête durant un à deux jours. Beddiaf (2020) note que cette période dure de 1 à 3 jours alors que Mkaouar et Ben Djamâa (2016) déclarent que cette phase dure environ 2 jours.



**Photo 24** - Phases pré-chrysalide de *V.livia*

Sa couleur vire au beige, Redjal Melah (2021) montre que la couleur de la pré-chrysalide vire au blanc. On remarque également la présence de légères poils blancs

(photo. 25). Almi *et al.*, 2020) note que les poils donnent une couleur blanche au début de la future nymphe. La phase pré-nympheale s'achève après la mue nymphale.



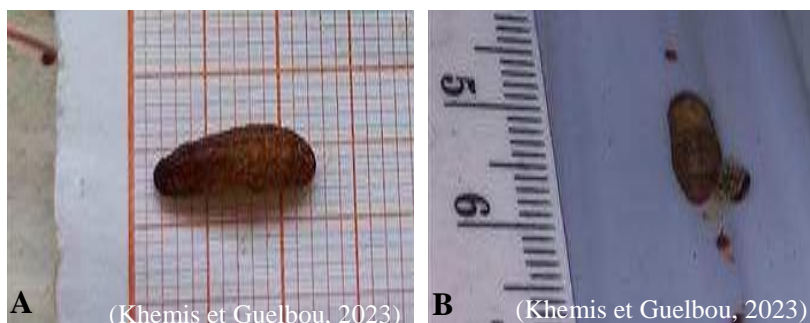
**Photo 25** - Début de chrysalide et la capsule céphalique chez *V. livia*  
(G x30)

#### II.3.4. Phase chrysalide

Le changement morphologique de la chrysalide peut être décrit en changeant sa couleur selon la plante hôte. Nous avons remarqué qu'il vire au marron pour le grenadier, et vire au marron clair pour le figuier (photo. 26), car on remarque la présence d'une ligne longitudinale noire au milieu de la surface dorsale avec des taches noires (photo. 26). Almi *et al.*, (2020) décrivent que la chrysalide est d'abord caractérisé par une couleur beige clair (pendant quelques heures) puis vire au brun. Elle s'attache grâce à une fine couche en soie sur sa face ventrale.

Allant de 8 mm à 12 mm de longueur et de 3,5 mm à 5 mm de largeur, Redjal Melah (2021) enregistre une longueur de 8 à 12 mm et une largeur de 4,8 mm.

Cette étape dure environ 6 à 19 jours, et le même auteur précédent ajoutait qu'il est possible de compléter le cocon jusqu'à 20 jours dans certains cas. Gharbi (2010) indique que la chrysalide dure  $10,14 \pm 0,74$  jours sur grenadier.

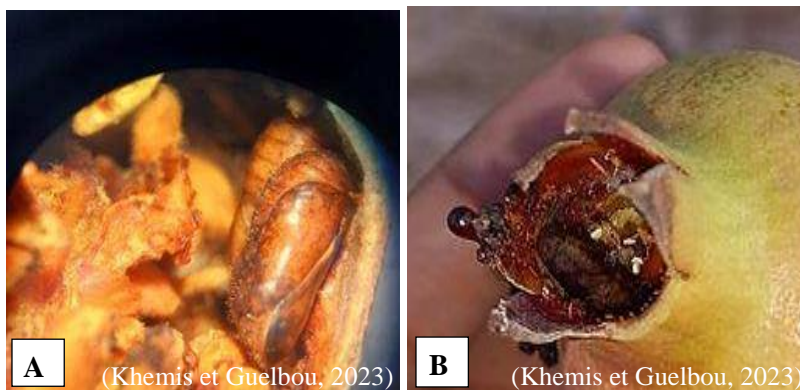




**Photo 26 - Chrysalides de *V. livia***

A : chrysalide de grenade ; B : chrysalide de figue

On retrouve les chrysalides à différents endroits (photo. 27) à l'intérieur de la grenade et à sa surface et à l'intérieur du calice. Le taux de chrysalide à l'intérieur du fruit est estimé à 56,4 %, et le pourcentage de cocons présents à l'intérieur du calice est de 40,4 %. Les chrysalides situées à la surface du fruit est estimée à 3,2 %. On peut expliquer cela par le fait que la surface de la grenade est plus vulnérable au vent, à la pluie et aux prédateurs.

**Photo 27 - Emplacements de la chrysalide**

A : Chrysalides à l'intérieur du fruit (G x30) ; B : Chrysalide à l'intérieur du calice

**II.3.5. Phase adulte**

Après le processus de métamorphose qui se produit à l'intérieur de la chrysalide, l'adulte lui-même émerge sous la forme d'un papillon (photo. 28), et le processus de sortie peut se poursuivre pendant des heures.

**Photo 28 - Emergence de l'adulte de sa chrysalide**

A : adulte s'extirpant de l'enveloppe ; B : enveloppe vide

Le papillon *V. livia* se distingue par ses ailes de couleurs vives. Il est facile d'identifier les femelles adultes des mâles.

La couleur de la femelle est maron-cuivre avec du violet à la base de l'aile sur la face dorsale. Sa longueur varie entre 12 mm et 14 mm, la longueur d'aile varie entre 14 mm et 15,5 mm. La face ventrale est grise claire avec de longues lignes ondulées beige foncé bordées de blanc. Les ailes sont décorées de franges de soie beige clair (photo. 30). Il est difficile de différencier cet aspect entre la femelle et le mâle. Almi (2020) explique que la femelle est un peu plus pâle que le mâle en plus d'une queue de 3 mm de longueur. Redjal Melah (2021) a ajouté que l'aile antérieure est à bords bruns.

