



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat troisième cycle

En : Sciences Agronomiques

Option : Protection des végétaux

Réf. : Entrez la référence du document

Préparée par :
GACEM Kamila

Effets de l'application de différentes stratégies de lutte sur la gestion intégrée de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera Tephritidae) ; Cas de la région de Biskra.

Jury:

M. MEHAOUA Mohamed Seghir	Professeur	Université de BISKRA	Président
M. MEZERDI Farid	Professeur	Université de BISKRA	Rapporteur
M. NIA Billal	Directeur de recherche	CRSTRA de BISKRA	Co-Rapporteur
M^{me}. BAKROUNE Nour-Elhouda	MRA	CRSTRA de BISKRA	Examinateuse
M. DROUAI Hakim	MCA	Université de BISKRA	Examinateur

DEDICACE

En remettant ce travail, c'est avec le plus à mes chers parents, source inépuisable d'amour et de sacrifices, piliers de mon succès et de mon bonheur. Vous avez tout donné sans compter, veillant sur moi avec tendresse et patience. Aucun mot ne saurait exprimer ma gratitude infinie. Que Dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie, et qu'Il vous récompense pour tout ce que vous avez fait pour moi.

À mes frères et sœurs adorés, dont l'amour, la joie et l'appui inébranlable ont été d'un réconfort inestimable et m'ont aidée à mener à bien ce travail.

À mon frère Mohamed, à mes sœurs, à leurs époux et leurs enfants, ainsi qu'à mon frère Ahcene, son épouse et leurs enfants,

Vous êtes mon refuge, mon soutien inébranlable. Le lien qui nous unit est un trésor que le temps ne cesse de renforcer. Que Dieu préserve notre amour fraternel et comble vos vies de joie et de sérénité.

À mon frère défunt Ayoub,

Tu as quitté ce monde, mais jamais mon cœur. Ton absence est une blessure qui ne guérit pas, et ton souvenir demeure vivant en moi. Que Dieu t'accorde Sa miséricorde et t'accueille en Son Paradis.

Je remercie mes anciens et actuels collègues de l'université pour leur accueil chaleureux, leur générosité, leur disponibilité et leur amitié sincère. Il m'est impossible de tous les citer, mais chacun d'eux a contribué de manière essentielle à cette aventure scientifique et humaine.

À mes véritables amis, ceux qui ne m'ont jamais abandonnée, qui m'ont accompagnée avec bienveillance et sont restés présents aussi bien dans les moments de doute que dans les instants de joie : merci du fond du cœur !

Enfin, à moi-même. Merci pour ma patience, ma persévérance et ma résilience face aux défis rencontrés tout au long de ce parcours exigeant.

REMERCIEMENTS

À ce stade de mon parcours, je souhaite exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de cette thèse.

Tout d'abord, mes sincères remerciements à mes deux encadrants.

À Monsieur le Professeur Farid Mezerdi, qui m'a accueillie et m'a accompagnée tout au long de mon parcours doctoral avec ses conseils avisés et sa vision éclairée. Je tiens à lui témoigner une reconnaissance toute particulière, car il n'a pas été seulement un directeur de recherche, mais un véritable mentor et un soutien inestimable. Il a cru en mes capacités, même dans les moments les plus difficiles, et n'a cessé de m'encourager jusqu'à l'aboutissement de ce travail. Je lui suis profondément reconnaissante pour sa confiance, son encadrement rigoureux, ainsi que pour les précieuses connaissances scientifiques qu'il m'a transmises. Son professionnalisme, sa patience et son engagement ont largement contribué à la réussite de cette thèse. Je le remercie également pour ses orientations stratégiques qui ont eu un impact considérable sur mon évolution académique et scientifique. Du fond du cœur, merci pour tout le soutien et les efforts déployés afin de garantir ma réussite.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour l'attention qu'ils accorderont à son examen.

J'exprime toute ma considération à M. MEHAOUA Mohamed Seghir, Professeur à l'Université de Biskra, pour avoir accepté d'assumer la présidence du jury.

Mes remerciements s'adressent également à M. DROUAI Hakim, Maître de Conférences (MCA) à l'Université de Biskra, pour sa participation à l'évaluation de ce travail.

Je remercie Mme BAKROUNE Nour-Elhouda, Maître de Recherche (MRA) au CRSTRA de Biskra, pour l'intérêt qu'elle portera à l'examen de cette étude.

À Monsieur le directeur du laboratoire DEDSPAZA, pour son soutien constant et son aide précieuse.

À Monsieur le directeur de l'ITDAS-Biskra, pour la mise à disposition des oliveraies, élément essentiel à la réalisation de cette étude, ainsi qu'à Madame Hakima Hicher, pour son soutien inestimable.

Mes remerciements vont enfin à Monsieur Kamel Djerad et Monsieur Hicham pour leur assistance au laboratoire, leur disponibilité et leurs encouragements, ainsi qu'à l'ensemble des professeurs des sciences agronomiques, dont la générosité scientifique et les conseils ont grandement contribué à mon développement académique.

Table des Matières

N°	titre	Page
	Liste des Tableaux	
	Liste des Figures	
	Liste de abréviations	
	Introduction générale	1
Chapitre 1 :	Enquête sur la mouche de l'olivier <i>Bactrocera oleae</i>, bioécologie, dégats, et stratégie de lutte	4
	Introduction	5
1.1.	Matériels et méthodes	5
1.1.1.	Préparation du questionnaire d'enquête	5
1.1.2.	Sélection de vergers de l'olivier	5
1.1.3.	Élaboration d'un questionnaire d'enquête	5
1.1.4.	Collecte d'informations et réalisation de l'enquête	5
1.1.5.	Analyse des données collectées	6
1.2.	Résultats	6
1.2.1.	Formation agricole	6
1.2.2.	Distance entre les oliveraies et la route	6
1.2.3.	Diversité variétale des oliveraies enquêtées	7
1.2.4.	Infestation des variétés par la mouche de l'olivier <i>Bactrocera oleae</i>	8
1.2.5.	Variation d'infestation par la mouche de l'olivier	9
1.2.6.	Contrôle chimique	9
1.2.6.1.	Application ou non de traitements chimiques	9
1.2.6.2.	Origine des traitements chimiques appliqués dans les vergers	10
1.2.6.3.	Dénominations commerciales des produits insecticides utilisés	11
1.2.6.4.	Substances actives utilisées dans la lutte chimique	11
1.2.6.5.	Évaluation de l'efficacité des traitements chimiques appliqués	12
1.2.6.6.	Utilisation répétée ou alternée des mêmes insecticides	13

Table des Matières

1.2.7.	Techniques agricoles et méthodes complémentaires de lutte	13
1.3.	Discussion	14
	conclusion	16
Chapitre 2 :	Bioécologie et Impact de la Mouche de l'Olivier <i>Bactrocera oleae</i>	18
	Introduction	19
2.1.	Mouche de l'olivier <i>Bactrocera oleae</i> (Rossi) (Diptera : Tephritidae)	19
2.1.1.	Taxonomie	19
2.1.2.	Répartition géographique	19
2.2.	Matériels et méthodes	20
2.2.1.	Site d'étude	20
2.2.2.	Collecte et identification des insectes	20
2.2.3.	Cultures hôtes de la mouche de l'olivier	21
2.3.	Résultats et discussion	21
2.3.1.	Description morphologique des stades de développement de <i>Bactrocera oleae</i>	21
2.3.2.	Biologie et comportement	25
2.3.3.	Cycle de vie de <i>Bactrocera oleae</i>	26
2.3.4.	Dommages causés et importance économique	28
	conclusion	28
Chapitre 3 :	Pratiques agricoles dans le verger expérimental de la région d'El- Outaya (Biskra)	29
	Introduction	30
3.1.	Présentation de la wilaya de Biskra	30
3.1.1.	Présentation de la daïra d'El Outaya	30
3.1.2.	Localisation de la zone d'étude	31
3.2.	Variétés de l'olivier cultivées à El Outaya, Biskra	31
3.2.1.	Variétés étrangères de l'olivier cultivées dans la région d'El Outaya	32

Table des Matières

3.2.2.	Variétés de l'olivier locales cultivées à El Outaya, Biskra	33
3.3.	Pratiques culturelles et entretien du verger expérimental	36
3.3.1.	Travail du sol hivernal	37
3.3.2.	Irrigation raisonnée	38
3.3.3.	Fertilisation équilibrée	39
3.3.4.	Taille de fructification	40
3.3.5.	Désherbage manuel	41
3.3.6.	Aménagement et brise-vent	41
	Conclusion	42
Chapitre 4 :	Efficacité du piégeage et estimation de l'infestation de <i>Bactrocera oleae</i> à Biskra	43
	Introduction	44
4.1.	Matériels et méthodes	44
4.1.1.	Verger expérimental de variété chemlal	44
4.1.1.1.	Dynamique des populations de <i>Bactrocera oleae</i> échantillonnées dans le verger de Chemlal	45
4.1.1.2.	Protocole de comparaison	46
4.1.1.3.	Schéma expérimental	47
4.1.2.	Verger expérimental de 12 variétés	47
4.1.2.1.	Dynamique des populations de <i>Bactrocera oleae</i> échantillonnées dans le verger de 12 variétés	47
4.1.2.2.	Matières expérimentaux	48
4.1.2.3.	Analyse des données collectées	52
4.1.3.	3 ^{ème} Verger de variété Chemlal piloté	54
4.1.3.1.	Récolte des olives	54
4.1.3.2.	Dissection des olives	55
4.1.3.3.	Évaluation des dégâts : comptage des trous de sortie	55
4.1.3.4.	Calcul du taux d'infestation	57

Table des Matières

4.2.	Résultats	57
4.2.1.	Impact de la surveillance par les différents pièges installés dans le premier verger de la variété Chemlal	57
4.2.1.1.	Comparaison globale par ANOVA à un facteur (Verger de la variété Chemlal)	58
4.2.2.	Impact de la surveillance par les différents pièges installés dans le deuxième verger de 12 variétés de l'olivier	60
4.2.2.1.	Comparaison globale par ANOVA à un facteur (Verger de 12 variétés)	62
4.2.2.2.	Taux d'infestation des douze variétés d'olivier dans le bloc sans pièges	63
4.2.2.3.	Impact de la température et de l'humidité sur la dynamique de la mouche de l'olivier.	66
4.2.3.	Taux d'infestation dans le troisième verger piloté de la variété Chemlal	68
4.2.3.1.	Taux d'attaque de la mouche de l'olivier	68
4.2.3.2.	Taux d'attaque en fonction des directions cardinales	69
4.2.3.3.	Analyse de la variance (ANOVA) : facteur unique	71
4.3.	Discussion	72
	Conclusion	74
Chapitre 5 :	Élevage du parasitoïde <i>Psyllalia concolor</i> pour le contrôle biologique de <i>Bactrocera oleae</i>	76
	Introduction	77
5.1.	Matériels et Méthodes	77
5.1.1.	Élevage des mouches de l'olivier et ses parasitoïdes	77
5.1.2.	Élevage de <i>Bactrocera oleae</i> (hôte)	78
5.1.3.	Élevage du parasitoïde <i>Psyllalia concolor</i>	78
5.1.4.	Conservation et suivi des échantillons	79
5.1.5.	Acquisition de données	79
5.2.	Résultats	80
5.2.1.	Élevage de la mouche de l'olivier et de son parasitoïde au laboratoire	80

Table des Matières

5.2.2.	Analyse de l'émergence des adultes de <i>Psyllalia concolor</i> et de <i>Bactrocera oleae</i>	84
5.2.2.1.	Dynamique générale de l'émergence	84
5.2.2.2.	Croissance progressive des populations de <i>Bactrocera oleae</i>	85
5.2.2.3.	Réponse adaptative du parasitoïde <i>Psyllalia concolor</i>	85
5.2.2.4.	Ratio parasitoïde/ravageur : un indicateur clé d'efficacité	85
5.2.2.5.	Synchronisation entre ravageur et parasitoïde	85
5.2.2.6.	Implications pour la lutte biologique en conditions de terrain	85
5.2.3.	Anova avec un seul facteur	85
5.3.	Discussion	87
	Conclusion	88
	Conclusion générale	91
	Références bibliographique	
	Résumé	
	Abstract	
	الملخص	

Liste des Tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau 1	Analyse de variance à un facteur comparant les prises des pièges dans le verger de variété chemlal de production.	59
Tableau 2	Analyse de variance à un facteur comparant les prises des pièges dans le verger de 12 variétés.	62
Tableau 3	Sensibilité des différentes variétés d'olivier aux attaques de <i>Bactrocera oleae</i> .	64
Tableau 4	Nombre d'olives saines et attaquées dans l'oliveraie.	68
Tableau 5	Analyse de variance à un facteur comparant le taux d'infestations de variété chemlal pilotée.	71
Tableau 6	Analyse de la variance avec deux critères de classification à un seuil de 5% pour le nombre total d'émergences adultes.	86

Liste des Figures

Figures	Titre	Page
Figure 1	Variation du nombre d'agriculteurs bénéficiant d'une formation agricole.	6
Figure 2	Distance entre les oliveraies et la route.	7
Figure 3	Principales variétés de l'olivier étudiées au cours de la période 2021-2023.	8
Figure 4	Principales variétés de l'olivier infectées au cours de la période 2021-2023.	8
Figure 5	Variation d'infestation par la mouche de l'olivier dans les régions enquêtées	9
Figure 6	Variation du nombre d'agriculteurs appliquant ou non un traitement contre la mouche de l'olivier.	10
Figure 7	Variation de l'application des traitements chimiques contre la mouche de l'olivier.	10
Figure 8	Dénomination commerciale des traitements appliqués dans les vergers de l'olivier.	11
Figure 9	Principes actifs des traitements appliqués dans les vergers de l'olivier.	12
Figure 10	Variation de l'efficacité des traitements chimiques appliqués contre la mouche de l'olivier.	12
Figure 11	Variation dans l'utilisation répétée d'un même insecticide.	13
Figure 12	Techniques de protection phytosanitaire des oliveraies.	14
Figure 13	Observation de <i>Bactrocera oleae</i> adulte sous microscope numérique LCD DM9 7" 1200x et la loupe binoculaire.	20
Figure 14	Fleurs et fruits de l'olivier.	21
Figure 15	Tête de la mouche de l'olivier à gauche et thorax à droite.	22
Figure 16	Aile de la mouche de l'olivier à gauche et les pattes à droite.	22
Figure 17	Abdomen de la femelle de la mouche de l'olivier, avec ovipositeur à gauche, et celui du mâle à droite.	23
Figure 18	Œuf de la mouche de l'olivier <i>Bactrocera oleae</i> .	23
Figure 19	Larve L3 (asticot) de la mouche de l'olivier.	23

Liste des Figures

Figure 20	Stade nymphal (pupe) de la mouche de l'olivier.	24
Figure 21	<i>Bactrocera oleae</i> adulte ; femelle (à gauche), et mâle (à droite).	24
Figure 22	Larve de <i>Bactrocera oleae</i> se nourrissant du mésocarpe et creusant une galerie à l'intérieur de la pulpe de l'olive.	25
Figure 23	Cycle de vie de la mouche de l'olivier <i>Bactrocera oleae</i> .	27
Figure 24	Localisation géographique du verger de l'olivier : El-Outaya, Biskra.	31
Figure 25	Labour hivernal du verger pour réduire les pupes de <i>Bactrocera oleae</i> .	38
Figure 26	Système de goutte-à-goutte pour une irrigation raisonnée.	39
Figure 27	Fertilisation équilibrée pour limiter l'attractivité des fruits.	40
Figure 28	Taille hivernale pour l'aération et la réduction de l'humidité dans la canopée.	40
Figure 29	Désherbage manuel pour limiter les refuges des pupes de <i>Bactrocera oleae</i> .	41
Figure 30	Haie brise-vent entourant le verger pour limiter la dispersion de <i>Bactrocera oleae</i> .	42
Figure 31	Piège jaune englué avec une capsule de phéromones.	45
Figure 32	Piège jaune englué.	46
Figure 33	Dispositif expérimental de distribution des pièges dans l'oliveraie de 12 variétés.	48
Figure 34	Enregistreur de température et d'humidité.	49
Figure 35	Piège jaune englué et McPhail avec une capsule de phéromone.	49
Figure 36	Piège McPhail avec une capsule de phéromone.	50
Figure 37	Piège alimentaire (Olipe).	51
Figure 38	Piège jaune à eau savonneuse.	51
Figure 39	Piège Tephri avec attractif alimentaire.	52
Figure 40	Échantillons de 12 variétés récoltés sur l'arbre et au sol.	54
Figure 41	Récolte des olives sur l'arbre et au sol.	55
Figure 42	Dissection d'une olive et galerie causée par les larves.	55

Liste des Figures

Figure 43	Larves émergeant des trous de sortie et quelques pupes collectées.	56
Figure 44	Mouche de l'olivier femelle sur l'olive, larves et nymphes sur son côté droit.	56
Figure 45	Dynamique de la population de <i>Bactrocera oleae</i> a été échantillonnée à l'aide de quatre pièges dans le verger de Chemlal.	58
Figure 46	Nombre total de mouches de l'olive capturées par les pièges dans le verger de Chemlal.	58
Figure 47	Dynamique de la population de la mouche de l'olivier capturée à l'aide de six pièges dans un verger composé de 12 variétés de l'olivier.	60
Figure 48	Nombre total de mouches de l'olive capturées par les pièges dans le verger de 12 variétés de l'olivier.	61
Figure 49	Taux d'infestation de <i>B. oleae</i> sur les 12 variétés de l'olivier.	65
Figure 50	Impact de la température et de l'humidité sur la dynamique de la mouche de l'olivier.	66
Figure 51	Nombre d'olives infestées durant trois saisons de récolte.	69
Figure 52	Répartition du nombre d'olives infestées par <i>Bactrocera oleae</i> en fonction des directions cardinales au cours des trois saisons de récolte.	70
Figure 53	Femelle adulte de <i>Bactrocera oleae</i> pondant un œuf sous l'épiderme du fruit.	80
Figure 54	Larve L3 parasitée de <i>Bactrocera oleae</i> (à gauche) ; larve L3 et prénymphe non parasitée (à droite).	81
Figure 55	Pupe de la mouche de l'olivier <i>Bactrocera oleae</i> .	81
Figure 56	Emergence de l'adulte de <i>Bactrocera oleae</i> .	82
Figure 57	Différents stades de développement de la mouche de l'olivier <i>Bactrocera oleae</i> .	82
Figure 58	<i>Psyllalia concolor</i> adulte ; femelle (droite), et mâle (gauche).	83
Figure 59	Larve L3 de <i>Bactrocera oleae</i> parasitée et adultes de <i>Psyllalia concolor</i> .	83
Figure 60	Emergence des adultes du parasitoïde <i>Psyllalia concolor</i> , et de la mouche de l'olivier <i>Bactrocera oleae</i> .	84

Liste des abréviations

IPM : Integrated Pest Management (Gestion intégrée des nuisibles).

B. Oleae: *Bactrocera oleae*.

P. concolor: *Psyllalia concolor*.

ANOVA : Analyse de la variance.

°C : degré Celsius.

% : Pourcentage.

B : Bloc

P : Piège

p : probabilité

T : Technique

Ta : Taux d'attaque (infestation)

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

L’olivier (*Olea europaea* L.) constitue une culture emblématique de la région méditerranéenne, cultivée depuis des millénaires et profondément ancrée dans les traditions, l’économie rurale et les paysages naturels. Son fruit, l’olive, présente une polyvalence exceptionnelle : il est utilisé à la fois pour la production d’huile d’olive, riche en composés phénoliques tels que l’oléeuropéine aux propriétés antioxydantes et thérapeutiques (**Amiot et al., 1989** ; **Şahin et Bilgin, 2018**), et pour la consommation directe après transformation. Cette importance nutritionnelle et économique a conduit à l’intensification de la production, avec des systèmes de vergers allant des modèles traditionnels aux systèmes intensifs et super-intensifs, visant à répondre à la demande mondiale croissante (**Torres et al., 2017**).

En Algérie, la majorité des oliveraies est concentrée dans les zones montagneuses des wilayas du nord, notamment Bejaia, Tizi-Ouzou, Bouira, Bordj Bou Arreridj et Sétif, tandis que les plaines nécessitent souvent une irrigation complémentaire (**Abdelazize et Toubdji, 2016** ; **Kerboua, 2003**). Le programme national de développement oléicole a favorisé l’extension de la culture vers les zones steppiques, semi-arides et arides, en particulier à Msila, Biskra et Ghardaïa (**Lebbouz, 2021**).

Malgré sa rusticité et sa capacité d’adaptation remarquable, l’olivier demeure vulnérable à un large éventail de ravageurs et d’agents pathogènes. Parmi eux, la mouche de l’olivier, *Bactrocera oleae* (Diptera : Tephritidae), est le ravageur le plus redoutable pour la production oléicole, causant des pertes économiques à la fois quantitatives et qualitatives. Les femelles pondent leurs œufs sous l’épiderme des fruits, et les larves se nourrissent du mésocarpe, entraînant la dégradation de la pulpe, l’oxydation des tissus, la chute prématuée des fruits et l’altération de la qualité de l’huile produite (**Malheiro et al., 2015** ; **Corrado et al., 2012**). Selon **Broumas et al. (2002)**, les pertes peuvent atteindre 30 % de la production en moyenne, et jusqu’à 80–90 % dans les oliveraies destinées à la trituration, voire 100 % lorsque les fruits sont destinés à la préparation d’olives de table.

La biologie et le comportement de *B. oleae* sont au cœur de la difficulté de sa gestion. Ce diptère monophage peut produire de deux à cinq générations par an selon les conditions climatiques et la disponibilité des fruits. Les œufs, pondus sous l’épiderme des olives, donnent naissance à des larves qui se développent entièrement à l’intérieur du fruit, les protégeant de nombreux ennemis naturels. Les larves quittent ensuite le fruit pour se nymphoser dans le sol, où elles deviennent accessibles à certains prédateurs du sol, tels que les carabes (**Bigler et al., 1986**). La gravité des dommages dépend également de facteurs variétaux : les fruits de grande taille, à faible teneur en huile ou en cires, ainsi que ceux émettant certains composés volatils,

Introduction générale

sont particulièrement attractifs pour les femelles pondant leurs œufs (**Lo Bianco et al., 2021**).

La lutte conventionnelle contre la mouche de l'olivier repose sur l'usage d'insecticides chimiques, tels que le diméthoate, le phosmet et la deltaméthrine. Bien que ces produits soient efficaces à court terme, leur utilisation entraîne des effets négatifs majeurs, notamment la toxicité pour les insectes auxiliaires et pollinisateurs, la contamination des sols et des eaux, et le développement de résistances chez le ravageur (**Ant et al., 2012 ; Notario et al., 2022 ; Siddiqui et al., 2023**). De plus, la réglementation restreint progressivement ces substances, rendant indispensable l'adoption de méthodes alternatives et durables.

Dans ce contexte, la lutte intégrée (IPM) s'impose comme une approche rationnelle et durable. Elle combine les méthodes culturales, le piégeage de masse, la lutte biologique et les traitements chimiques sélectifs afin de maintenir les populations de *B. oleae* sous le seuil de nuisibilité économique (**Laval et al., 2023**). Le piégeage de masse, utilisant des attractifs alimentaires ou sexuels tels que les pièges McPhail, constitue une méthode simple et efficace pour capturer les adultes (**Broumas et al., 2002**). Parallèlement, la lutte biologique repose sur l'introduction, l'augmentation ou la conservation des ennemis naturels du ravageur, tels que les parasitoïdes endoparasitoïdes et ectoparasitoïdes, capables de réguler les populations de *B. oleae* sans compromettre l'équilibre écologique (**Bonny, 1994 ; Deguine et al., 2016**).

Parmi ces ennemis naturels, le parasitoïde *Psyttalia concolor* (Szépligeti) (Hymenoptera : Braconidae) se distingue par sa capacité à parasiter plusieurs stades larvaires de *B. oleae*, générant des taux de parasitisme élevés dans son aire d'origine, notamment en Afrique du Nord et au Proche-Orient (**Müller et al., 2019**). D'autres parasitoïdes, tels que *Eupelmus urozonus* et *Pnigalio mediterraneus*, ciblent principalement les larves de troisième stade (**Kalaitzaki et al., 2014 ; Sasso et al., 2020**). L'intégration de ces parasitoïdes dans les programmes de lutte biologique permet de réduire significativement l'usage des insecticides chimiques et d'assurer une régulation naturelle des populations du ravageur.

Les objectifs de cette thèse sont articulés autour de plusieurs axes complémentaires.

Le premier objectif vise à analyser la dynamique spatio-temporelle des populations de *Bactrocera oleae* en relation avec les facteurs climatiques, variétaux et pratiques culturales. Comprendre ces relations permettra d'identifier les périodes critiques de l'infestation et les conditions favorisant le développement du ravageur, informations essentielles pour planifier des interventions efficaces.

Le deuxième objectif consiste à évaluer l'efficacité comparative des différentes méthodes de lutte utilisées localement, qu'elles soient piégeage de masse, culturales ou

[Introduction générale](#)

biologiques, afin de proposer des stratégies optimisées pour réduire les populations de *B. oleae* tout en limitant les impacts environnementaux et les risques pour la santé.

Le troisième objectif concerne l'étude approfondie du parasitoïde *Psyllalia concolor*, en termes de capacité de parasitisme, de synchronisation avec le ravageur et d'intégration dans les programmes de lutte biologique. Cette analyse permettra d'estimer le rôle de ce parasitoïde dans la régulation naturelle des populations de la mouche de l'olivier, en particulier dans les conditions arides de Biskra.

Enfin, cette thèse vise à proposer un modèle intégré de gestion durable de la mouche de l'olivier, conciliant la protection efficace des oliveraies, la qualité des fruits et de l'huile, la sécurité sanitaire et la préservation de l'équilibre écologique. Ce modèle tiendra compte des interactions complexes entre *B. oleae*, ses ennemis naturels et l'environnement, et contribuera au développement de pratiques agricoles durables adaptées aux contraintes climatiques locales.

Chapitre 1 : Enquête sur la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*, bioécologie, dégats, et stratégie de lutte

Introduction

Afin de comprendre les réalités du terrain et les défis auxquels sont confrontés les oléiculteurs dans la gestion de *Bactrocera oleae*, une enquête approfondie a été menée dans différentes zones oléicoles caractérisées par une importante activité agricole.

Cette démarche a permis de recueillir des informations essentielles sur le profil des producteurs, leurs pratiques culturales, la diversité variétale cultivée, ainsi que leur perception de l'ampleur des attaques du ravageur et de leurs répercussions sur la production. L'analyse des données obtenues offre une vision précise du niveau d'infestation déclaré, des variétés considérées comme les plus sensibles, et de la nature des dégâts rapportés, qu'ils concernent la quantité de la récolte ou la qualité des fruits. L'enquête met également en lumière les stratégies de lutte réellement appliquées dans les exploitations, qu'il s'agisse de traitements chimiques, de techniques de piégeage ou de pratiques culturales préventives, tout en identifiant les contraintes qui limitent l'efficacité des interventions phytosanitaires.

1.1. Matériels et méthodes

1.1.1. Préparation du questionnaire d'enquête

Collecte d'informations et enquêtes auprès des agriculteurs. Traitement statistique et analyse des données collectées.

1.1.2. Sélection de vergers de l'olivier

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude repose sur la sélection de 160 exploitations oléicoles, choisies selon les critères suivants :

Disponibilité et exhaustivité des informations pour les différentes zones oléicoles.

Diversité des variétés cultivées et étendue des superficies de l'olivier.

1.1.3. Élaboration d'un questionnaire d'enquête

Les enquêtes sont essentiellement basées sur un questionnaire élaboré de manière assez large, permettant de collecter un maximum d'informations sur les plantations oléicoles des régions étudiées.

1.1.4. Collecte d'informations et réalisation de l'enquête

Les enquêtes menées sur les sites sélectionnés nous ont permis d'obtenir une vue d'ensemble de l'emplacement et des caractéristiques des vergers de l'olivier.

À l'issue de cette phase préliminaire, l'analyse des données recueillies dans chaque exploitation sélectionnée a été entreprise. Au total, 160 enquêtes ont été réalisées entre 2021 et 2023, à l'aide d'un questionnaire spécialement élaboré à cet effet.

1.1.5. Analyse des données collectées

Les données collectées auprès des agriculteurs ont été analysées. Les réponses aux questionnaires ont ensuite été traitées à l'aide des outils statistiques, des tableaux et des graphiques de Microsoft Excel 2019 pour calculer les effectifs.

1.2. Résultats

1.2.1. Formation agricole

Les résultats de l'enquête révèlent une prédominance notable d'oléiculteurs n'ayant bénéficié d'aucune formation agricole formelle. Sur les 160 producteurs interrogés, 63,75 % déclarent ne jamais avoir reçu de formation, contre seulement 36,25 % ayant suivi un programme d'encadrement ou de perfectionnement. Cette situation reflète un déficit important en matière de vulgarisation agricole et de transfert de compétences techniques dans les zones oléicoles.

L'absence de formation peut également influencer négativement la maîtrise des techniques modernes de gestion du verger, la compréhension des cycles biologiques des ravageurs et l'efficacité des interventions phytosanitaires. Ces résultats mettent en évidence la nécessité urgente de renforcer les programmes de formation ciblant les oléiculteurs afin d'améliorer la productivité et la durabilité des vergers.

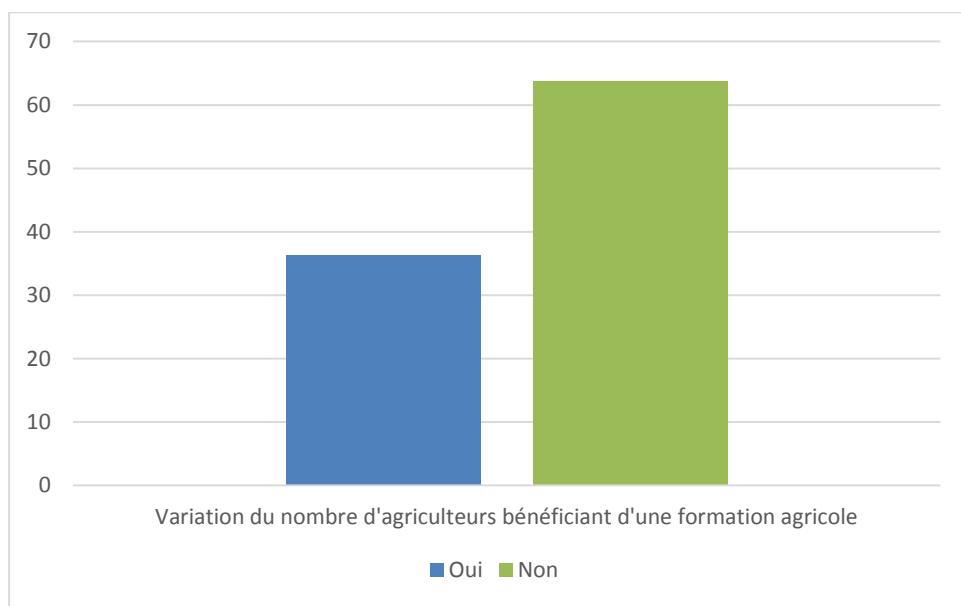


Figure 1. Variation du nombre d'agriculteurs bénéficiant d'une formation agricole.

1.2.2. Distance entre les oliveraies et la route

L'analyse des données montre que la majorité des oliveraies sont implantées à proximité

Chapitre 1 : Enquête sur la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*, bioécologie, dégâts, et stratégie de lutte

des routes principales, facilitant ainsi l'accès aux parcelles et les travaux d'entretien tels que l'irrigation, le labour, la fertilisation et la récolte. Toutefois, certaines exploitations sont localisées à plus de 5 km des axes routiers, ce qui complique l'accès aux intrants agricoles, augmente les coûts d'intervention et limite parfois la fréquence des travaux culturaux.

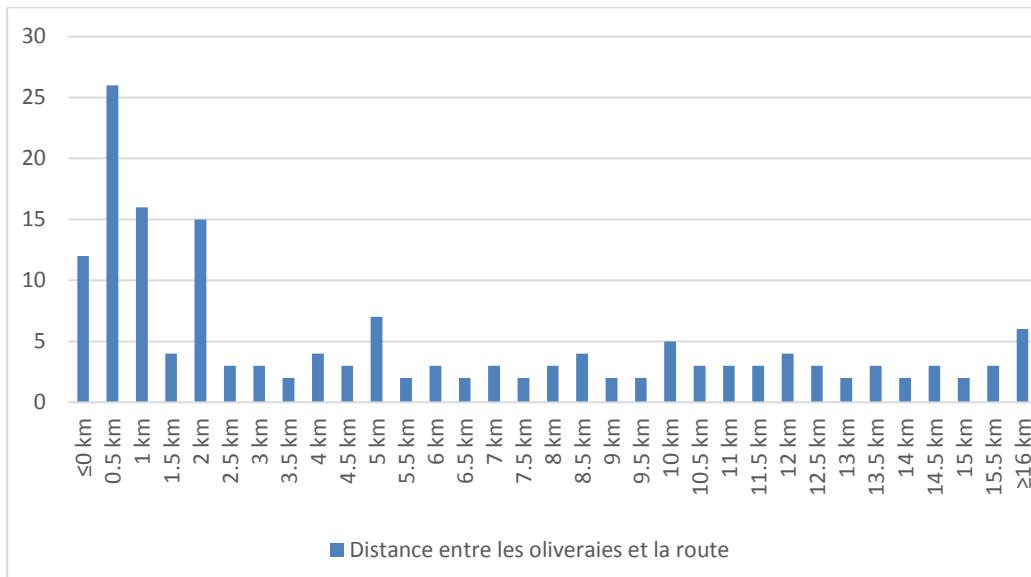


Figure 2. Distance entre les oliveraies et la route.

Les exploitations éloignées sont souvent moins suivies techniquement, ce qui peut entraîner un retard dans la détection des infestations, notamment celles liées à *Bactrocera oleae*.

Ces résultats mettent en lumière l'impact de la localisation géographique sur l'efficacité de la gestion agricole dans la région étudiée.

1.2.3. Diversité variétale des oliveraies enquêtées

L'enquête a permis d'identifier plus de 32 variétés d'olivier, combinant des cultivars locaux, régionaux et introduits. La variété Chemlal apparaît comme la plus répandue, occupant une place dominante dans la majorité des zones oléicoles, suivie des variétés Sigoise et Azeradj. D'autres variétés telles que Rougette, Ferkani, Arbequina, Limli, Bouchouk et Abani sont présentes mais à des proportions plus faibles. La diversité variétale observée reflète une grande richesse génétique du patrimoine oléicole local. Toutefois, cette diversité n'est pas nécessairement accompagnée d'une connaissance suffisante de la sensibilité variétale aux ravageurs, en particulier la mouche de l'olivier. Cette situation peut influencer les niveaux d'infestation enregistrés au sein des exploitations.