Le mâle a des ailes orange-cuivre avec des bords brun clair, doté d'une grande tache noire de 1,8 mm sur la face dorsale à la base de l'aile postérieure (photo. 29). La longueur des mâles varie de 11 mm à 13 mm, et la longueur des ailes varie de 12,5 mm à 14 mm La longueur de la queue est de 2 mm. Les femelles sont plus grandes que les mâles.

Mkaouar *et al.*, (2016), Almi *et al.*, (2021) et Redjal Melah (2021) affirment que sur l'extrémité de la face inférieure de chaque aile postérieure, il y a un camouflage qui ressemble presque l'apparence d'une tête d'insecte avec des yeux et des antennes. Cela était dû à la présence de deux gros ocelles noirs, le premier entouré de jaune doré et le second d'un violet brillant, et entre eux, il y a une petite tache commune brillante et verdâtre.



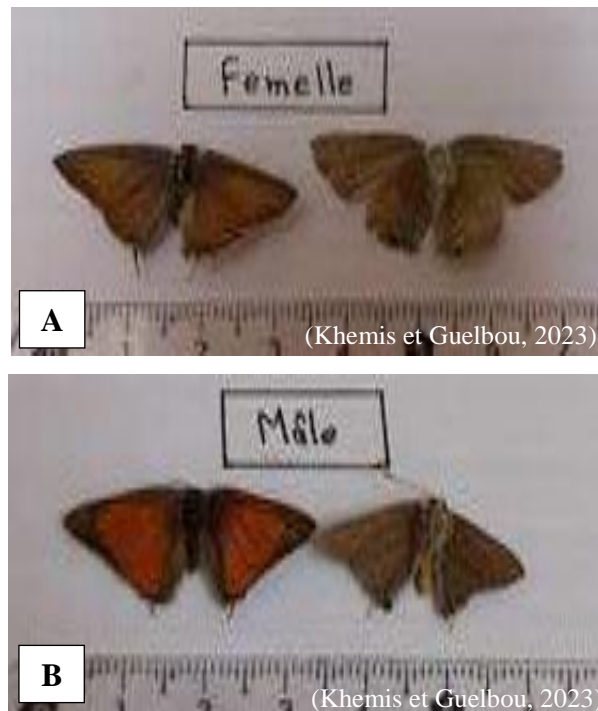
**Photo 29** - Face dorsale à la base de l'aile postérieure du mâle adulte (G x30)

Les adultes mâles et femelles ont également des caractéristiques communes dans les antennes et les pattes.

Les antennes des deux peuvent être décrites comme noires striées de blanc avec un peu de jaune doré sur le dessus. La longueur de ces antennes varie de 6,6 mm à 7 mm chez



les femelles et chez les mâles, elle varie de 7 mm à 8 mm. Les pattes sont poilues, de 3,5 à 4,2 mm de long. Ces résultats sont presque cohérents avec ceux rapportés par Beddiaf (2020) et Redjal Melah (2021).



**Photo 30** - Adultes de *Virachola livia*

A : face ventrale et dorsale d'une femelle ; B : face ventrale et dorsale d'un mâle

### II.3.5.1. Sex-ratio

Il y a une différence entre le nombre d'adultes mâles et femelles puisque le taux des femelles est de 56,52% contre 43,47% pour les mâles. Beddiaf (2020) constate que les chrysalides émergées donnent surtout des femelles (71,4%), avec une minorité de mâles (28,6%). Almi *et al.*, (2020) indique qu'il existe une différence entre le nombre des mâles et des femelles. Redjal Melah (2021) montre que le sex-ratio des chrysalides émergées affiche que les femelles (54,55%) dépassent la proportion des mâles soit 45,45 %.

La figure 28 représente le cycle de vie de *Virachola livia* de l'éclosion des œufs jusqu'à l'adulte. Avant que ces résultats ne soient atteints, il y a des échecs, un taux de mortalité d'environ 32 %.