Chapitre 1 : Enquête sur la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*, bioécologie, dégâts, et stratégie de lutte

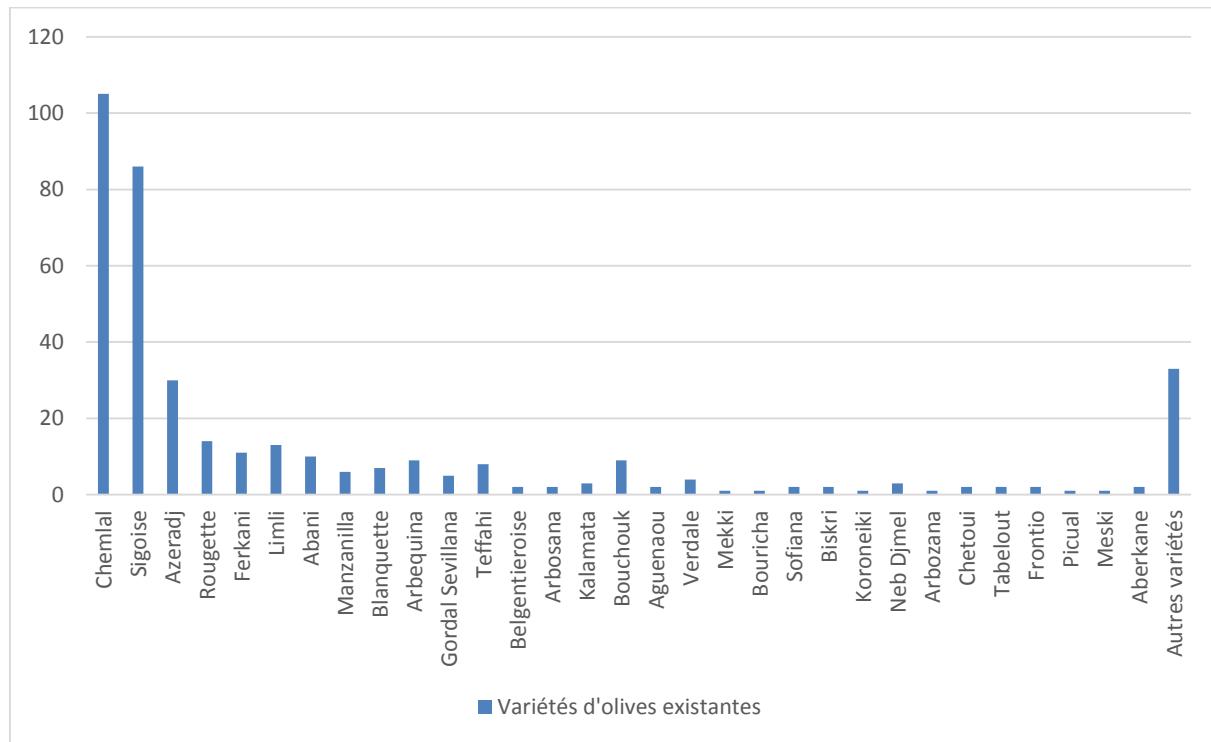


Figure 3. Principales variétés de l'olivier étudiées au cours de la période 2021-2023.

1.2.4. Infestation des variétés par la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*

Les résultats indiquent que les variétés les plus sensibles aux attaques de *Bactrocera oleae* sont principalement les cultivars précoces, à gros fruits et à forte teneur en huile. Les plus touchées selon les oléiculteurs sont Sigoise, Manzanilla, Belgentieroise, Rougette et Ferkani. Ces variétés sont connues pour leur attractiveness élevée vis-à-vis de la mouche, en raison de leur texture pulpeuse, de leur maturation rapide favorable à la ponte.

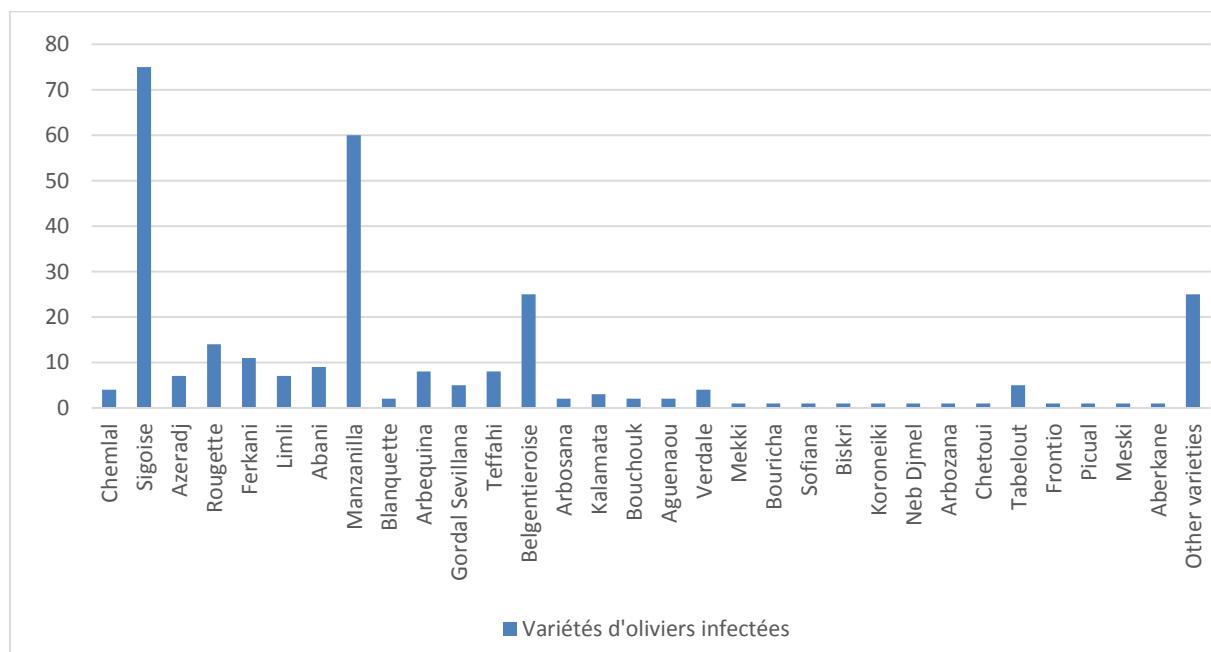


Figure 4. Principales variétés de l'olivier infectées au cours de la période 2021-2023.

1.2.5. Variation d'infestation par la mouche de l'olivier

La variation de l'infestation selon les régions montre que certaines vergers, notamment celles bénéficiant d'une humidité relative plus élevée ou d'une irrigation régulière, présentent des niveaux d'attaque plus importants. Les régions plus sèches ou à vergers dispersés rapportent des taux d'infestation moindres, ce qui confirme l'influence combinée des conditions microclimatiques sur la dynamique du ravageur. Ces tendances soulignent l'importance d'adapter les stratégies de lutte aux spécificités variétales et environnementales de chaque zone.

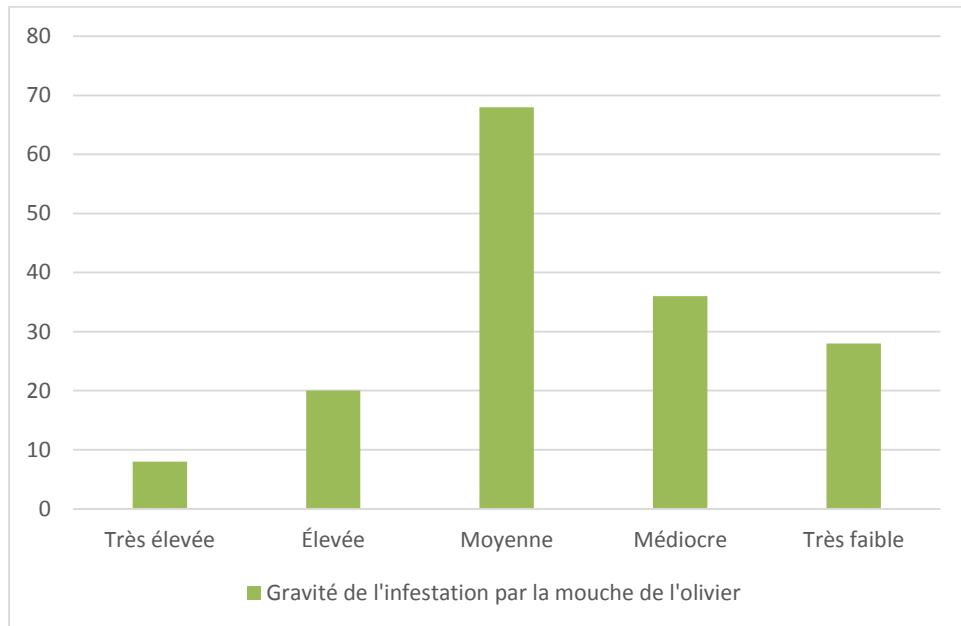


Figure 5. Variation d'infestation par la mouche de l'olivier dans les régions enquêtées

1.2.6. Contrôle chimique

1.2.6.1. Application ou non de traitements chimiques

L'usage des insecticides n'est pas généralisé dans les vergers de l'olivier. En effet, 61,25 % des producteurs déclarent appliquer des traitements chimiques contre la mouche de l'olive, tandis que 38,75 % n'y ont pas recours. Cette proportion relativement élevée de vergers non traités peut s'expliquer soit par des contraintes économiques limitant l'accès aux intrants, soit par un choix délibéré visant à privilégier des approches alternatives, soit encore par une méconnaissance des seuils de nuisibilité. Toutefois, la présence de vergers non traités peut constituer une source de recontamination pour les vergers voisins, réduisant ainsi l'efficacité globale des programmes de lutte à l'échelle régionale.

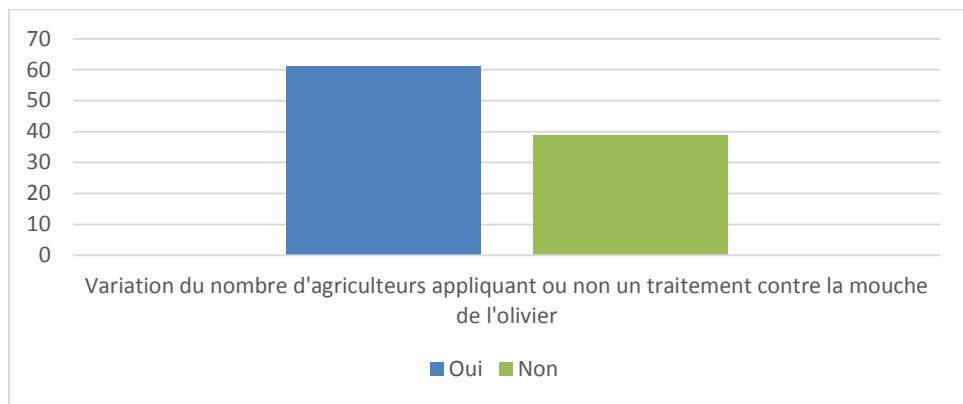


Figure 6. Variation du nombre d'agriculteurs appliquant ou non un traitement contre la mouche de l'olivier.

1.2.6.2. Origine des traitements chimiques appliqués dans les vergers

Les données montrent une forte hétérogénéité dans les modalités d'application des traitements chimiques. Dans 48,75 % des cas, ce sont les agriculteurs eux-mêmes qui réalisent les interventions, s'appuyant principalement sur leur expérience personnelle ou sur des pratiques transmises localement. Cette gestion autonome révèle une implication directe des producteurs, mais expose également à des risques d'utilisation inadéquate des produits phytosanitaires, notamment en termes de dosage ou de synchronisation des applications.

Les interventions assurées par les agronomes privés ne représentent que 10 %, ce qui traduit une faible implication du secteur technique spécialisé. Quant aux services agricoles gouvernementaux, leur participation demeure marginale (2,5 %), ce qui souligne l'insuffisance de l'encadrement institutionnel dans les programmes de protection phytosanitaire.

Par ailleurs, 38,75 % des agriculteurs n'ont appliqué aucun traitement.

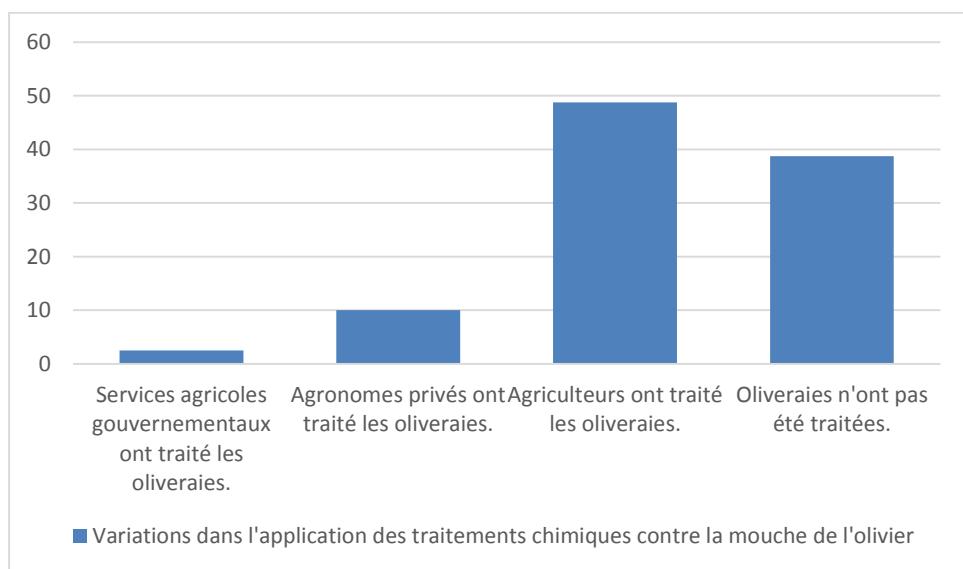


Figure 7. Variation de l'application des traitements chimiques contre la mouche de l'olivier.

1.2.6.3. Dénominations commerciales des produits insecticides utilisés

L'examen des produits commerciaux révèle une prédominance nette de certaines formulations dans les vergers. Le produit Decis 25 EC, à base de deltaméthrine, représente le traitement le plus utilisé avec 21 % des déclarations, ce qui témoigne de sa disponibilité et de la confiance des agriculteurs dans son efficacité. Karate 5 EC arrive en deuxième position avec 16 %, suivi par Deltamac 2.5 EC et Fastac 100 EC, chacun utilisé par 8 % des oléiculteurs. La forte présence de produits à base de pyréthrinoïdes reflète leur coût abordable et leur action neurotoxique rapide, mais elle suscite également des inquiétudes quant à la sélection de populations résistantes et à leurs effets indésirables sur la faune auxiliaire.

Les produits organophosphorés, tels que Dimethoate 40 EC, Limatoate 40 EC et Lebaycid 50 EC, présentent des taux d'utilisation modérés (6 à 7 %). Leur usage reste restreint en raison de leur toxicité élevée, de leur faible sélectivité et des restrictions réglementaires. Les formulations Foslete 50 WP et Orosist Emulsion 40 EC restent faiblement représentées, probablement en raison d'une disponibilité limitée ou d'une efficacité perçue comme moindre.

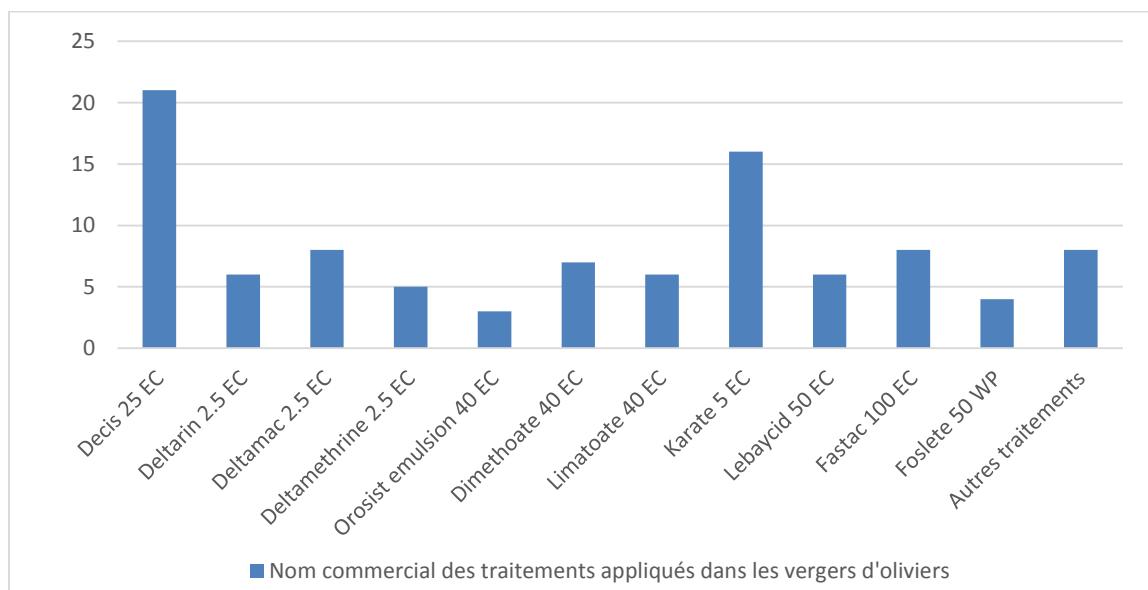


Figure 8. Dénomination commerciale des traitements appliqués dans les vergers de l'olivier.

1.2.6.4. Substances actives utilisées dans la lutte chimique

La deltaméthrine constitue la matière active la plus employée (25 %), suivie de la lambda-cyhalothrine (10 %) et du diméthoate (10 %). Les produits contenant de la deltaméthrine sont appréciés pour leur rapidité d'action mais restent lipophiles et très toxiques, ce qui impose un usage ciblé dès le début des vols de la mouche. De même, la lambda-cyhalothrine, bien que très efficace, est classée comme hautement毒ique.

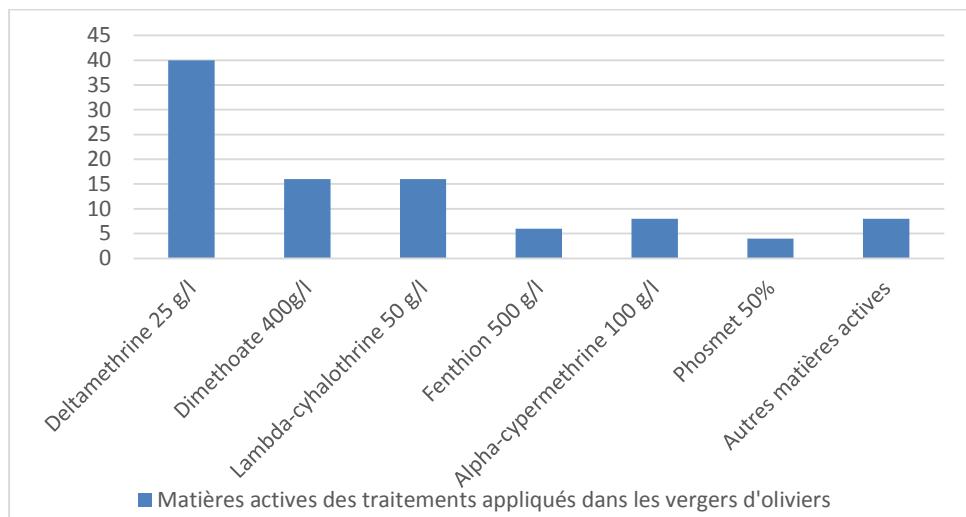


Figure 9. Principes actifs des traitements appliqués dans les vergers de l'olivier.

L'utilisation répétée de ces molécules comporte des risques de résistance, surtout lorsque les traitements ne sont pas associés à une surveillance rigoureuse des pièges. Les insecticides tels que le fenthion, l'alpha-cyperméthrine et le phosmet enregistrent des taux d'utilisation plus faibles, traduisant une diversification limitée des solutions chimiques disponibles chez les producteurs.

1.2.6.5. Évaluation de l'efficacité des traitements chimiques appliqués

L'efficacité déclarée des produits varie d'un agriculteur à l'autre. La majorité des utilisateurs affirment que les traitements apportent un contrôle satisfaisant du ravageur, néanmoins, une proportion non négligeable rapporte une efficacité réduite. Les causes les plus fréquemment évoquées sont la répétition du même produit chimique au cours des saisons successives, ce qui favorise l'émergence de souches résistantes de *B. oleae*, ainsi que l'application tardive ou inadaptée au cycle biologique du ravageur.

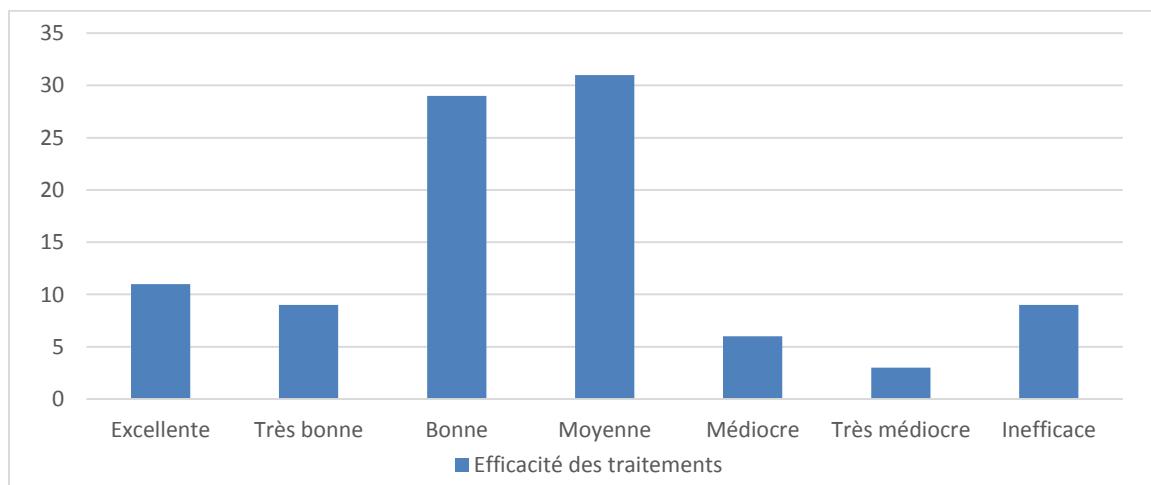


Figure 10. Variation de l'efficacité des traitements chimiques appliqués contre la mouche de l'olivier.

Certains producteurs ont tenté de pallier cette perte d'efficacité en alternant les matières actives, pratique reconnue comme l'un des piliers de la gestion intégrée des ravageurs visant à limiter la résistance métabolique ou comportementale.

1.2.6.6. Utilisation répétée ou alternée des mêmes insecticides

L'analyse des pratiques d'application révèle des comportements contrastés : certains agriculteurs tendent à utiliser systématiquement la même matière active, ce qui augmente le risque d'accoutumance de la mouche. D'autres, en revanche, adoptent une stratégie d'alternance, changeant de produit d'une saison à l'autre, voire au sein de la même campagne agricole. Cette approche est plus conforme aux recommandations internationales et contribue à maintenir la sensibilité des populations de *B. oleae* aux substances actives disponibles.

Malgré cela, l'absence d'un encadrement technique structuré rend ces pratiques inégales et dépendantes de l'expérience individuelle.

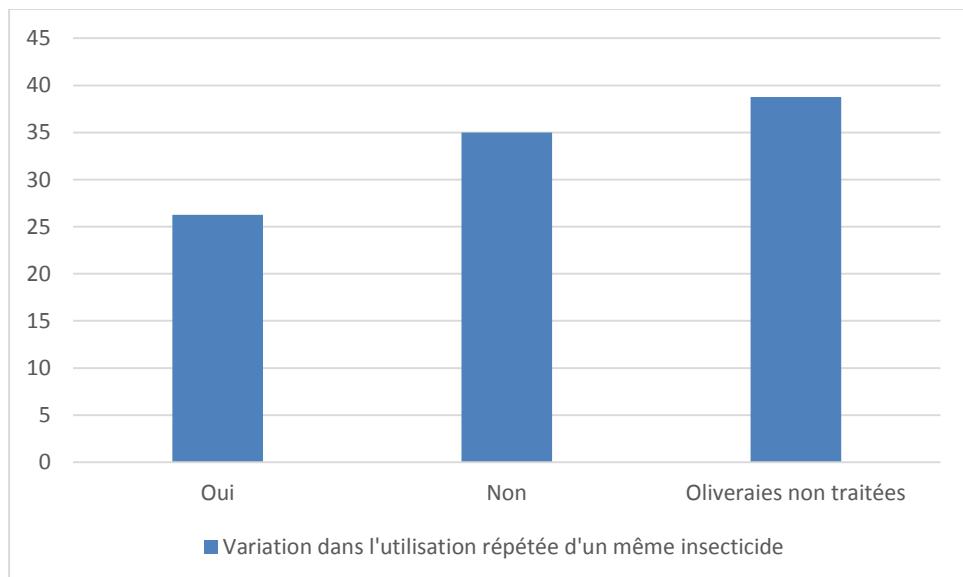
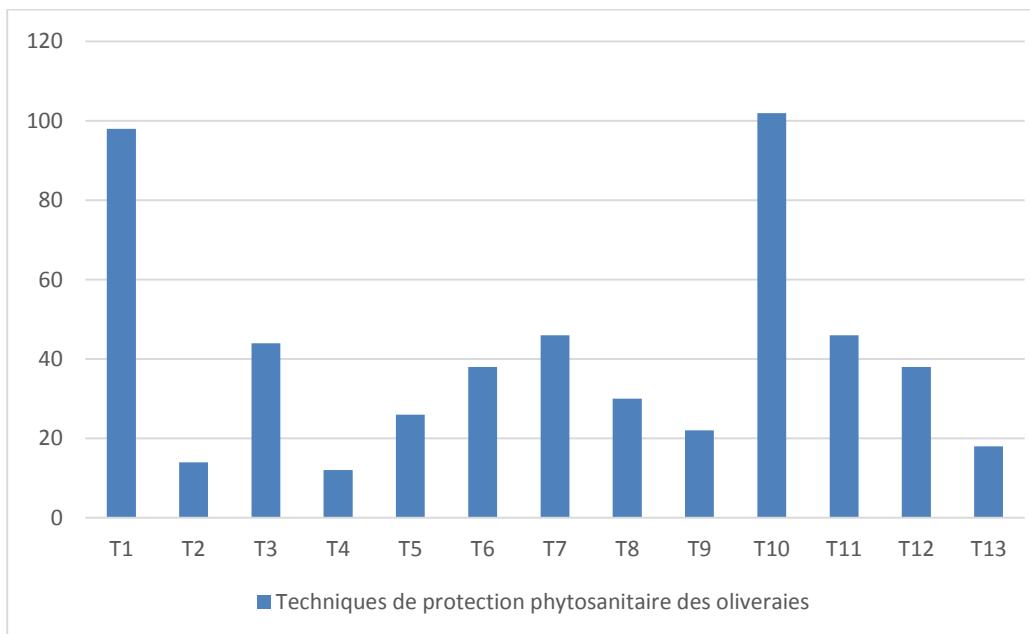


Figure 11. Variation dans l'utilisation répétée d'un même insecticide.

1.2.7. Techniques agricoles et méthodes complémentaires de lutte

La plupart des agriculteurs ont eu recours à différentes techniques culturales, telles que le labour des sols dans les oliveraies afin d'éliminer les pupes enfouis, le désherbage pour supprimer les zones de refuge des insectes, ainsi que l'élagage des branches cassées ou excédentaires suivi de leur incinération. Parmi les méthodes de lutte les plus fréquemment utilisées contre la mouche de l'olivier figurent la lutte chimique et l'utilisation de divers types de pièges, notamment les pièges sexuels à capsules de phéromones, les mélanges à base de sucre et de levure de boulanger (*Saccharomyces cerevisiae*), les bouteilles jaunes contenant de l'eau savonneuse et les pièges jaunes englués.



T1 : Lutte chimique, T2 : Piège sexuel avec capsule de phéromones, T3 : Argile blanche calcinée, T4 : Mélange de sucre et de levure de pain (*Saccharomyces cerevisiae*), T5 : Bouteille jaune d'eau savonneuse, T6 : Piège jaune collant, T7 : Travail du sol, T8 : Irrigation, T9 : Fertilisation, T10 : Taille des arbres, T11 : Désherbage, T12 : Présence de figuiers dans l'oliveraie, T13 : Autres techniques agricoles.

Figure 12. Techniques de protection phytosanitaire des oliveraies.

Le choix de la stratégie adoptée dépendait généralement de la connaissance de la période d'apparition et de reproduction de l'insecte, des conditions climatiques favorables à sa prolifération ainsi que de la sensibilité variétale des oliviers. Les agriculteurs ont également souligné que le début du gonflement des fruits, induit par les pluies ou l'irrigation, constitue un facteur déclencheur important de l'activité du ravageur. Par ailleurs, une grande partie d'entre eux a affirmé qu'un moyen efficace pour limiter la présence de cet insecte consiste à planter différentes variétés de figuiers (*Ficus carica*), soit entre les arbres, soit en bordure des vergers. Cette pratique est particulièrement répandue dans les zones montagneuses, où les oliveraies sont fréquemment entourées de figuiers et où l'on observe la présence annuelle de la plante médicinale *Inula viscosa*, reconnue par les agriculteurs pour son rôle supposé dans la réduction de la dynamique de la mouche de l'olivier.

1.3. Discussion

La répartition spatiale du patrimoine oléicole algérien, telle que décrite par **Hadjou et al. (2013)**, indique que 41,86 % des superficies sont concentrées dans la région Centre, 34,54 % à l'Est, 19,04 % à l'Ouest et seulement 4,5 % au Sud. Parmi les nombreuses variétés cultivées

Chapitre 1 : Enquête sur la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*, bioécologie, dégats, et stratégie de lutte

en Algérie, Chemlal demeure la plus dominante dans plusieurs régions, suivie de Sigoise, particulièrement répandue à l'Ouest (**Moussi et al., 2024**). L'étude de l'indice de maturation montre que les caractéristiques variétales (taille du fruit, teneur en huile, fermeté du mésocarpe) exercent une influence significative sur le niveau d'infestation (**Achouche, 2021**).

Hamdan (2016) a également constaté que l'augmentation de l'attaque est corrélée à l'augmentation du calibre du fruit, ce qui explique pourquoi les variétés précoces et à gros fruits sont les plus vulnérables. Plusieurs facteurs agronomiques contribuent à la popularité de la culture de l'olivier en zones arides, notamment sa bonne adaptation aux climats continentaux caractérisés par des étés chauds et secs, ainsi que ses faibles besoins en irrigation et en entretien (**Benderradj et al., 2016**). La diversité variétale régionale est également remarquable : Sigoise à double fin prédomine à l'Ouest, tandis que des variétés locales telles que Longue de Miliana, Ronde de Miliana, Rougettes et Blanquettes de Guelma sont réparties dans les régions du Centre et de l'Est (**Sadoudi, 1996 ; Hadjkaddour, 2016**).

Selon les résultats de l'enquête, 100 % des oléiculteurs interrogés reconnaissent *B. oleae* comme le principal ravageur de leurs vergers. La lutte repose principalement sur l'emploi d'insecticides de synthèse. Nos résultats contrastent avec ceux de **Lachibi (2023)**, qui rapporte une absence de traitements dans certaines oliveraies traditionnelles destinées exclusivement à la production d'huile. L'argile blanche calcinée représente une alternative intéressante, formant une barrière physique empêchant la ponte du ravageur, bien que son application nécessite des renouvellements fréquents (**Singer, 2012**).

Certaines pratiques de gestion innovantes, telles que la technique de l'arbre-piège décrite par **Warlop (2006)**, permettent de concentrer les pontes sur quelques arbres plus attractifs qui sont ensuite traités de manière ciblée. La lutte chimique repose, quant à elle, sur deux stratégies complémentaires: les appâts empoisonnés contre les adultes et les pulvérisations curatives contre les stades larvaires (**Neuenschwander et al., 1986**). En Algérie, un système d'alerte phytosanitaire est en place depuis 1979, reposant sur des seuils d'intervention définis selon les variétés et la densité des populations (**Grioua, 1989**). Parmi les biopesticides recommandés, le Spinosad constitue une alternative efficace et à faible toxicité, bien qu'il soit sensible à la pluie (**Vannière et al., 2013**).

L'environnement climatique joue également un rôle déterminant. Les zones de maturation précoce, notamment littorales ou caractérisées par un microclimat humide, présentent les infestations les plus sévères, tandis que les zones situées à plus de 300 m d'altitude semblent moins favorables au développement du ravageur (**Afidol, 2016**). La récolte

Chapitre 1 : Enquête sur la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*, bioécologie, dégats, et stratégie de lutte

précoce constitue une mesure culturelle particulièrement efficace permettant de réduire les pertes, puisqu'une grande proportion de fruits infestés tombe naturellement entre début novembre et début décembre (**Patanita et al., 1997** ; **Petacchi et al., 2003** ; **Topuz et Durmusoglu, 2008**). D'autres facteurs agronomiques tels que l'irrigation, la taille ou la densité de végétation peuvent influencer l'attractivité des vergers. En règle générale, les variétés à gros fruits sont plus exposées à la ponte (**Varikou et al., 2021**). Enfin, le piégeage constitue un outil essentiel pour la surveillance des populations, bien que son interprétation nécessite prudence (**Zida et al., 2023**). Le piégeage de masse peut réduire significativement les dommages, surtout lorsqu'il est combiné à des appâts attractifs (**Vossen et al., 2006**).

Les pièges attractifs spécifiques ont été installés en dehors du verger dès le début de la saison afin de limiter la première génération de la mouche. Tout au long de la saison, les captures relevées dans les pièges ont été utilisées pour suivre le développement de la population de ce ravageur. Une à deux fois par an au maximum, un film de particules à base de kaolin a été appliqué pour protéger les fruits contre la mouche *B. oleae*. Par ailleurs, 15 plants d'*Inula viscosa* ont été plantés. Cette espèce est reconnue comme un bon hôte pour les insectes parasitoïdes bénéfiques qui contribuent au contrôle de la mouche de l'olive (**Jain et al., 2015**). L'*Inula viscosa* est également une plante hôte pour les ennemis naturels (le complexe parasitaire de *Myopites stylata* et *Eupelmus urozonus*) de ravageurs tels que la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae* (**Sladonja et al., 2021**).

Conclusion

L'enquête menée dans les oliveraies situées majoritairement en zones agroclimatiques arides a montré que la mouche de l'olivier, *Bactrocera oleae*, constitue le principal ravageur affectant les différentes variétés cultivées.

La majorité des agriculteurs recourent à des mesures préventives telles que le labour, permettant de détruire les pupes enfouies dans le sol, le désherbage pour réduire les sites de refuge des insectes, ainsi que l'élagage des rameaux endommagés ou excédentaires, suivi de leur incinération afin d'éviter la persistance de foyers d'infestation au sein du verger.

Par ailleurs, de nombreux producteurs utilisent des moyens biologiques ou technico-écologiques, notamment des pièges sexuels équipés de capsules de phéromones, des pièges alimentaires à base de sucre et de levure de boulanger, ainsi que des bouteilles jaunes d'eau savonneuse et des plaques jaunes engluées. Plusieurs agriculteurs signalent également que le début du gonflement des fruits, consécutif aux pluies ou à l'irrigation, constitue une phase

Chapitre 1 : Enquête sur la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*, bioécologie, dégats, et stratégie de lutte

critique nécessitant un renforcement de la surveillance ou des interventions.