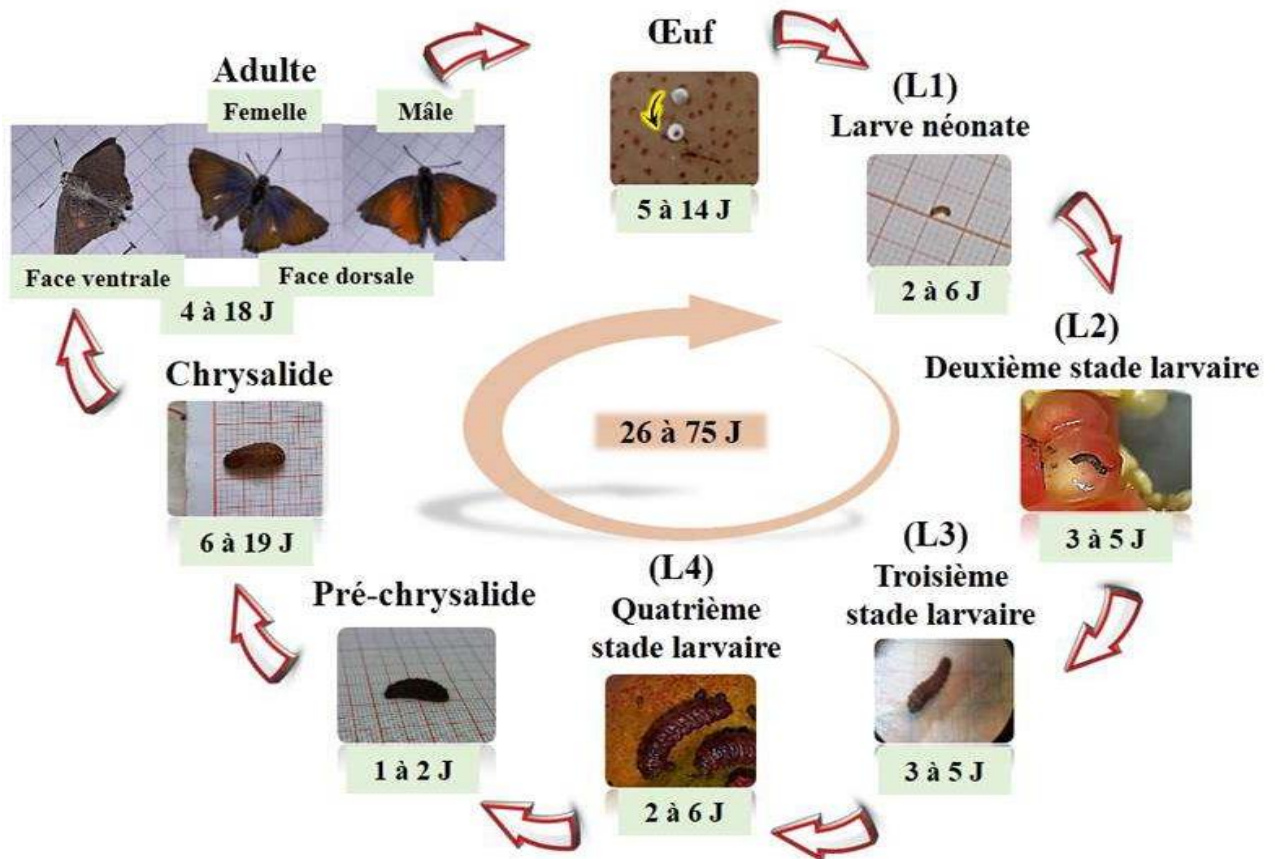


Figure 28 - Cycle de vie chez *Virachola livia*

#### II.4. Entomofaune associée aux grenades

La recherche d'éventuels prédateurs, parasites ou parasitoïdes de *V. livia*, sur la partie aérienne et à proximité des fruits fait appel à l'ensachage.

La technique d'ensachage des fruits sur arbre et ensachage des fruits tombés, a contribué à découvrir la présence de certaines espèces dans les stations d'étude (tab. 16).

Tableau 16 - Espèces notées à l'intérieur du fruit de celles à l'extérieur et des fruits sur arbre contre celles au sol

Famille	Espèce	S1	S2	S3	Int	Ext	S.A	A.S
Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i>	+	+	-			*	
Dermestidae	<i>Dermestes</i> sp.	+	+	-	*	*		*
Pseudococcidae	<i>Pseudococcus maritimus</i>	+	+	+			*	
Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	+	+	+		*	*	
Aphidoidea	<i>Aphis punicae</i>	+	+	+		*	*	
Formicidae	<i>Cataglyphis bicolor</i>	+	+	+			*	
Pyralidae	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	+	+	-	*		*	*

Int: à l'intérieur du fruit ; Ext: à l'extérieur du fruit ; S.A : fruits sur arbre ; A.S : fruits au sol

Parmi les fruits de la saison et qui sont tombés sur le sol, le taux de fruits infestés est d'environ 63%.

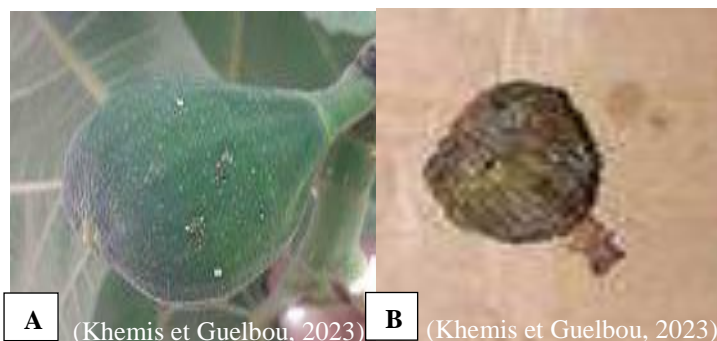
Les résultats de Redjal Melah (2021), concernant l'utilisation d'ensachage des fruits tombés et des rameaux, ont révélé la présence de seulement deux espèces : *Aranea* sp. ind., *Ectomyelois ceratoniae*.

Dans cette étude, aucun prédateur attaquant *V. livia* n'a été observé. Almi (2020), rapporte que la recherche d'espèces auxiliaires contre *V. livia* que ce soit prédateurs, parasites ou parasitoïdes nécessite une autre étude plus étalée dans le temps.

### II.5. Polyphagie chez *V. livia*

Les larves de *Virachola livia* se nourrissent de diverses plantes. Ainsi, les larves peuvent causer des dommages importants aux cultures autres que le grenadier.

Nous avons prélevé des échantillons suspectés d'être infectés par *V. livia* des trois stations. Ces échantillons correspondent à des figues à Khemis 2 (photo. 31). Mkaouar *et al.*, (2014) notent également cette même constatation. Almi (2020), note la présence de ce ravageur sur figues, mais en nombre négligeable durant la période où les fruits sont encore verts. Après l'éclosion de l'œuf, la larve termine son cycle de vie à l'intérieur du fruit de la figue et se nourrit de son contenu en faisant des trous comme le montre la photo (B, 31).



**Photo 31** - Présence de *Virachola livia* sur autres plantes hôtes  
A : œuf de *V. livia* sur figue ; B : trou de *V. livia* sur figue

### II.5.1. Comportement alimentaire

La technique de la salle des tunnels a permis d'identifier le comportement de *V. livia* vis-à-vis d'autres plantes hôtes, sous une température de 27 °C. Grâce à cette technique, nous avons observé que lorsque tous les fruits (grenadier, figuier, abricotier et dattier) étaient présents, l'individu se dirigeait vers le grenadier. L'orientation nette des femelles vers les grenades était de 100% en présence des autres fruits. En l'absence de grenade, l'individus tend vers les figues uniquement. Mkaouar *et al.*, (2016) rapportent que ce ravageur alterne toute l'année d'un hôte à un autre.

La sélection des plantes par les insectes polyphages consiste en une séquence comportementale en réponse à un ou plusieurs stimuli associés à une plante hôte ou à une plante non hôte (Staedler, 1976). Ces insectes sont attirés, entre autres, olfactivement grâce à l'odeur qui émane de la plante grâce aux nombreux récepteurs olfactifs localisés sur leurs palpes maxillaires et surtout leurs antennes (Visser, 1986). En effet l'odorat reste la modalité sensorielle la plus fréquente (Schröder et Hilker, 2008).

# **Conclusion**

### Conclusion

*Virachola livia* est ravageur qui attaque la grenade. Il a été étudié en conditions naturelles à Touggourt (sud-est de l'Algérie), la présente étude a été menée dans 3 stations (deux stations à Zaouia El-Abedia et une station à Tebesbest).

Au terme de cette étude, qui a été menée au cours des années 2022 et 2023, l'évaluation des dégâts causés par *V. livia*, ainsi que la connaissance de ses symptômes, et de certains paramètres bioécologiques de ce ravageur et de son comportement, représentent les paramètres étudiés.

Il a été démontré que *V. livia* déclenche son activité dès l'apparition des boutons floraux et des fleurs sur grenadiers (début avril aux stations 2, 3 et mi-avril à station 1).

Ce ravageur commence à attaquer les figuiers. Par ailleurs, le papillon de grenadier *Virachola livia* attaque plus le grenadier. L'infestation sur grenadier diffère d'une station à une autre. Au cours de la première année (2022), la première station a enregistré un taux d'infestation de 56,67%, tandis que la station 2 a enregistré le taux d'infestation le plus élevé, qui s'élevait à 96,67%. Le taux d'attaque augmente avec le temps et le stade de développement des grenades. Durant avril-mai de l'année 2023, la station 3 enregistre le taux d'infestation le plus élevé soit 22,9 %, suivie de la station 1 (20 %), tandis que la station 2 enregistre à peine 16,7 %.

L'infestation au niveau des trois stations ne présente pas de différence significative durant la période avril et mai 2023.

Le pourcentage d'œufs et de trous larvaires varient d'un mois à l'autre. Les trous de pénétration sont beaucoup plus élevés que le nombre d'œuf déposés pendant la période d'août à octobre de l'année 2022 ; mais en avril et mai 2023, ces deux paramètres sont presque similaires. La femelle pond plus de 5 œufs, mais elle préfère pondre un œuf sur chaque fruit.

Le suivi des paramètres biologiques de *V. livia* après éclosion a révélé que la larve passe par quatre stades larvaires, puis la phase près-chrysalide ensuite la chrysalide avant de devenir adulte. Ce cycle de vie varie entre 26 et 75 jours. Le sex-ratio indique que l'effectif des femelles est supérieur à celui des mâles soit respectivement 56,52 % contre 43,47 %.

En termes de recherche d'éventuels prédateurs, parasites ou parasitoïdes de *V. livia*, aucun auxiliaire attaquant *V. livia* n'a été observé dans les stations en utilisant l'ensachage des grenades. Il serait préférable de s'orienter également vers d'autres fruits (figues, abricots).

Nous signalons la présence de *V. livia* sur figuiers comme plante hôte et confirmé que la larve acquiert la couleur de son substrat alimentaire. En présence de grenades, *V. livia* préfère ce fruit aux figues ou aux abricots ou dattes.

En perspectives, cette étude doit être poursuivie, la recherche de différents moyens de lutte contre le ravageur est essentielle pour limiter ses dommages.

Il devient souhaitable de procéder systématiquement à l'entretien des jardins phoenicicoles notamment après récoltes en se débarrassant de tous les résidus de récoltes surtout les fruits momifiés; d'approfondir la compréhension de sa dynamique aux sein des palmeraies; des moyens de contrôle notamment préservatrices de l'environnement mais avant tout une meilleure prise en charge de la sensibilisation et l'encadrement des agriculteurs.

## **Références bibliographiques**



### Références bibliographiques

- A.N.R.H., (2017). Agence Nationale des ressources Hydrauliques, étude sur la vallée de l'Oued Righ. 120 p.
- Aabd-ella A., (2015). Efficacy of emamectin benzoate, pyridalyl and methoxyfenozide on pomegranate butterfly, *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera: Lycaenidae) in cultivated and reclaimed lands. *Journal of Phytopathology and Pest Management*. 2: 32-42.
- Adamou., (2021). Contribution à l'étude de la phénologie de la reproduction du Guêpier de Perse – *Merops persicus* – à Oued Rhig (Touggourt, Algérie). Mémoire de Master Académique. Ecologie et Environnement, Université Kasdi Merbah Ouargla. p. 68.
- Afaq F., Malik A., Syed D., Maes D., Matsui M. S. et Mukhtar H., (2005). Pomegranate fruit extract modulates UV-B-mediated phosphorylation of mitogen-activated protein kinases and activation of nuclear factor kappa B in normal human epidermal keratinocytes. *Photochemistry and Photobiology*. 81: 38-45. algériennes. Thèse Doctorat, Université. Tours. p. 545.
- Ali E. A., (2017). Integrated Control of Some Pests Infesting Pomegranate Trees in Northern Western coast. Egypt. *Acad. J. Biology. Sci.* (F. Toxicology & Pest control) Vol.9 (1):59-72.
- Almi A., (2020). Etude de quelques aspects bioécologiques de *Virachola livia* (Klug, 1834) (Lepidoptera : Lycaenidae) dans la palmeraie du Sud-est algérien et essai de lutte. Doctorat de Sciences agronomiques, Université. Kasdi Merbah Ouargla. p. 134.
- Almi A., Bradai L., Bissati-bouafia S. et Korichi R., (2018). Appearance of *Virachola livia* (Klug, 1834) (Lepidoptera: Lycaenidae) and study of some biological parameters in an arid region of Algeria. *Ciência técnica vitivinícola*. 33 (10): 85-96.
- Almi A., Korichi R., Bradai L. et Bissati-bouafia S., (2020). Première étude de la biologie d'un nouveau prédateur *Deudorix livia* (Lepidoptera, Lycaenidae) sur grenadier en Algérie. *IOBC-WPRS Bulletin*. Vol. 151: 97-104.
- Almi A., Korichi R., Bradai L., et Bissati-bouafia S., (2021). Bioécologie de *deudorix (Virachola) livia* Klug, 1834 (Lepidoptera, Lycaenidae) sur grenadier dans le bas sahara. *Revue Bioressources*, Vol. 11 (2). 59 -67.