Enfin, la présence de figuiers à l'intérieur ou en périphérie des vergers semble contribuer à réduire l'activité de la mouche dans certaines zones montagneuses. De même, *Inula viscosa*, plante reconnue pour héberger des insectes parasitoïdes bénéfiques, participe également au contrôle de la mouche de l'olivier.

Chapitre 2 : Bioécologie et impact de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*

Introduction

La mouche de l’olivier *Bactrocera oleae*, occupe une place centrale dans la dynamique sanitaire des oliveraies en raison de sa biologie étroitement dépendante du développement du fruit et de sa capacité à se maintenir annuellement dans les agroécosystèmes oléicoles.

Comprendre les mécanismes qui régissent son cycle de vie, l’évolution morphologique de ses différents stades et la nature des dégâts qu’elle inflige constitue une étape indispensable pour appréhender sa nuisibilité réelle.

Ce chapitre vise ainsi à caractériser avec précision la morphologie des stades œuf, larvaires, nymphaux et adultes, afin de faciliter leur identification sur le terrain et au laboratoire, tout en décrivant les processus biologiques et écologiques qui conditionnent la succession des générations.

2.1. Mouche de l’olivier *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera : Tephritidae)

2.1.1. Taxonomie

La mouche de l’olivier *Bactrocera oleae* appartient à la famille des Tephritidae. Cette famille de l’ordre Diptère est la plus diversifiée, avec plus de 4 500 espèces décrites, parmi lesquelles figurent certains des ravageurs agricoles les plus importants au monde (**Duyck et al., 2004**). La mouche de l’olivier fait partie de la grande sous-famille des Dacinae et de la tribu des Dacini, qui contient principalement des espèces afrotropicales, australasiennes et orientales. Au sein des Dacinae se trouvent certaines des mouches des fruits les plus nuisibles pour les fruits et les légumes, notamment des espèces des genres *Bactrocera*, *Dacus* et *Ceratitis*; *B. oleae* est connue dans plusieurs pays. Mosca-da-azeitona au Portugal, mosca del olivo en Espagne, mouche de l’olivier en France, mosca delle olive en Italie, olive fly dans les pays anglophones et -olivenfliege en Allemagne (**Daane et Johnson, 2010**).

2.1.2. Répartition géographique

La mouche de l’olivier (*Bactrocera oleae*, Gmelin) est un insecte diptère de la famille des Thephritidae présent dans toute la zone méditerranéenne : Europe du Sud, Afrique du Nord et Moyen-Orient, ainsi que le long de la côte orientale de l’Afrique jusqu’à l’Afrique du Sud. Il est également présent en Californie (États-Unis). En Espagne, il est bien connu toutes les zones oléicoles, bien que ses dégâts varient d’une région à l’autre. Ainsi, il a été démontré que son incidence sur les oliviers varie entre les zones endémiques (zones à forte humidité relative et températures sans grandes variations, comme la côte levantine) où les attaques sont très importantes, et les zones plus intérieures, au climat plus continental, où elles sont moins intenses et parfois absentes (**Aldebis et Vargas-Osuna, 2003 ; Armendáriz et al., 2009**).

La grande dispersion de cette espèce a été favorisée par la grande capacité de vol des adultes, ce qui explique également la facilité de réinfection dans les zones où elle a été contrôlée. Des déplacements de cette espèce ont été signalés, allant de 200 m en présence de l'olivier hôtes à 4 km à la recherche d'un hôte, ainsi que des déplacements allant jusqu'à 10 km au-dessus de l'eau libre en Méditerranée (**Rice, 2000**). Il a été introduit sur la côte ouest des États-Unis et dans le nord-ouest du Mexique, où il a posé des problèmes pour le commerce international. Dans l'aire de répartition mondiale de l'oléiculture, l'Australie est la seule région exempte d'attaques de ce Tephritidae (**Joy Burrack et Zalom, 2008**).

2.2. Matériels et méthodes

2.2.1. Site d'étude

L'étude a été menée dans une oliveraie située dans la région de Biskra, caractérisée par un climat aride et des conditions pédoclimatiques influençant la présence et l'abondance de la mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae*). L'oliveraie comprend différentes variétés de l'olivier, permettant d'évaluer l'impact du ravageur en fonction du matériel végétal.

2.2.2. Collecte et identification des insectes

Après chaque période de piégeage, les insectes capturés ont été soigneusement récupérés et transportés au laboratoire pour l'identification et le comptage. L'identification a été réalisée sous une loupe binoculaire, en s'appuyant sur des critères morphologiques spécifiques tels que la coloration du thorax, la présence de la tache brunâtre caractéristique à l'extrémité des ailes et la forme de l'ovipositeur chez les femelles.



Figure 13. Observation de *Bactrocera oleae* adulte sous microscope numérique LCD DM9 7" 1200x et la loupe binoculaire.

2.2.3. Culture hôte de la mouche de l'olivier

L'olivier (*Olea europaea* L.) appartient à la famille botanique des Oleaceae, qui regroupe plusieurs espèces largement réparties dans les régions tropicales et tempérées du globe. On dénombre environ 35 espèces appartenant au genre *Olea*, bien que tous les oliviers cultivés soient rattachés à *O. europaea* L. (var. *europaea*), tandis que les formes sauvages sont classées sous *O. europaea* L. (var. *sylvestris*). Il s'agit de la seule espèce au sein des Oleaceae dont les fruits sont comestibles. L'olivier est considéré comme l'une des plus anciennes plantes cultivées. Son origine remonterait à près de 4000 ans av. J.-C. dans la région de Palestine, même si des travaux récents suggèrent l'existence de plusieurs centres d'origine et de diversification (Diez et al., 2015). L'aire bioclimatique de l'olivier se situe principalement entre les latitudes 30° et 45°, aussi bien dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud, dans des zones à climat typiquement méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs.

Dans l'hémisphère Sud, sa culture s'étend également vers des latitudes plus tropicales, là où les conditions environnementales restent favorables à son développement.



Figure 14. Fleurs et fruits de l'olivier.

2.3. Résultats et discussion

2.3.1. Description morphologique des stades de développement de *Bactrocera oleae*

La mouche de l'olivier est une espèce monophage, dont le développement larvaire ne peut s'effectuer que sur les fruits des espèces d'*Olea*. Les adultes mesurent de 4 à 5 mm.

La tête est large et de couleur jaunâtre, avec de grands yeux composés vert bleuté.



Figure 15. Tête de la mouche de l'olivier à gauche et thorax à droite.

Le thorax est brun foncé avec 2-4 bandes longitudinales grises ou noires.

La partie supérieure du dernier segment et le scutellum sont presque entièrement jaune-ivoire, et la face latérale est jaune rougeâtre.

Entre la tête et le thorax, il y a une tache noire très caractéristique à l'extrémité. Les ailes sont hyalines avec une tache brunâtre typique à l'extrémité de la troisième longue nervure.



Figure 16. Aile de la mouche de l'olivier à gauche et les pattes à droite.

Chez l'adulte de *B. oleae*, l'abdomen présente une teinte rougeâtre à jaunâtre, marqué de taches noires latérales sur les quatre premiers segments, dont la forme et la taille peuvent varier. Les adultes montrent un dimorphisme sexuel nettement perceptible. Le mâle se distingue par la présence d'une petite touffe de soies latérales située de part et d'autre du troisième tergite abdominal. En revanche, la femelle possède un abdomen légèrement plus élargi dans sa partie centrale, se terminant par une extrémité distale pointue. Cette dernière abrite un oviscapte bien visible, adapté à la ponte à l'intérieur du fruit d'olive (**Headrick et Goeden, 1998**).



Figure 17. Abdomen de la femelle de la mouche de l'olivier, avec ovipositeur à gauche, et celui du mâle à droite.

Œufs : Les œufs sont allongés et cylindriques, blanches, très petits et difficiles à voir. Les dimensions sont d'environ 0,7 mm de long et 0,2 mm de large (**Bouzeboudja et Messaoud, 2021**).



Figure 18. Œuf de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*.

Larve (Asticot) : Les larves sont apodes, cylindriques, de couleur blanchâtre à jaunâtre, avec une tête pointue et légèrement brunâtre. Elles passent par trois stades au cours de leur développement. Les jeunes larves mesurent environ 1 mm de long, et, bien qu'elles puissent atteindre 7 à 8 mm à la fin de leur développement (**Singer, 2012**).



Figure 19. Larve L3 (asticot) de la mouche de l'olivier.

Contrairement à la plupart des autres espèces de Tephritidae, les larves matures de la mouche de l'olivier se nymphosent dans les fruits pendant l'été, mais quittent les fruits en automne et en hiver pour se nymphoser dans le sol sous l'arbre (**Sime et al., 2007**). C'est un stade transitoire qui permet à la larve de se transformer en adulte et à l'espèce de survivre à des périodes défavorables (**Kapatos, 1989**).

Nymphé (Pupe) : La pupe se développe indépendamment du puparium. Elle possède des spiracles thoraciques bilobés pour la respiration et se forme à partir du dernier tégument larvaire durci. De forme elliptique avec des extrémités pointues, elle est cylindrique et lisse, avec 11 segments distincts. Sa couleur varie du blanc pâle au jaune clair selon le degré de dessiccation de l'épiderme.

Cette variation, influencée par la couleur de la pulpe d'olive, permet d'estimer son âge. Elles mesurent environ 4 à 4,5 mm de longueur et 2 mm de largeur (**Adghar, 2022**).



Figure 20. Stade nymphal (pupe) de la mouche de l'olivier.

Adultes : La mouche mesure normalement 4-5 mm de long. L'abdomen est brun rougeâtre avec des zones plus sombres sur les côtés de chaque segment. Les ailes contiennent des veines sombres et une petite tache sombre à chaque extrémité de l'aile.



Figure 21. *Bactrocera oleae* adulte ; femelle (à gauche), et mâle (à droite).

Les femelles se distinguent des mâles par l'ovipositeur, une structure pointue située à l'extrémité de l'abdomen de la femelle; les mâles sont généralement plus petits que les femelles (**Menzer, 2016**).

2.3.2. Biologie et comportement

La mouche de l'olivier est une espèce polyvoltine avec 2 à 5 générations par an en fonction des conditions locales et régionales d'humidité relative et de température.

Les mouches adultes présentent une forte activité diurne en l'absence de vent et à une température moyenne de 14 à 15 °C. Elles se nourrissent de diverses substances organiques, liquides ou solides, miellat, nectar ou autres exsudats végétaux, pollen, etc. La ponte débute lorsque les olives atteignent presque leur taille finale et deviennent suffisamment souples pour être pénétrées par l'ovipositeur de la femelle. Ce phénomène survient généralement entre le début et le milieu de l'été et peut se prolonger jusqu'au début de l'hiver. Les femelles insèrent leur ovipositeur pour pénétrer l'épiderme du fruit et pondent généralement 10 à 12 œufs par jour, en règle générale un par fruit, et entre 200 et 250 œufs par vie (**Byron et al., 1999**).

Cependant, ce nombre d'œufs par fruit peut varier en raison d'une faible disponibilité d'olives, d'une faible floraison ou d'un échec de la nouaison, d'une densité inhabituelle de populations de mouches, ou des deux. Les périodes de ponte durent environ un mois en été et un peu plus de 3 mois en hiver. L'incubation des œufs peut varier de 2 à 19 jours en fonction de la température, et après l'éclosion, les larves se nourrissent du mésocarpe à l'intérieur d'une galerie dans la pulpe de l'olive. Au début, cette galerie est étroite et sinuose, puis elle s'élargit pour former une cavité qui occupe une grande partie du fruit. Lorsqu'elle atteint la fin de son développement, elle forme une pupe et devient une nymphose à l'intérieur du fruit, ou tombe au sol pour se nymphoser sous la canopée.



Figure 22. Larve de *Bactrocera oleae* se nourrissant du mésocarpe et creusant une galerie à l'intérieur de la pulpe de l'olive.

2.3.3. Cycle de vie de *Bactrocera oleae*

En hiver, la majeure partie de la population est au stade nymphal, enfouie sous les arbres à une profondeur de 3 cm si le sol est compacté, ou un peu plus (8 à 10 cm) si le sol est labouré (**Dimou et al., 2003**). Une partie de la population passe l'hiver au stade adulte. Il s'agit généralement des individus dont le développement est le plus avancé, car évoluant dans des zones abritées où les conditions favorables leur ont permis d'atteindre ce stade avant l'arrivée de l'hiver (**Aldebis et Vargas-Osuna, 2003**). La durée du stade nymphal varie de 10 jours à plusieurs mois (jusqu'à 4) selon la saison. Les mouches adultes apparaissent au début du printemps (mars à mai). La maturation sexuelle des adultes est fortement synchronisée avec la disponibilité de fruits appropriés pour la ponte, où la diapause reproductive joue un rôle fondamental (**Barrero et al., 2006**). Les adultes de la première génération émergent de mars à mai, selon la latitude et la température. Ils se nourrissent de liquides sucrés qui se trouvent sur l'arbre, exsudats des fleurs, dans les lésions des fruits, et miellat produit par les homoptères.

Ces substances azotées sont nécessaires à la production d'œufs. Après la période de maturité sexuelle (6 à 10 jours). Les mouches de l'olivier femelles sont oligogames et s'accouplent 1 à 3 fois au cours de leur vie. 1 à 2 heures après l'accouplement, la femelle fécondée peut pondre ses œufs sur le fruit. La température minimale requise pour l'accouplement et la ponte de la mouche de l'olivier est de 14 °C. La maturité du fruit pour la ponte est rendue possible par la modification de certains paramètres physiques et chimiques dans le fruit (**Zervas, 1982**). La femelle plie son abdomen vers le bas et perce l'épiderme du fruit avec son ovipositeur en forme d'aiguille et pond généralement un œuf dans chaque fruit. Certains fruits présentent des trous, appelés «trous stériles», où la femelle insère son ovipositeur mais ne pond pas d'œufs. Elle prépare une petite chambre sous la cuticule des olives pour y déposer ses œufs, qui peuvent atteindre 10 à 12 œufs par jour. Une femelle peut pondre plusieurs centaines d'œufs au cours de sa vie, environ 200 à 750 pendant toute la période de reproduction.

Cependant, le plus souvent, la femelle ne pond qu'un seul œuf par fruit, bien que lorsque la récolte est rare ou que l'attaque est forte, on puisse observer plusieurs piqûres par olive. Dans certains cas, en raison du comportement de ponte de la femelle, on trouve des chambres sans œuf (piqûres sans œuf). Exceptionnellement, les années où la population d'adultes est importante et où le nombre d'olives est faible, plus d'un œuf peut être pondu dans un fruit.

Le trou où les œufs sont pondus prend l'apparence d'une petite tache nécrotique triangulaire qui se fongifie après quelques jours (**Aldebis et Vargas-Osuna, 2003**). Après une période d'incubation variable (3 à 8 jours), en fonction des conditions climatiques, les larves éclosent et commencent à se nourrir de la chair du fruit (mésocarpe). Elles creusent ainsi des

Chapitre 2 : Bioécologie et impact de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*

galeries superficielles qui deviennent de plus en plus profondes au fur et à mesure que les larves se développent, jusqu'à atteindre le noyau (endocarpe) (AlWahaibi, 2024).

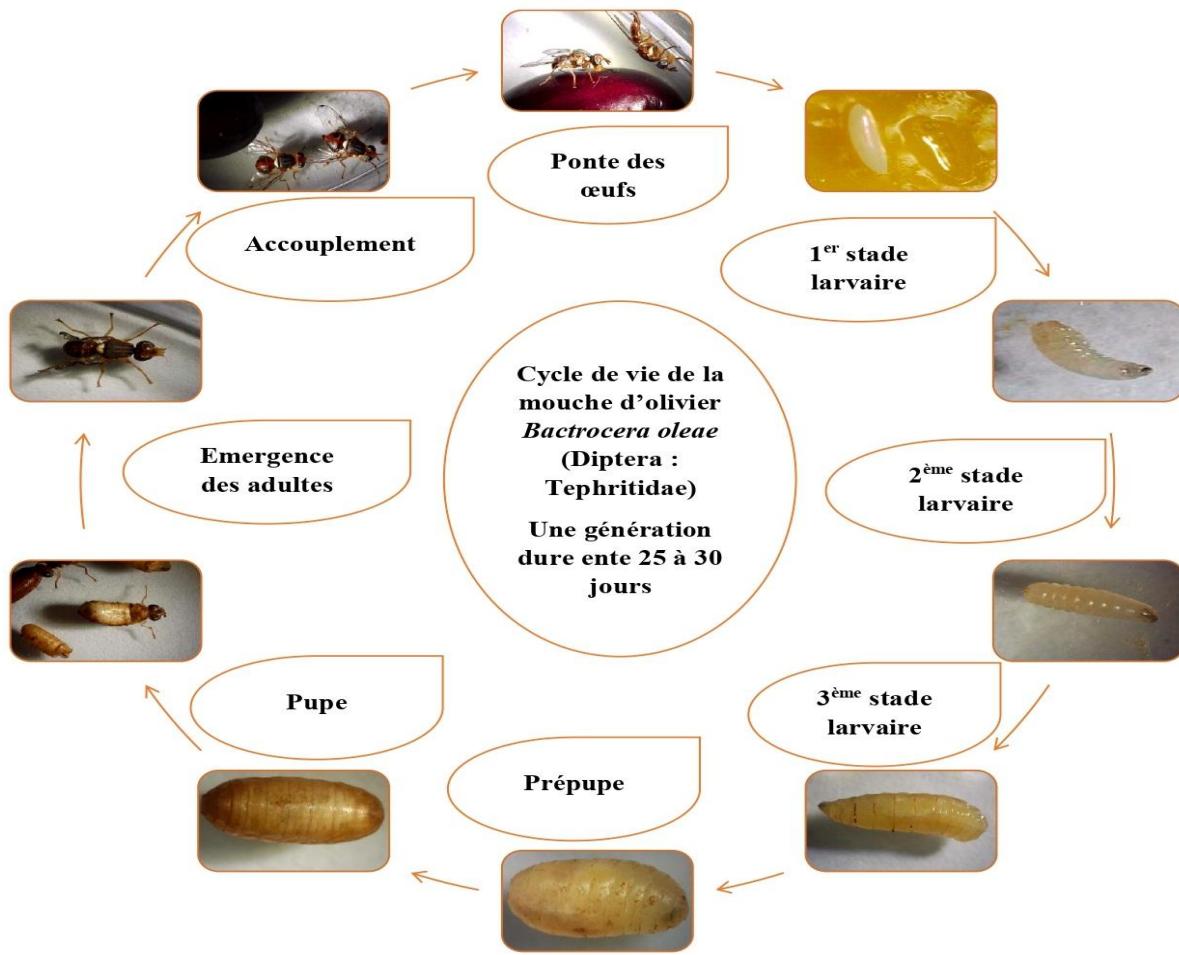


Figure 23. Cycle de vie de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*.