- Amara H., (2019). Importance de la myrmécofaune associée à un agro écosystème de grenadier dans le bassin du Hodna. Mémoire de Master Académique, Protection des végétaux. [En ligne]. Université Mohamed Boudiaf. M'SILA. Pages : 01, 09 ,10 ,11.
- Amourettim C. et Comet G., (1992). Cahier d'histoire des techniques-Des hommes et des plantes : plantes méditerranéennes, vocabulaire et usages anciens. Publications de l'université de Provence. pp. 174.
- Arnoux C. et Forest J., « La Grenade, un aliment mais aussi un médicament puissant» s.l. – Fruits oubliés réseau - Déc. (2013). *Fruits oubliés* – n°57.
- Aron S., Passera L. et Pastels J., (2009). Les sociétés animales: évolution de la coopération et organisation sociale. Ed. Boeck Université, Bruxelles. p.336.
- Awadallah A. M., Azab A. K. et El-Nahal A. K. M., (1970). Studies on the pomegranate butterfly, *Virachola livia* (Klug) (Lepidoptera- Rhopalocera: Lycaenidae). *Bulletin de la Société Entomologique d’Egypte* 54 : 545-567.
- Baameur M., (2021). *Étude écologique de la flore spontanée du Sahara septentrional est-algérien*. Thèse Doctorat en Agronomie, Université Kasdi Merbah Ouargla. p.118.
- Bagnouls F. et Gaussen H., (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat.* Toulouse, 88 : 3 - 4.
- Bärtels A. (1998). *Guide des plantes du bassin méditerranéen*. Editions Ulmer. pp. 400-352.
- Bazzine M., (2018). *Etat d’environnement des écosystèmes aquatiques dans le Bas Sahara algérien*. Thèse doctorat en biologie. Université. Kasdi Merbah, Ouargla. p. 198.
- Beddiaf R., (2020). *Importance de bio-agresseurs des plantes cultivées dans l’extrême Sud est d’Algérie*. Doctorat de Sciences agronomiques, Université Kasdi Merbah, Ouargla. p. 114.
- Beddiaf R., Kherbouche Y., Abdouali R., Eddoud A., Ababsa L., Guezoul O. et Sekour M., (2020). The infestation state and reproduction biology of pomegranate butterfly *Virachola Livia* (Lepidoptera: Lycaenidae) in Saharan area of Algeria. *International J. Fruit Sci.* 20(sup2): S683-S694.
- Bekkari A. et Benzaoui S., (1991). *Contribution a l’étude de la faune des palmeraies de deux régions du Sud-est algérien (Ouargla et Djamaa)*. Mémoire

- Ingénieur Agronomes Institut Nationale Forme Supérieur. Agronomie Saharienne, Ouargla. p. 134.
- 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: Lycanidae) en Algérie: Un ravageur important du grenadier et du palmier dattier. *Bulletin OEPP/EPPO* (0): 1-6.
  - Ben kouider Kh., (2019). *Développement durable des oasis (Etude de cas de la ville de Touggourt)*. Mémoire de Master Académique. Urbanisation et gestion des villes, Université Mohamed Kheidar, Biskra. p. 86.
  - Ben-Arie R., Segal N. et Guelfat-Reich S., (1984). The maturation and ripening of the 'Wonderful' pomegranate. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 109(6): 898-902.
  - Bentima S., (2014). *Contribution l'étude des vertèbres dans la région d'Oued Righ*. Mémoire. Master. Agronomie, Université. Kasdi Merbah, Ouargla. p. 97.
  - Bessaci N. et Sadaoui Kh., (2018). *Importance des ravageurs et leurs préjudices sur quelques arbres fruitiers en zones sahariennes (Cas d'Ouargla)*. Master Académique, Phytoprotection et environnement. Université Kasdi Merbah, Ouargla. p. 40.
  - Betioui M., (2017). *Etude de la possibilité d'amélioration de la culture et de la production du Grenadier commun, Punica granatum dans la région de Tlemcen*. Mémoire de master, Amélioration végétale. Université de Tlemcen, Tlemcen. p. 17.
  - Bouaicha R., (2017). *Analyse du complexe parasitaire du Grenadier Punica granatum (Linné, 1753) dans la région de Touggourt*. Mémoire de Master en Agronomie, Université Kasdi Merbah, Ouargla. p. 95.
  - Bouaichi N., Ben abdallah Y., (2019). *Contribution à l'étude morphologique et dégradation du canal Oued Righ parti sud*. Mémoire. Master, Agronomie, université kasdi Merbah, Ouargla. p. 86.
  - Boual M., (2021). *Analyse du complexe parasitaire du grenadier dans la région de Ghardaïa*. Mémoire Master académique, sciences agronomiques, université kasdi Merbah, Ouargla. p. 74.
  - Boulal Y., (2008). *Ecologie trophique de hérisson de désert Paraechinus aethriosopes (Ehrenberg, 1833) dans la région de Djamâa*. Mémoire. Ingénieur. Agronomie., université Kasdi Merbah, Ouargla. p. 125.