Pendant l'été, les larves se nymphosent à l'intérieur du fruit, près de l'épiderme, tandis que la dernière génération se nymphose pendant l'hiver, s'enfouissant dans le sol à une faible profondeur de 3 à 6 cm. La durée de la nymphose est de 8 à 10 jours en été, tandis qu'elle peut durer jusqu'à 6 mois en hiver. La durée moyenne et le nombre de générations sont variables et dépendent principalement du facteur thermique, qui influence à la fois les stades phénologiques de la plante et le développement de l'insecte lui-même. D'autres facteurs qui peuvent affecter l'insecte sont l'humidité relative, les conditions de croissance, les pratiques agronomiques, etc. Normalement, en été, lorsque les températures sont optimales, une génération peut être achevée en 32-36 jours, tandis qu'en automne, elle peut prendre jusqu'à 60 jours.

Pour toutes ces raisons, dans les zones à climat continental, il n'y a que deux ou trois générations par an, alors que dans les zones côtières méditerranéennes, il y en a généralement trois, bien que certains auteurs aient cité un nombre plus élevé (Civantos, 2008).

Le nombre d'individus dépend de deux facteurs principaux : la température et la

Chapitre 2 : Bioécologie et impact de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*

maturité du fruit de l'olive pour la ponte. Dans les régions tempérées, elle poursuit son développement sans interruption chaque année, tandis que dans les régions froides, elle ne peut pas achever son cycle de vie. La mouche de l'olivier peut donner 3 à 4 générations par an en fonction des conditions climatiques. Elle peut passer l'hiver sous forme de larve dans le fruit, de pupe dans le sol ou d'adulte.

2.3.4. Dommages causés et importance économique

Les facteurs responsables des pertes économiques causées par la mouche de l'olivier comprennent les dommages directs dus à la chute et à la perte de poids des fruits et les dommages indirects dus à la détérioration de la qualité des huiles produites dans les zones touchées par l'insecte. La perte de poids due à l'activité alimentaire des larves estime qu'elle varie entre 10 et 30 % dans les fruits affectés. La dégradation de la qualité de l'huile est due au fait que les galeries creusées par les larves abritent une microflore variée, responsable, dans des conditions optimales d'humidité et de salinité, de l'augmentation de l'indice d'acidité et de la détérioration des caractéristiques organoleptiques de l'huile. Cette perte est difficile à évaluer, car elle dépend de nombreux facteurs tels que la quantité de fruits touchés, les conditions climatiques pendant la récolte, la manipulation des olives après la récolte, etc. Dans tous les cas, on peut affirmer que pour obtenir des huiles de qualité, il est nécessaire d'utiliser des fruits non attaqués par les mouches. Dans les olives de table, les fruits coupés déprécient totalement les lots qui les contiennent, les pourcentages admissibles étant de 3 % de fruits affectés (**Alvarado et al., 2010**).

Conclusion

La mouche de l'olivier *Bactrocera oleae* constitue le principal ravageur de l'olivier dans les régions oléicoles méditerranéennes. Son cycle biologique étroitement lié au développement du fruit et sa capacité à se maintenir d'une saison à l'autre en font un ravageur particulièrement difficile à contrôler. Les attaques larvaires provoquent à la fois des pertes quantitatives, en raison de la chute prématuée des fruits et de la destruction d'une partie de la pulpe, et des pertes qualitatives affectant la composition chimique et les propriétés organoleptiques de l'huile d'olive (acidité, indice de peroxyde, couleur, goût et arômes). Ainsi, l'infestation par *B. oleae* représente un facteur déterminant de la baisse de la valeur commerciale des olives de table et de la qualité de l'huile extraite.

La compréhension de la bioécologie du ravageur, de sa dynamique de population et des conditions favorisant son développement constitue donc une étape essentielle pour la mise en place de stratégies de lutte adaptées.

Chapitre 3 : Pratiques agricoles dans le verger expérimental de la région d'El- Outaya (Biskra)

Introduction

La mouche de l'olivier *Bactrocera oleae* est le principal ravageur des oliveraies, entraînant des pertes économiques importantes et une dégradation qualitative des fruits et de l'huile. Dans un contexte où l'usage intensif d'insecticides peut provoquer des résistances, des contaminations environnementales et une altération de la qualité de l'huile, la lutte culturelle se présente comme une alternative durable et respectueuse des écosystèmes.

Elle repose sur la modification raisonnée des conditions de culture (sol, irrigation, taille, fertilisation, désherbage et aménagement du verger), de manière à rendre l'environnement moins favorable à la mouche tout en maintenant la vigueur physiologique de l'arbre. Ce chapitre analyse, dans le contexte aride d'El-Outaya (Biskra), l'impact de ces pratiques culturelles sur la dynamique de *B. oleae* et la santé des oliviers, en s'appuyant sur des observations de terrain et des suivis agronomiques réalisés entre 2021 et 2024.

3.1. Présentation de la wilaya de Biskra

La wilaya de Biskra, surnommée la « Porte du Sahara », occupe une position charnière entre les Hautes Plaines et les immensités désertiques du Sud. Située à environ 400 km au sud-est d'Alger. Elle est bordée par plusieurs wilayas : Batna au nord, Khénchela à l'est, M'Sila à l'ouest, Ouled Djellal au sud-ouest et les vastes étendues sahariennes au sud. Son relief varié comprend les montagnes des Aurès, des plaines fertiles et des zones arides typiquement présahariennes. Le climat y est typiquement aride, avec des températures estivales dépassant fréquemment 40 °C et des précipitations moyennes inférieures à 150 mm par an.

Cette contrainte climatique est compensée par une ingéniosité agricole ancestrale. Biskra est célèbre pour ses dattes (*Phoenix dactylifera* var. Deglet Nour), ses cultures maraîchères sous serre et, plus récemment, pour l'essor de l'oléiculture dans les zones irriguées. Grâce aux systèmes d'irrigation localisés et à la diversification variétale, la culture de l'olivier connaît une expansion significative, contribuant à la résilience économique et écologique de la région.

3.1.1. Présentation de la daïra d'El Outaya

El-Outaya, située à 50 km au nord du chef-lieu de Biskra, forme une interface écologique entre les contreforts des Aurès et les plaines sahariennes. Ce territoire à climat aride connaît des étés très chauds et des hivers doux, favorisant les cultures irriguées et la diversification arboricole. L'agriculture y constitue la principale activité économique, dominée par les palmeraies et la production maraîchère.

Chapitre 3 : Pratiques agricoles dans le verger expérimental de la région d'El-Outaya (Biskra)

La Smala, qui abrite une oliveraie expérimentale, est une caractéristique notable de la région, illustrant une volonté claire de diversifier l'agriculture. Ce verger expérimental d'olivier a été créé pour évaluer la capacité d'adaptation de 13 variétés (10 locales et 3 étrangères) aux conditions extrêmes de chaleur et de salinité. Les essais visent à identifier les combinaisons variétales et culturales les plus performantes, ce qui en fait une région à fort potentiel agricole et prometteuse en matière d'initiatives de développement durable.

3.1.2. Localisation de la zone d'étude

L'étude a été réalisée dans le verger expérimental d'El-Outaya (Biskra), situé à une latitude de $34^{\circ}55'55.61''$ N et une longitude de $5^{\circ}39'33.46''$ E, à une altitude de 401 m. Le site, se trouve entre les massifs des Aurès et les Zibans sahariens.

Le verger s'étend sur 3,2 ha, avec un espacement de 4 m \times 4 m entre les arbres, et comprend des oliviers âgés de 17 à 20 ans.

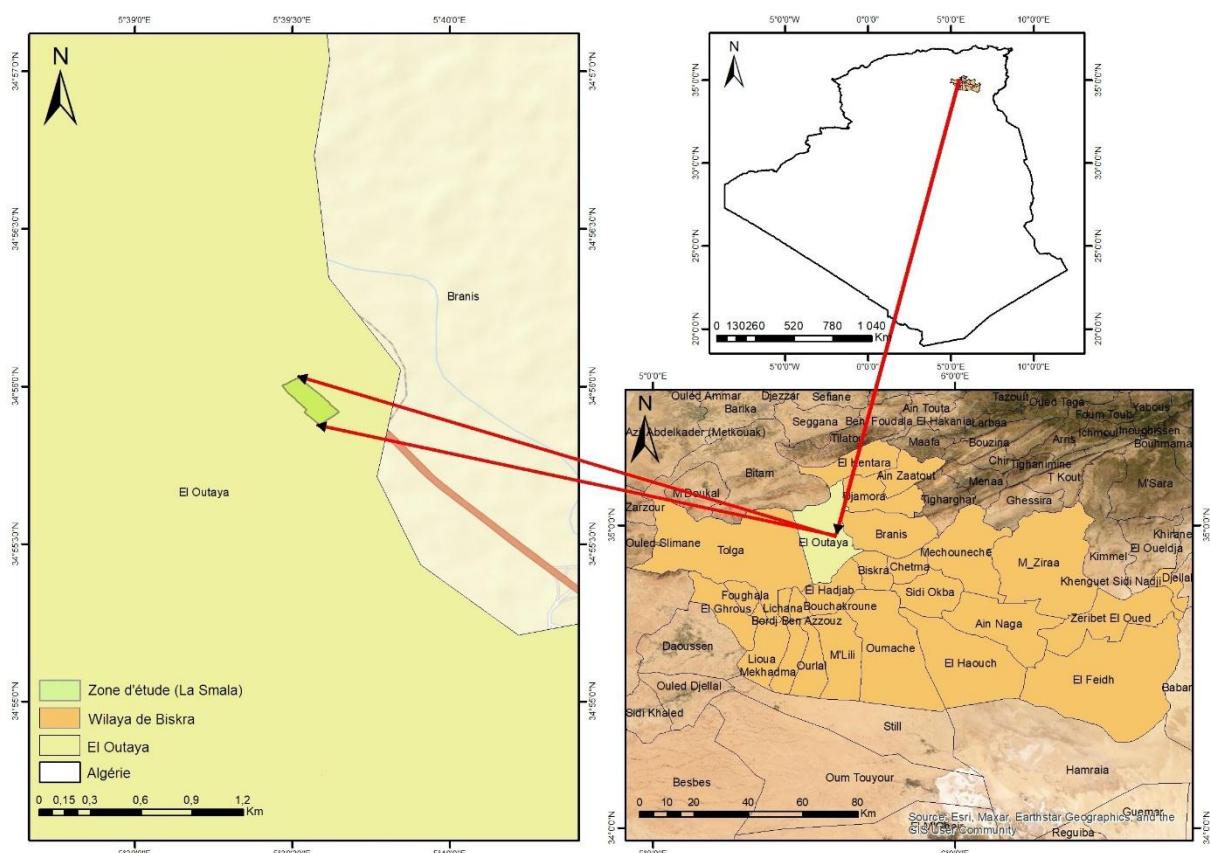


Figure 24. Localisation géographique du verger de l'olivier : El-Outaya, Biskra.

3.2. Variétés de l'olivier cultivées à El Outaya, Biskra

L'oliveraie regroupe des variétés locales (Chemlal, Sigoise, Ferkani, Abani, Azeradj, Bouchouk Soumam, Blanquette de Guelma, etc.) et des variétés étrangères (Manzanilla, Frantoio, Belgenteroise).

Cette diversité vise à comparer la résilience physiologique, la productivité et la sensibilité à *B. oleae*. Les variétés locales, adaptées aux sols alcalins et aux déficits hydriques, tandis que les variétés étrangères permettent d'élargir le potentiel oléicole sous climat extrême.

Acila (2018) montre que l'oléiculture en Algérie comprend plus de 150 variétés, englobant à la fois des variétés locales et des variétés étrangères introduites, qui diffèrent en termes de répartition, de productivité et d'adaptation aux conditions climatiques et édaphiques du pays. Ces variétés se distinguent par des caractéristiques bio-agronomiques variées, telles que la vigueur de l'arbre, la forme et la couleur du feuillage, la taille du fruit, ainsi que la teneur en huile, reflétant ainsi la richesse et la diversité du patrimoine génétique oléicole algérien. Les travaux de différents chercheurs ont entrepris une caractérisation approfondie de ces variétés, parmi lesquelles figurent celles cultivées dans la région de Biskra, connue pour son climat aride et ses conditions particulières qui influencent la qualité et le rendement des olives.

3.2.1. Variétés étrangères de l'olivier cultivées dans la région d'El Outaya

Variété espagnole

Manzanilla de Sevilla : est une variété d'olive espagnole peu vigoureuse, mais réputée pour ses récoltes abondantes bien que marquées par une certaine alternance. L'arbre, au port étalé, s'adapte à divers environnements, mais il reste particulièrement sensible à certaines maladies et conditions climatiques. Son fruit, lorsqu'il atteint une taille optimale de 5 à 6 g, est très recherché, notamment pour la conserverie, en raison de sa chair fine et savoureuse. Bien que sa teneur en huile soit moyenne, elle reste stable et de très bonne qualité, appréciée pour ses propriétés organoleptiques. Cependant, cette variété présente plusieurs sensibilités sanitaires, notamment à la verticilliose, à l'œil de paon, à la tuberculose et à la mouche de l'olivier, qui peuvent affecter son rendement. Elle est également vulnérable à l'asphyxie radiculaire, à la chlorose ferrique et aux températures froides, nécessitant ainsi un suivi attentif et des pratiques culturales adaptées pour garantir une production optimale.

Variété de Française

Belgentièreoise: est une variété d'olive originaire de la vallée du Gapeau, cultivée principalement dans le Var, et appréciée pour sa capacité d'adaptation ainsi que sa saveur fruitée et délicate. Elle doit son nom au village de Belgentier et se distingue par son grand développement, son port érigé et sa vigueur moyenne. Polyvalente, elle est utilisée aussi bien pour la confiserie en vert que pour la production d'huile, offrant ainsi une double aptitude très appréciée des oléiculteurs. Bien que sa mise à fruits soit tardive, elle présente l'un des cycles de maturation les plus précoce, ce qui permet un ramassage précoce des olives et une exploitation efficace de la récolte.

Sa résilience et sa qualité en font une variété précieuse dans les terroirs méditerranéens.

Variété italienne

Frantoio : est une variété d'olive originaire d'Italie, réputée pour sa productivité élevée et constante, ainsi que pour sa grande capacité d'adaptation à divers environnements oléicoles. Elle se distingue par une forte capacité rhizogène, ce qui facilite sa propagation, ainsi qu'une entrée en production précoce, permettant une récolte plus rapide que d'autres variétés. Sa floraison intervient à une période moyenne, avec un faible taux d'avortement ovarien, favorisant une fructification régulière. Bien qu'autocompatible, sa productivité est optimisée par la présence de pollinisateurs adaptés. La maturation des fruits est tardive et échelonnée, ce qui prolonge la période de récolte et permet une gestion plus souple de la production. Les fruits, d'un poids moyen de 2,5 g, offrent une teneur en huile remarquable de 26 à 29 %, avec une huile particulièrement fruitée, équilibrée et d'une grande stabilité. Toutefois, cette variété est sensible à certaines maladies, notamment à l'œil de paon, à la tuberculose et à la mouche de l'olivier, et elle tolère mal le froid, nécessitant des soins culturaux adaptés pour garantir un rendement optimal.

3.2.2. Variétés de l'olivier locales cultivées à El Outaya, Biskra

Sigoise : également appelée Olive de Tlemcen ou Olive du Tell, est une variété originaire de la Plane de Sig (Mascara) et représente environ 25 % du verger oléicole algérien, principalement entre Oued Rhiou et Tlemcen. Elle est moyennement précoce, présente une résistance moyenne au froid et se distingue par une bonne tolérance aux eaux salées ainsi qu'à la sécheresse, ce qui la rend particulièrement adaptée aux conditions arides et semi-arides. Son fruit, de taille moyenne et de forme ovoïde, possède une double aptitude, étant utilisé à la fois pour la production d'huile et pour la conserverie (olives de table). Très prisée pour la transformation, elle offre un rendement en huile compris entre 18 et 22 %, avec une huile riche en polyphénols et aux arômes appréciés. Son taux d'enracinement moyen de 51,6 % lui confère une capacité de multiplication satisfaisante, bien qu'elle soit sensible à certains ravageurs et maladies, notamment à la mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae*) et au cycloconium (*Spilocaea oleaginea*), nécessitant ainsi une surveillance phytosanitaire rigoureuse pour assurer une production optimale.

Rougette de Mitidja : est une variété rustique originaire de la plaine de la Mitidja, réputée pour son adaptation aux conditions climatiques méditerranéennes. Son fruit, de taille moyenne et de forme allongée, est principalement destiné à la production d'huile, offrant un rendement compris entre 18 et 20 %, avec une huile de qualité appréciée pour sa richesse en arômes et en composés phénoliques. Grâce à sa résilience face aux variations climatiques, cette

variété s'adapte bien aux sols de la région, bien qu'elle nécessite une gestion culturelle optimisée pour maximiser sa productivité. Son taux d'enracinement moyen des boutures herbacées est évalué à 48,3 %, ce qui permet une multiplication relativement satisfaisante, bien que légèrement inférieure à celle d'autres variétés locales. Sa robustesse et ses qualités oléicoles en font une variété intéressante pour les oléiculteurs cherchant une production stable dans des conditions agro-climatiques variées.

Ferkani : également connue sous le nom de Ferkane, est une variété originaire de Ferkane (Tébessa) et largement diffusée dans la région des Aurès. Elle se distingue par sa précocité et sa vigueur moyenne, tout en affichant une excellente résistance au froid et à la sécheresse, ce qui en fait une variété bien adaptée aux conditions difficiles des zones steppiques et présahariennes, où elle est en pleine expansion. Son fruit, de taille moyenne et de forme allongée, est principalement destiné à la production d'huile, avec un rendement exceptionnel compris entre 28 et 32 %, ce qui en fait l'une des variétés les plus productives. Sa productivité est généralement élevée et peu sujette à l'alternance, garantissant des récoltes régulières. De plus, son taux d'enracinement des boutures herbacées, estimé à 52,3 %, facilite sa multiplication et son implantation dans de nouveaux vergers. Grâce à ses performances oléicoles remarquables et à son adaptation aux milieux arides, la Ferkani représente un atout majeur pour le développement de l'oléiculture dans les régions à climat extrême.

Abani : également appelée Laabani, est une variété rustique et précoce, originaire de la vallée de l'Oued El Arab, dans la région de Chechar (Khenchela). Adaptée aux conditions climatiques semi-arides et arides, elle se distingue par sa résilience face aux stress environnementaux et sa capacité à s'acclimater aux sols de la région. Principalement destinée à la production d'huile, cette variété offre un rendement en huile compris entre 16 et 20 %, avec une huile appréciée pour sa qualité et ses propriétés organoleptiques. Sa productivité est élevée, bien que sujette à l'alternance, ce qui peut influencer le volume des récoltes d'une année à l'autre. Grâce à sa robustesse et à son potentiel oléicole, l'Abani constitue un choix intéressant pour le développement de l'oléiculture dans les zones de l'est algérien, en particulier dans les vallées et les piémonts de l'Aurès.

Tablout : est une variété rustique et précoce, originaire des zones montagneuses du golfe de Béjaïa, où elle s'adapte parfaitement aux conditions climatiques humides et aux sols escarpés. Principalement destinée à la production d'huile, elle offre un rendement en huile variant entre 20 et 24 %, avec une huile de qualité appréciée pour ses arômes et sa richesse en antioxydants. Sa productivité est élevée, bien que sujette à l'alternance, ce qui peut influencer la régularité des récoltes. Grâce à sa résistance aux conditions climatiques de montagne et à son

fort potentiel oléicole, la Tablout représente une variété prometteuse pour les régions côtières et montagneuses du nord de l'Algérie.

Azeradj : également connue sous les noms Aradj ou Adjeraz, est une variété originaire de Kabylie, plus précisément de la région de Sedouk, dans la vallée de l'Oued Soummam (wilaya de Béjaïa). Elle occupe environ 10 % de la superficie oléicole nationale, témoignant de son importance dans l'oléiculture algérienne. Cet arbre rustique se distingue par sa résistance à la sécheresse, ce qui lui permet de s'adapter aux conditions climatiques variées de la région. Son fruit, de poids élevé et de forme allongée, possède une double vocation, étant utilisé aussi bien pour la production d'huile que pour la conserverie (olives de table). Son rendement en huile est compris entre 24 et 28 %, faisant d'elle une variété très productive. Toutefois, sa productivité est moyenne et alternante, ce qui peut influencer la constance des récoltes d'une année à l'autre. Grâce à sa robustesse et à son potentiel oléicole élevé, la Azeradj constitue une variété clé pour le développement de l'oléiculture en Kabylie et dans les régions méditerranéennes aux conditions similaires.

Bouchouk Soumam : également appelée Avouchouk, est une variété originaire de Sidi-Aich, dans la vallée de l'Oued Soummam (Béjaïa), une région réputée pour sa tradition oléicole ancestrale. Cette variété moyennement précoce et rustique s'adapte bien aux conditions climatiques méditerranéennes et aux sols de montagne. Elle présente une double aptitude, étant utilisée aussi bien pour la production d'huile que pour la conserverie (olives de table). Son rendement en huile, oscillant entre 22 et 26 %, permet d'obtenir une huile de qualité, appréciée pour ses caractéristiques organoleptiques riches et équilibrées. Sa productivité est moyenne et peu alternante, garantissant une certaine stabilité des récoltes d'une année à l'autre.

Grâce à son potentiel oléicole et à sa robustesse, la Bouchouk Soumam joue un rôle important dans l'oléiculture de la Kabylie, contribuant au développement de la filière aussi bien pour la transformation artisanale qu'industrielle.

Bouchouk Lafaeite : est une variété rustique et tardive, originaire de la région de Bougaâ, et représente environ 2 % du verger oléicole algérien. Adaptée aux conditions climatiques des zones montagneuses, elle se distingue par sa résilience aux variations climatiques et à la sécheresse. Cette variété à double vocation est prisée aussi bien pour la production d'huile que pour la conserverie (olives de table), offrant un rendement en huile élevé, compris entre 22 et 26 %. Son huile, riche en arômes et en composés phénoliques, est particulièrement appréciée pour sa qualité. Grâce à son adaptation aux terroirs difficiles et à son potentiel oléicole intéressant, la Bouchouk Lafaeite contribue au dynamisme de la filière oléicole en Algérie, notamment dans les régions montagneuses où elle est cultivée.

Blanquette de Guelma : est une variété oléicole originaire de Guelma, largement répandue dans le Nord-Est constantinois, notamment à Skikda et Guelma, où elle s'adapte aux conditions climatiques locales. Dotée d'une vigueur moyenne, elle se distingue par sa résistance au froid et une tolérance modérée à la sécheresse, ce qui lui permet de prospérer aussi bien dans les zones tempérées que dans les régions légèrement arides. Son fruit, de poids moyen et de forme ovoïde, est principalement destiné à la production d'huile, avec un rendement variant entre 18 et 22 %, offrant une huile de qualité aux arômes équilibrés. La multiplication par bouturage herbacé donne de bons résultats, avec un taux d'enracinement estimé à 43,3 %, facilitant ainsi sa propagation et son implantation dans de nouveaux vergers. Grâce à sa polyvalence et à ses performances oléicoles satisfaisantes, la Blanquette de Guelma joue un rôle important dans le développement de l'oléiculture dans le Nord-Est algérien.

Chemlal : également connue sous les noms Achamlal, Achamli ou Achemlal, est la variété de l'olivier la plus cultivée en Algérie, représentant environ 40 % du verger oléicole national. Elle est principalement présente en Kabylie, s'étendant du mont Zekkar à l'ouest jusqu'aux Bibans à l'est. Cette variété rustique et tardive est particulièrement adaptée aux conditions climatiques méditerranéennes et montagnardes. Son fruit, de petite taille (environ 2,5 g) et de forme ovoïde, est destiné exclusivement à la production d'huile, avec un rendement oscillant entre 18 et 22 %. L'huile extraite est d'excellente qualité, prisée pour son goût fruité et ses propriétés nutritionnelles. La variété Chemlal est autostérile, nécessitant ainsi la présence de variétés pollinisatrices, telles que l'Azeradj, pour assurer une bonne fructification. Elle est souvent cultivée en association avec d'autres variétés locales afin d'optimiser la pollinisation et la production. Elle se distingue par une productivité élevée et peu alternante, garantissant un rendement stable d'une année à l'autre. Toutefois, elle présente un taux d'enracinement faible, ce qui complique sa multiplication. La plupart des arbres sont greffés sur des plants d'oléastre, une pratique courante visant à renforcer leur résistance et leur adaptation aux sols algériens.

Bien que cette variété soit vigoureuse, avec un port érigé, elle reste sensible aux maladies, notamment à la tuberculose de l'olivier, causée par la bactérie *Pseudomonas savastanoi* (**Tabti, 2009**). Souvent confondue avec la Chemlali de Tunisie, la Chemlal demeure une référence incontournable en Algérie pour la production d'huile d'olive de haute qualité, ce qui en fait l'une des variétés les plus prisées du pays.

3.3. Pratiques culturales et entretien du verger expérimental

Les pratiques culturales observées dans le verger expérimental d'El-Outaya s'inscrivent dans une approche de gestion intégrée visant à concilier durabilité environnementale, performance agronomique et réduction de la pression exercée par les ravageurs, notamment

Chapitre 3 : Pratiques agricoles dans le verger expérimental de la région d'El-Outaya (Biskra)

Bactrocera oleae. Ce dispositif expérimental constitue un modèle de conduite oléicole raisonnée, combinant des techniques culturales adaptées au contexte aride de Biskra et des méthodes d'observation scientifique rigoureuses.

D'un point de vue édaphique, le sol du verger présente une texture argilo-limoneuse, favorable à la rétention hydrique tout en assurant une bonne aération racinaire.

Les analyses physico-chimiques indiquent un pH de 8,15, révélant une légère alcalinité, et une conductivité électrique (CE) de 2,71 dS/m (soit 1,73 g/l), traduisant une salinité modérée compatible avec la culture de l'olivier.

Concernant le statut hydrique, l'eau d'irrigation utilisée affiche un pH de 7,75 et une CE de 6,07 dS/m), valeurs caractéristiques des conditions semi-salines rencontrées dans les zones sahariennes. Ces paramètres imposent une gestion de l'eau raisonnée, adaptée à la tolérance physiologique des variétés oléicoles. Sur le plan agronomique, la conduite du verger suit des normes culturales strictes : les arbres sont plantés selon un espace régulier de 4 m × 4 m, favorisant une aération optimale et une pénétration homogène de la lumière. La plantation initiale, comprenant 10 variétés d'oliviers locales et 3 étrangères, remonte à mars 2005, tandis que la variété Chemlal a été introduite ultérieurement en 2008. Cette diversité variétale vise à comparer l'adaptation physiologique et la sensibilité relative aux conditions édapho-climatiques locales ainsi qu'à l'infestation par *B. oleae*.

L'étude a été conduite sur trois types de vergers distincts situés à El-Outaya, qui ont été maintenus sans aucun traitement chimique.

Un premier verger homogène, d'une superficie de 1,35 ha, exclusivement planté de la variété Chemlal, a servi à l'évaluation de la dynamique de la mouche de l'olivier dans un contexte variétal uniforme.

Un second verger expérimental, couvrant 1,5 ha, réunit 10 variétés locales et 3 étrangères, permettant d'analyser la variabilité de la sensibilité aux infestations naturelles.

Un troisième verger piloté, de 0,35 ha, composé d'environ 100 arbres de la variété Chemlal âgés de 17 ans, servant de référence écologique pour l'observation des cycles biologiques naturels du ravageur et de ses ennemis naturels.

Ces conditions, typiques du milieu présaharien, imposent une gestion culturale adaptée, alliant fertilisation équilibrée, irrigation maîtrisée et entretien raisonnable du sol, afin d'assurer une productivité durable tout en limitant les risques de stress abiotiques et biotiques.

3.3.1. Travail du sol hivernal

Le labour superficiel hivernal, réalisé en janvier à l'aide d'un cover-crop, constitue une

opération essentielle pour interrompre le cycle biologique de *B. oleae*. Cette pratique expose les pupes hivernantes situées dans les premiers centimètres du sol aux conditions climatiques défavorables et limite leur survie. En retournant le sol, le microclimat des pupes est perturbé, réduisant les refuges disponibles pour les stades immatures. La diminution du nombre de pupes survivantes entraîne une réduction notable de l'émergence des adultes au printemps et limite la pression de ponte sur les fruits nouvellement formés. Les données expérimentales montrent que l'efficacité du labour hivernal est maximale lorsqu'il est réalisé en période froide, avant la reprise de l'activité biologique. Cette pratique agit en synergie avec le désherbage et la gestion de la couverture végétale pour réduire la population de *B. oleae*.

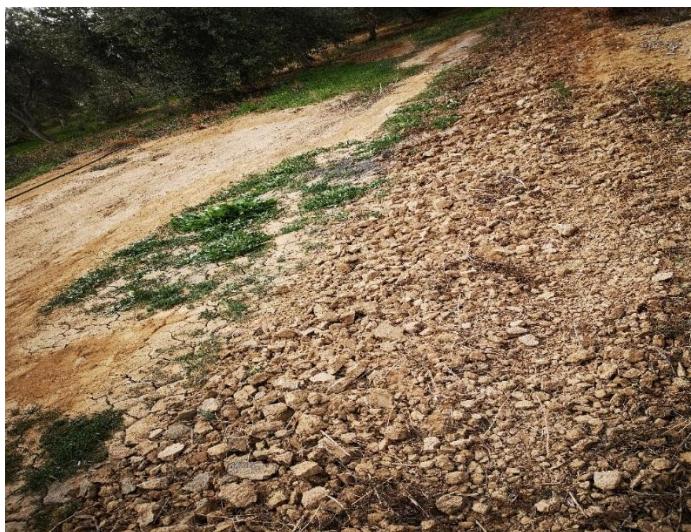


Figure 25 : Labour hivernal du verger pour réduire les pupes de *Bactrocera oleae*.

Cette opération mécanique améliore également l'aération du sol, favorise l'infiltration de l'eau et limite la prolifération des adventices, contribuant ainsi à un équilibre agroécologique favorable à la santé des oliviers.

3.3.2. Irrigation raisonnée

L'irrigation est assurée par un système de goutte-à-goutte contrôlé. La fréquence et le volume d'eau sont ajustés selon les saisons. Des arrosages excessifs, particulièrement en été, créent une humidité propice à la ponte et au développement larvaire, augmentant ainsi le risque d'infestation. À l'inverse, un programme d'irrigation raisonné, limité en fréquence et en volume, réduit l'humidité des fruits et des sols, rendant les oliviers moins attractifs pour les femelles pondeuses. Dans le verger d'El-Outaya, l'irrigation a été planifiée de manière stratégique : tous les dix jours en novembre et janvier, aucune irrigation en décembre, et hebdomadaire de février à avril. Cette gestion de l'eau permet de contrôler indirectement la population de *B. oleae* tout en garantissant la croissance végétative et la production optimale des fruits.



Figure 26: Système de goutte-à-goutte pour une irrigation raisonnée.

Une irrigation modérée préserve la vigueur de l'arbre tout en limitant l'attractivité des fruits pour la mouche. En outre, elle favorise la qualité de l'huile par une meilleure concentration des composés phénoliques.

3.3.3. Fertilisation équilibrée

La fertilisation de l'olivier repose sur un apport équilibré d'éléments nutritifs essentiels, visant à optimiser la croissance et la productivité des arbres. L'urée à 46 % est appliquée avant le débourrement par ferti-irrigation, avec une dose moyenne de 500 g par arbre, favorisant ainsi une bonne reprise végétative. Les besoins en engrains sont répartis entre les apports de fond et la fertilisation minérale. Pour les engrains N.P.K, les quantités varient selon l'âge et la densité des plantations : les anciens oliviers pilotés nécessitent 1,49 qx, tandis que les vergers de 12 variétés à densité de 4 m × 4 m exigent 9,5 qx, alors que les oliviers en production de chmlal atteignent un besoin de 12,27 qx, portant la quantité totale à 23,26 qx. Par ailleurs, l'apport de fumier organique joue un rôle crucial dans l'amélioration de la structure du sol et la rétention des éléments nutritifs. Les besoins en fumier sont plus élevés, avec 24,75 qx pour l'olivier Chmlal pilotés, 158,5 qx pour les plantations de 12 variétés à densité standard et 204,50 qx pour les oliviers Chmlal en pleine production. Au total, 387,75 qx de fumier organique sont nécessaires pour maintenir la fertilité du sol et garantir une production optimale.

La fertilisation, appliquée via ferti-irrigation, combine un apport d'urée à 46 % de 500 g par arbre avant le débourrement et des compléments en N.P.K et fumier organique, adaptés selon l'âge et la densité des arbres. Un excès d'azote stimule la croissance végétative et produit des fruits plus tendres et juteux, attirant davantage les femelles pour la ponte.

À l'inverse, une fertilisation équilibrée renforce la lignification des tissus, améliore la

résistance physiologique des arbres et réduit indirectement la sensibilité à l'infestation.



Figure 27: Fertilisation équilibrée pour limiter l'attractivité des fruits.

Les observations sur le verger montrent que les arbres bénéficiant d'un apport nutritif contrôlé présentent des taux d'infestation inférieurs, démontrant que la nutrition ciblée joue un rôle clé dans la gestion intégrée de *B. oleae*.

3.3.4. Taille de fructification

La taille de fructification, réalisée en hiver, vise à améliorer l'aération et la pénétration de la lumière dans la canopée. Cette pratique réduit l'humidité interne et les zones d'ombre où les femelles pondent et où les larves se développent.