- Boullard B., (1997). *Dictionnaire plantes et champignons*. Edition ESTEM, Paris, p: 380. ISBN: 2-909455-99-8.
- Boullard B., (2001). *Plantes médicinales du monde*. Réalités et croyances. Editions Estem. pp. 437-438.
- Boussalah N., (2010). *Propriétés antioxydantes de deux variétés de grenade (Punica granatum L.) de la région de Béjaïa. Contrôle de qualité des aliments, certification et méthodes de validation*. Mémoire de Magister, Université Abderrahmane mira, Bejaïa. p. 75.
- Cauchard L., (2013). *La grenade : Organisation de la filière, opportunités et contraintes pour son développement*. Mémoire. Ingénieur. Institut Supérieur des Sciences Agronomiques France. p. 40.
- Cemeroglu, B., Artik, N. et Erbas S., (1992). Gewinnung von Granatapfelsaft und seine Zusammensetzung. *Flussiges Obst*, 59. pp. 335-340.
- Chenchouni H., (2011). *Diagnostic écologique et évaluation du patrimoine biologique du Lac Ayata (Vallée de l'Oued Righ): Sahara septentrional algérien*. Mémoire. Magistère. Biologie., Université. Kasdi Merbah, Ouargla. p. 120.
- Chougui H., (2018). *Etude du comportement physiologique avec application d'hormones de boutures de quatre variétés de grenadier. Mémoire de Master en Agronomie. Amélioration des productions végétales*. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. p. 96.
- Cortin A., (1969). Réaménagement de mise en valeur d'Oued-Righ. D'analyse. *Revue des Sciences Humaines*. Université Mohamed Khider, Biskra. p. 16.
- Dajoz R., (1971). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- Derin K., Eti S. (2001). Determination of Pollen Quality, Quantity and Effect of Cross Pollination on the Fruit Set and Quality in the Pomegranate. *Turk J Agric For*, 25: 169-173.
- Dhouibi M. H., (1989). *Biologie et écologie d'Ectomyelois ceratoniae dans deux biotopes différents et recherche de méthodes alternatives de lutte*. Thèse d'état, Université de Pierre et Marie curie. Paris VI, 241p. Dordrecht, the Netherlands. p. 4411.
- Dossin, A., (2019). *Produire des grenades en agriculture biologique en région provençalpes côte d'azur*. Chargée de mission Aides, Réglementation, Conversions, Filière Arboriculture. Ed. DRAAF PACA. p.12.

- Dreux, P., (1980). *Précis d'écologie*. Ed. Presses Université. France Paris: (P.U.F.), p .231.
- Dubost, D., (1991). *Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes*. Thèse Doctorat, Université, Tours. p. 545.
- Dutil, P., (1971). Contribution à l'étude des sols et des paléosols de Sahara. Thèse doctorat. D'état, Faculté des sciences, Université de Strasbourg. 346p.
- Evreïnoff, V. A., (1957). Contribution à l'étude du Grenadier. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*. Vol. 4 (3): 124-138.
- Faghieh, A.A., (2004). Identification et application agronomique de synergistes végétaux de la phéromone du charançon *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) 1790. Paris Grignon: Institut National Agronomique.
- Garnier, G., Bezanger-beauquesne, L., Lucienne., Debranx. et Germaine., (1961). Ressources médicinales de la flore française. Editions Vigot Frères. Tome II. 1511: 838-842.
- Gharbi, N., (2010).Laboratory Rearing of the Pomegranate Fruit Butterfly *Virachola livia* on Two Host Plants in Tunisia, *Journal of Plant Protection*. 5:195-200.
- Gil, M., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M. et Kader, A.A., (2000). Antioxydant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of agricultural and food chemistry*. Oct. N° 48.4581-4589.
- Hadjoudj, M., Souttou, K. et Doumandji, S., (2015). Diversity and Richness of Rodent Communities in Various Landscapes of Touggourt Area (Southeast Algeria). *Acta zool.Bulg.* 67 (3): 415-420.
- Halitim, A., (1988). *Sols des régions arides d'Algérie*. Ed. Alger: OPU, p.384.
- Hamouda, N., (2013). Etude Situation géographique de la zone d'étude.
- Idder, M., (1984). *Inventaire des parasites d'Etomylois ceratoniae Zelleer (Lepidoptera, Pyralidae) dans les palmeraies d'Ouargla et lâcher du Trichogramma embryophagum Harting (Hymenoptera, Trichogrammatidae) contre cette Pyrale*. Mémoire. Ingénieur. Agronomie, Université El Harrach, p.83.
- Iserin, P., (2001). Encyclopédie des Plantes Médicinales : *identification, préparation, soin*. 2<sup>ème</sup> édition, Larousse. p. 335, ISBN: 2-03-560252-1.

- Kahramanoglu, I., Usanmaz, S., (2013). Management strategies of fruit damaging pests of pomegranates: *Planococcus citri*, *Ceratitis capitata* and *Deudorix (Virachola) livia*. *African Journal of Agricultural Research* 8 :6563-6568.
- Koull, N., (2015). Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ). Thèse doctorat en Science Agronomies. Université Kasdi Merbah Ouargla, p .185.
- Kowalski, K., Rzebik-Kowalska, B., (1991). Mammals of Algeria. Ed. Ossolineum, Wroklaw, p. 353.
- Ksentini, I., Jardak, T. et Zeghal, N., (2011). First report on *Virachola livia* Klug. (Lepidoptera: Lycaenidae) and its effects on different pomegranate varieties in Tunisia. *EPPO Bulletin*. 41:178 -182.
- Ksentini, M., Boulila, M., Braham, M., Gharbi, N., Rhouma, A., Triki, M. A. et Hibar, K., (2008). Etude de la bio écologie des lépidoptères du grenadier *Virochola livia* et *Ectomyelois ceratoniae* et développement d'une stratégie de lutte intégrée P. 93. Rapport d'activités année 2008 et programme 2009.p .145.
- Lansky, E., Newman, R., (2007). *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethno pharmacology*.109:177–206.
- Le Berre, M., (1989). Faune du Sahara, Poissons, Amphibiens, Reptiles, Ed. Raymond Chabaud- Le chevalier. Paris. 332 p. 72.
- Lemoine, E., (1998). Guide des fruits du monde - Les fruits de nos régions, Les Variétés exotiques. Collection les compagnons du naturaliste. Editions Del chaux et Nestlé. pp. 192 -151.
- Martinez, J.J., Melgarejo, P., Hernandez, F.A., Salazar, D.M. et Martinez, R., (2006). Seed characterization of five new pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties. *Scientia Horticulturae* 110:241–246.
- Melgarejo, P., Salazar, D.M. et Artés, F., (2000). Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. *Eur. Food Res. Technol.*211, 185-190 67.
- Mesghouni, R., (2008). La faune associée aux dattes entreposées dans deux stations de la région de Touggourt (R.A.N.O. / I.N.R.A.) ; Influence des différentes pyrales sur les fruits stockés, Tentative de multiplication des

- Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera, *Trichogrammatidae*). Mémoire. Ingénieur. Agronomie, Université Kasdi Merbah Ouargla, p .117.
- Mkaouar, R., Ben Jamâa, M. L., (2016). Study on Biology of Pomegranate Playboy *Deudorix Livia*, (Klug, 1834) in *Acacia farnesiana*. Indian journal of applied research 6: pp .159-161.
  - Mkaouar, R., Dhahri, S. et Ben Jamâa, M. L., (2016). Some biological aspects of *Virachola livia* on *Acacia farnesiana* in the South of Tunisia. Turk. J. of Forest. 17 (Special Issue): pp. 48-50.
  - Mkaouar, R., Saadaoui, E. et Ben Jamâa, M.L., (2014). Premières observations sur le papillon du grenadier *Virachola livia* sur les brise-vents d'*Acacia* au sud tunisien. *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35 (3/2014) - Actes du 4ème Meeting International 'Aridoculture et Cultures Oasiennes : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides.* pp. 1749-1753.
  - Mokhtar, A. M., Al Nabhani, S., (2016). Distribution of *Virachola livia* (Lepidoptera: Lycaenidae) Eggs and Influence of Conspecific Aggregation and Avoidance Behavior. *J. Agr. Sci. Tech.* 18:1593-1604.
  - Müller, G.C., Kravchenko, V.D., Phillips, A., Shwarz-Tzachor, R., et Benyamini ,D., (2005). The first record of the Eremic Lycaenid *Deudorix livia* (Klug, 1834) in Europe (Lepidoptera: Lycaenidae). *Atalanta* 36: pp. 109-112.
  - O.N.M - Données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique de Touggourt 2022.
  - O.N.M- Données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique de Touggourt 2021.
  - Obeidat, W., Akkawi, M., (2002). Bionomics and Control of Pomergranate Butterfly *Virachola (Deudorix) livia* (Klug) (Lepidoptera: Lycaenidae) in Northern Jordan. *Dirasat Agricultural Sciences* 29:pp.1-12.
  - Oukabli, A., (2004). Le Grenadier : Des Variétés Performantes pour la Culture. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. MADRPM/DERD, 123 : pp.1-4.
  - Oukérimi, Kh., Oucif, A., (2018). La biodiversité des arbres fruitiers dans la commune de M'sila. Mémoire master académique. Université Mohamed Boudiaf, M'sila. p. 51.

- Ozenda, P., (1977). *Flore du Sahara.*, 2<sup>ème</sup> Ed. paris: CNRS, p. 622.
- Ozenda, P., (1991). *Flore du Sahara.* Ed. C.N.R.S. Paris. p. 622.
- Ozgen, M., Durgaç, C., Serçe, S. et Kaya, C., (2008). Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. *Food Chemistry*, 111:703–706.
- Redjal Melah, M., (2021). Situation du papillon de grenadier *Virachola livia* klug 1834 (Lycaenidae, Lepidoptera) dans la palmeraie d'Oued Righ (cas de Touggourt), Mémoire master académique, Université Kasdi Merbah, Ouargla. p. 77.
- Roth, M., (1980). *Initiation la morphologie, la systématique et la biologie des insectes.* Ed. ORSTOM. Paris. p. 213.
- Samy, H., (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/](http://www.arabscientist.org/english/page/624/).
- Sayed, A., Temerak, S., Lysandrou, M., Zaid, A and Alhadrami, G.A. (2010). The use of different insect control regimes using three green chemicals to combat *Virachola livia* on date palm fruit in Egypt, Abu Dhabi, United Arab Emirates, p .715.
- Schröder, R., Hilker, M., (2008). The Relevance of Background Odor in Resource Location by Insects: A Behavioral Approach. *Bio Science*, Volume 58, Issue 4, pp. 308–316.
- Sebaa, R., (2014). Inventaire des orthoptères dans deux stations (Touggourt et Témacine). Mémoire. Master. Biologie, Université. Kasdi Merbah. Ouargla. p. 73.
- Sedra, M., (2003). Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc, techniques phoéniciques et Création d'oasis, INRA-Editions. Rabat Instituts. Maroc. p. 254.
- Sheets, M.D., Du Bois, M.L. et Williamson, J.G., (1994). The Pomegranate. HS, Horticultural Sciences Department, Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.44: pp .1-3.
- Silvie, P., Gozé, E.E., (1991). Estimation des pertes de production dues aux ravageurs du cotonnier au Tchad. *Cot. Fib. Trop.* Vol .46, fasc. 1-15:pp. 15–32.
- Staedler, E. R., (1976). Sensory aspects of insect plant interactions. Proceedings of XV. International Congress of Entomology Washington, DC.



- Stover, E., Mercure, E. W., (2007). The Pomegranate: A New Look at the Fruit of stratégie de lutte intégrée P. 93. Rapport d'activités année 2008 et programme 2009.
- Teissedre-lemoine, H., Crete, X., (2014). *Le grenadier.Mas de Carrière. Chambre d'Agriculture de l'Hérault*. Ed. CEHM-ADVAH. 5p.
- Visser, J. H. (1986). Host odor perception in phytophagous insects. *Annual review of entomology*, 31: pp. 121-144.
- Walali, L. D., Skiredj, A. et Elattir, H., (2003). L'amandier, l'olivier, le figuier, le grenadier. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat. Ed. Mader/Pntta.N°105. 4p.
- Wald, E., (2009). Le grenadier (*Punica granatum*), plante historique et évolutions thérapeutique récentes. Thèse de Docteur en Pharmacie, Université Henri Poincaré, Nancy 1.149p.
- Zeghti, S., Bouras, A., Kherbouche, Y. et Sekour, M., (2019). Assessment of the diversity of Lepidoptera and the importance of useful and harmful species in palm groves (Algeria). *World Journal of Environmental Biosciences*. V: 8,I: 1: pp .11-20.

**Titre : Infestation du grenadier par *Virachola livia* Klug, 1834 (Lepidoptera: Lycaenidae) dans la région de Touggourt.**

**Résumé :** En Algérie, le grenadier (*Punica granatum*) est sujet à des attaques répétées depuis presque une décennie, de *Virachola livia* (Lepidoptera, Lycaenidae), foreur de fruits, induisant des pertes de récoltes. L'objectif est d'évaluer l'ampleur de l'attaque causée par *V. livia* sur grenadier, d'estimer le degré d'infestation des fruits et des fleurs et d'étudier quelques aspects de sa bioécologie. L'étude est réalisée dans trois palmeraies à Touggourt (sud-est algérien). Ce ravageur déclenche son activité dès l'apparition des boutons floraux et des fleurs, et attaque d'autres cultures (figuier, abricotier). L'estimation des dommages en 2022 pour la station 1 révèle que le taux d'attaque a atteint 56,67 %, tandis que pour la station 2, il a atteint 96,67 %, et au cours de l'année 2023 (le début de l'infestation), le taux d'attaque pour la station 1 était de 20 %, tandis que pour la station 2, il était de 16,7 %, ; la station 3 avait le taux d'infestation le plus élevé de 22,9 %. La femelle préfère déposer ses œufs sur la moitié de la grenade la plus proche du calice. Le cycle de vie dure entre 26 et 75j. Le rapport des sexes note plus de femelle (57%) que de mâles (43%). Aucun prédateur attaquant *V. livia* n'a été observé.

**Mots clés :** *Virachola livia*, grenadier, Touggourt, taux d'infestation, cycle de vie.

**Title: Pomegranate infestation by *Virachola livia* Klug, 1834 (Lepidoptera: Lycaenidae) in the Touggourt region.**

**Abstract:** In Algeria, the pomegranate tree (*Punica granatum*) has been subject to repeated attacks for almost a decade, by *Virachola livia* (Lepidoptera, Lycaenidae), fruit borer, inducing crop losses. The objective is to assess the extent of the attack caused by *V. livia* on pomegranate, to estimate the degree of infestation of fruits and flowers and to study some aspects of its bioecology. The study is carried out in three palm groves in Touggourt (south-eastern Algeria). This pest triggers its activity as soon as flower buds and flowers appear, and attacks other crops (fig tree, apricot tree). The damage estimate in 2022 for station 1 reveals that the attack rate reached 56.67%, while for station 2 it reached 96.67%, and in the year 2023 (the beginning of the infestation), the attack rate for station 1 was 20%, while for station 2 it was 16.7%; Station 3 had the highest infestation rate of 22.9%. The female prefers to lay her eggs on the half of the pomegranate closest to the calyx. The life cycle lasts between 26 and 75 days. The sex ratio notes more female (57%) than males (43%). No predator attacking *V. livia* was observed.

**العنوان: إصابة الرمان بواسطة *Virachola livia* Klug, 1834 (Lepidoptera: Lycaenidae) في منطقة تقرت.**

**الخلاصة:** في الجزائر، تعرضت شجرة الرمان (*Punica granatum*) لإصابات متكررة منذ ما يقرب من عقد من الزمن، بواسطة *Virachola livia* (Lepidoptera, Lycaenidae)، حفار الفاكهة، مما تسبب في فقدان المحاصيل. الهدف هو تقييم مدى الإصابة التي تسببها *V. livia* على الرمان، لتقدير درجة الإصابة بالفاكهة والزهور ودراسة بعض جوانب بيئتها الحيوية. أجريت الدراسة في ثلاث بساتين نخيل في تقرت (جنوب شرق الجزائر). تبدأ هذه الآفة نشاطها بمجرد ظهور براعم الزهور والزهور، وتصيب المحاصيل الأخرى (شجرة التين، شجرة المشمش). وتشير تقديرات الأضرار عام 2022 للمحطة 1 إلى أن نسبة الإصابة وصلت إلى 56.67٪، بينما وصلت إلى 96.67٪ للمحطة 2، وفي عام 2023 (بداية الإصابة) كانت نسبة الإصابة للمحطة 1 20٪، بينما كانت نسبة الإصابة للمحطة 2 16.7٪، بينما كانت نسبة الإصابة للمحطة 3 أعلى معدل إصابة بنسبة 22.9٪. تفضل الأنثى وضع بيضها على نصف ثمرة الرمان الأقرب للكأس. تستمر دورة الحياة ما بين 26 و 75 يومًا. تشير نسبة الجنس إلى أن الإناث (57٪) أكثر من الذكور (43٪). لم يلاحظ أي مفترس يهاجم *V. livia*.

**الكلمات المفتاحية:** *Virachola livia*، رمان، تقرت، معدل الإصابة، دورة الحياة.