Dans les vergers denses, la taille sévère limite le croisement des branches et optimise la répartition de la lumière, diminuant ainsi la survie des œufs et larves.



Figure 28: Taille hivernale pour l'aération et la réduction de l'humidité dans la canopée.

Une meilleure aération se traduit par une amélioration simultanée du calibre et de la teneur en huile des fruits.

3.3.5. Désherbage manuel

Le désherbage manuel, réalisé deux fois par an, réduit la compétition hydrique et limite les microhabitats favorables aux pupes. Couplé au labour hivernal, le désherbage permet de perturber le cycle biologique du ravageur et de diminuer l'émergence d'adultes.



Figure 29: Désherbage manuel pour limiter les refuges des pupes de *Bactrocera oleae*.

La suppression des herbes et l'entretien régulier du sol contribuent également à maintenir la propreté du verger, réduisant la propagation de maladies secondaires et optimisant les conditions de croissance des arbres.

3.3.6. Aménagement et brise-vent

Le verger d'El-Outaya est protégé par des brise-vent plantés autour de la parcelle, constituant une barrière physique qui modifie les conditions microclimatiques à l'intérieur du verger. Ces haies jouent un rôle crucial dans la régulation du vent, limitant les courants d'air forts qui pourraient disperser les adultes de *B. oleae* et favoriser leur ponte sur les fruits exposés.

En réduisant la vitesse du vent, les brise-vent diminuent également l'évaporation de l'eau, maintenant un niveau d'humidité modéré qui peut influencer le développement des stades larvaires, mais évitant en même temps les microclimats extrêmes qui favoriseraient une explosion de population.

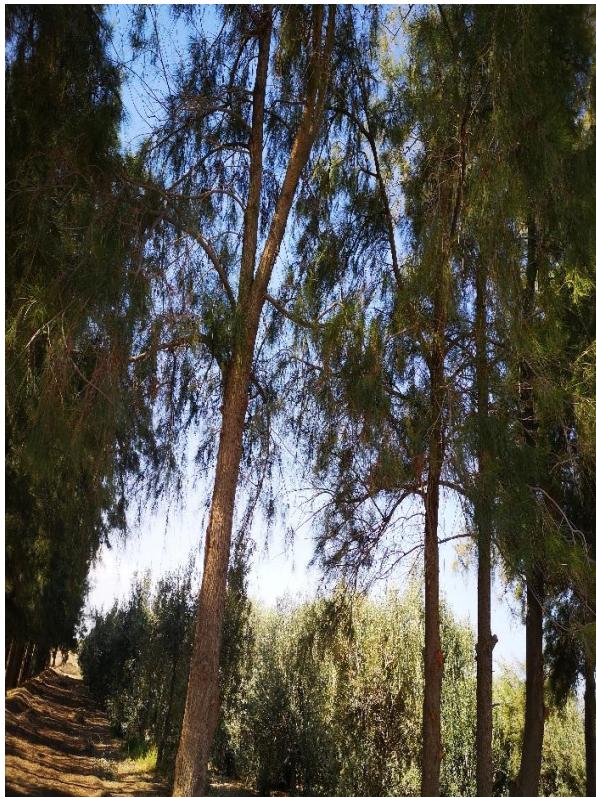


Figure 30: Haie brise-vent entourant le verger pour limiter la dispersion de *Bactrocera oleae*.

Conclusion

Les pratiques culturales appliquées au verger de l'olivier ont démontré un impact déterminant sur la dynamique de *Bactrocera oleae*. Le labour hivernal, la taille d'aération, l'irrigation maîtrisée, la fertilisation équilibrée et le désherbage constituent des leviers essentiels pour réduire les conditions favorables au ravageur.

En modulant le microclimat et les ressources nutritives des arbres, ces pratiques permettent de limiter la ponte et la survie des larves, tout en optimisant la qualité et la productivité des olives. La lutte culturelle intégrée apparaît ainsi comme une approche durable et écologique, parfaitement adaptée aux conditions arides des vergers sahariens, contribuant à la résilience globale du système oléicole.

Cette étude met en lumière les caractéristiques agronomiques du site d'El-Outaya et les pratiques culturales appliquées à la culture de l'olivier.

L'évaluation de la sensibilité à *Bactrocera oleae* apporte des éléments complémentaires pour une meilleure gestion de ce ravageur en conditions locales.

**Chapitre 4 : Efficacité du piégeage et
estimation de l'infestation de
Bactrocera oleae à Biskra**

Introduction

La région de Biskra, située en zone présaharienne à conditions agroclimatiques arides, connaît une expansion progressive de la culture oléicole grâce à l'adaptation de certaines variétés aux conditions locales. Toutefois, les particularités climatiques de cette région, notamment les températures élevées, les faibles précipitations et la variabilité saisonnière, influencent fortement la dynamique de *B. oleae* et la sensibilité des vergers qui y sont implantés.

Dans ce cadre, notre étude porte sur l'évaluation du taux d'infestation des olives par *Bactrocera oleae* dans les vergers de la région d'El Outaya (Biskra), ainsi que sur l'analyse des techniques de lutte mises en œuvre par les oléiculteurs.

L'objectif est de déterminer l'efficacité des pratiques culturales, chimiques et biotechnologiques utilisées et d'identifier les stratégies les mieux adaptées aux conditions locales. Cette démarche s'inscrit dans une perspective de protection durable de la culture oléicole, où la lutte contre *B. oleae* doit concilier efficacité agronomique, impact environnemental réduit et faisabilité économique pour les producteurs. La maîtrise de ce ravageur représente ainsi un enjeu à la fois phytosanitaire, économique et écologique, nécessitant l'adoption de méthodes de lutte raisonnées et fondées sur une connaissance approfondie de la bioécologie de l'insecte et des spécificités agroclimatiques de la région étudiée.

4.1. Matériels et méthodes

L'expérimentation a été menée entre octobre 2021 et janvier 2024 afin d'évaluer l'impact de la mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae*) sur les oliveraies irriguées. Elle s'est déroulée sur trois sites non traités distincts :

Premier verger de chemlal production : une oliveraie de 1,35 hectare planté exclusivement de la variété Chemlal, exploitée pour la production et l'évaluation du rendement.

Deuxième verger de 12 variétés: une oliveraie de 1,5 hectare, composé de 12 variétés.

Troisième verger de Chemlal piloté : une oliveraie de 0,35 hectare, comptant environ 100 arbres de la variété Chemlal, âgés en moyenne de 17 ans. Aucun traitement phytosanitaire n'a été appliqué dans cette parcelle durant toute la période d'étude.

4.1.1. Verger expérimental de variété chemlal

Le verger étudié, composé exclusivement de la variété Chemlal, est relativement jeune : l'âge des arbres est de 17 ans. Il a été planté en mars 2008 avec un espacement de 4 mètres entre les arbres et couvre une superficie totale de 1,35 hectares. L'exploitation est aménagée de manière régulière selon un dispositif de 28 lignes sur 29 arbres, représentant un total de 812

oliviers. Le verger est entretenu par une taille et une irrigation régulières, ainsi que par un labour périodique. Aucun traitement phytosanitaire n'a été appliqué durant toute la période de l'étude.

4.1.1.1. Dynamique des populations de *Bactrocera oleae* échantillonnées dans le verger de Chemlal

Méthodes de contrôle

Connaître la date d'apparition de la mouche dans le verger permet de positionner plus précisément les traitements, quelle que soit la stratégie de lutte choisie (**Gacem et al., 2024**).

P1 : piégeage de masse à l'aide de pièges jaunes collants et d'une capsule de phéromones : consiste en une plaque jaune collante et une capsule de phéromone spécifique à la mouche de l'olivier. La capsule attire les mâles, tandis que la couleur jaune attire les femelles et les mâles. Ces pièges doivent être placés dans les arbres les plus attractifs : ceux avec de grosses olives à l'abri de brise-vent, ou dans une zone humide du verger (**Kherroubi, 2016**).



Figure 31. Piège jaune englué avec une capsule de phéromones.

P2 : McPhail avec une capsule de phéromones : Ils sont appâtés avec une phéromone, ce qui consiste à placer une capsule sur le piège, qui diffuse l'odeur de la mouche femelle ou de la phéromone dans l'atmosphère. Les mouches mâles sont attirées par cette émanation et se collent au fond du piège dans de l'eau savonneuse. Cette capsule a un temps de diffusion de quatre semaines et est plus spécifique que les pièges alimentaires pour capturer les mouches de l'olive; elle est efficace, bien que son attractivité soit beaucoup plus grande en automne-hiver qu'au printemps-été.

P3 : Pièges jaunes collants : Ce type de piège est constitué d'une plaque (25 x 10 cm) de plastique souple jaune enduite de colle. Ces pièges sont renouvelés chaque semaine. Ils étaient enveloppés de cellophane, et sur chaque partie, nous avons mentionné la date, le lieu de

collecte et la culture pour la détermination des insectes piégés.



Figure 32. Piège jaune englué.

P4 : Pièges alimentaires (Olipe) : *B. oleae* est piégée par attraction olfactive avec des bouteilles en plastique remplies d'une solution de sucre et de phosphate diammonique dans de l'eau savonneuse (engrais dosé à 30 à 40 g/l d'eau).

Ces solutions doivent être renouvelées régulièrement (tous les 7 jours si l'évaporation est importante) et les deux sexes sont attirés par le piège.

4.1.1.2. Protocole de comparaison

Principe

Cet essai vise à comparer les résultats des différents types de pièges et à déterminer lequel est le plus efficace, améliorant ainsi les courbes de vol de la mouche de l'olivier obtenues jusqu'à présent dans la région de Biskra.

Dans cette comparaison, quatre types de pièges ont été étudiés (P1, P2, P3 et P4). Le premier type, le P1 (piégeage de masse utilisant une combinaison de pièges jaunes englués et de capsules de phéromones) est le piège utilisé jusqu'à présent dans la région, le P2 (piège McPhail avec phéromone). Nous avons ensuite pris le piège P3 (piège jaune collant) et l'avons installé de différentes manières pour essayer d'améliorer les performances du piège et de piéger plus de mouches des fruits de l'olive. Pour le piège P4, des bouteilles en plastique jaune ont été mélangées avec du sucre et du phosphate diammonique dans de l'eau savonneuse. Le piège

jaune collant a été placé sur les deux côtés du piège pour voir si, en augmentant la surface collante, plus de mouches des fruits de l'olive étaient capturées.

En effet, nous avons supposé que le faible nombre de captures obtenues jusqu'à présent avec les pièges P3 et P4. Ces pièges ne sont pas adaptés au vol des mouches de l'olivier, qui ont tendance à voler autour des fruits de l'olive.

Gestion

Nous avons divisé l'oliveraie en quatre blocs homogènes et contigus de 7 lignes x 29 oliviers. Dans chaque bloc, nous avons accroché cinq pièges des quatre types utilisés, afin d'obtenir des résultats comparables et d'éviter les variations liées à la localisation des pièges, nous avons mis en place des rotations.

Nous avons effectué ces rotations une fois par semaine. Ainsi, chaque semaine, nous avons remplacé le piège A par le piège B, qui a remplacé le piège C... et ainsi de suite, en alternant les dix pièges de chaque bloc.

Dans ces conditions, chaque piège a rencontré les mêmes conditions géo-climatiques. Cela nous a permis d'obtenir des résultats comparatifs en conditions réelles, c'est-à-dire sur le terrain, avec un minimum de biais. Toutes les capsules de phéromones ont été remplacées toutes les deux semaines. Nous avons contrôlé tous les pièges P1, P2, P3 et P4 une fois par semaine. Nous avons changé les plaques de colle plus régulièrement si trop d'insectes s'y collaient.

Lorsque nous attrapions une mouche de l'olivier, nous la comptons, nous vérifions son sexe et nous retirons *Bactrocera oleae* du piège afin qu'elle ne soit pas comptée à nouveau.

4.1.1.3. Schéma expérimental

Les pièges sont placés dans une zone de 1,35 ha afin de minimiser le biais induit par les conditions climatiques. En plaçant tous les pièges dans le même verger de la variété Chemlal, le risque de microclimat est réduit et nos résultats restent comparables.

Les quatre blocs doivent avoir une distance minimale de 20 mètres entre chaque piège. Cette distance est nécessaire pour éviter les interférences entre les pièges.

4.1.2. Verger expérimental de 12 variétés

4.1.2.1. Dynamique des populations de *Bactrocera oleae* échantillonées dans le verger de 12 variétés

Dispositif expérimental

Les travaux ont été réalisés dans une oliveraie irriguée d'une superficie d'environ 1,5 ha, composée d'arbres âgés de plus de 17 ans. Les oliviers sont plantés avec un espacement de 4 m x 4 m, totalisant 647 arbres sur l'ensemble du verger. Celui-ci a été subdivisé en deux parcelles homogènes d'environ 0,75 ha chacune.

Les deux parcelles ont ensuite été réparties en sept blocs expérimentaux. Six blocs ont été consacrés à l'évaluation de l'efficacité de six modèles de pièges, basés sur différents types d'attractivité (alimentaire, visuelle et sexuelle), employés seuls ou en combinaison. Le septième bloc a été destiné à l'étude de la sensibilité variétale.

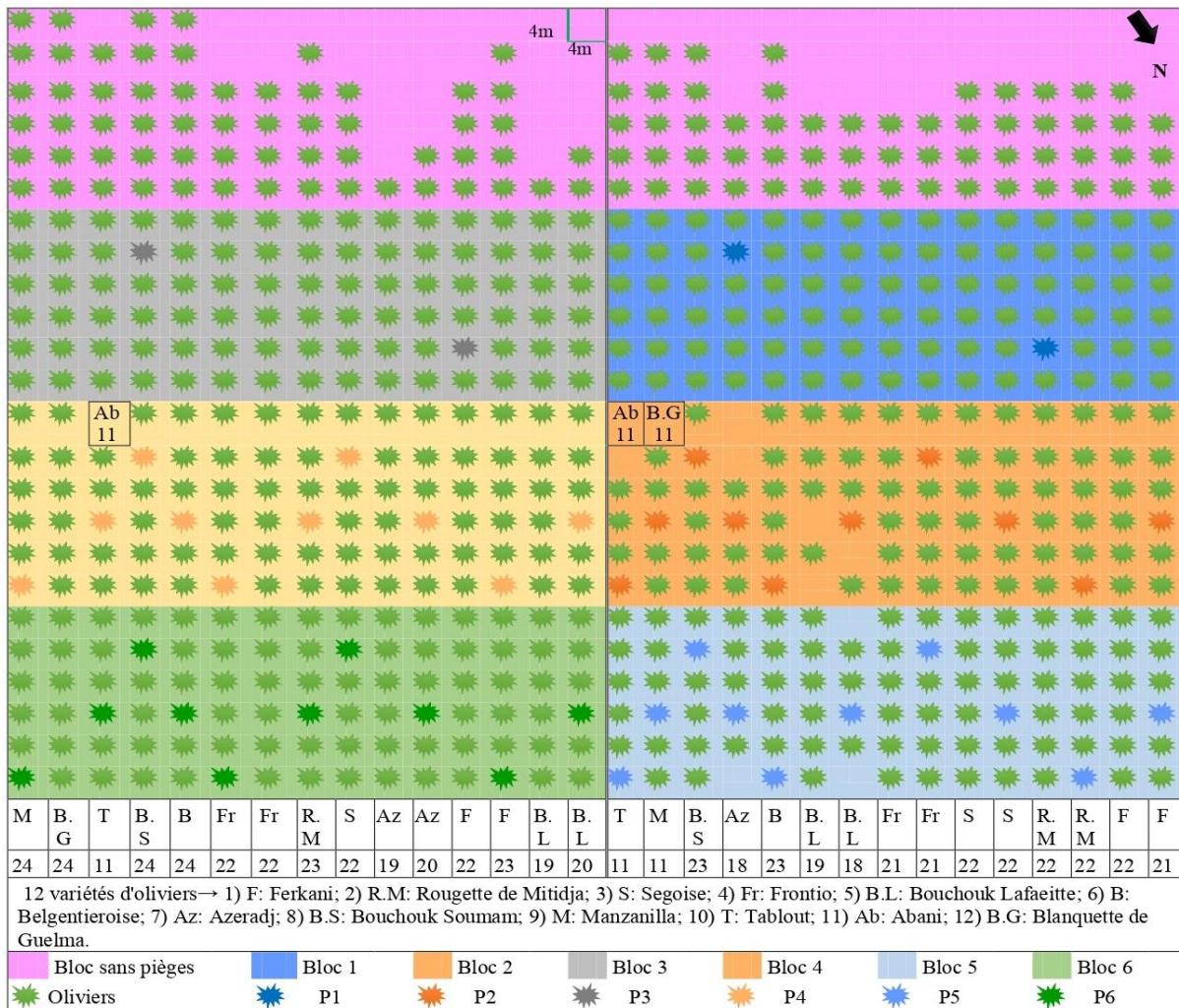


Figure 33. Dispositif expérimental de distribution des pièges dans l'oliveraie de 12 variétés.

Le suivi des captures a été effectué à un rythme hebdomadaire, soit quatre sorties par mois. À chaque visite, les insectes capturés ont été collectés, transportés au laboratoire.

4.1.2.2. Matériels expérimentaux

Enregistreur de température et d'humidité : il s'agit d'une capture électronique conçue pour mesurer et enregistrer la température et l'humidité ambiantes sur une période prolongée.

Nous avons installé cet appareil dans le verger de l'olivier où il est nécessaire de surveiller ces paramètres climatiques pour suivre l'impact des variations de température et d'humidité sur la dynamique de la population de *Bactrocera oleae*.



Figure 34. Enregistreur de température et d'humidité.

P1 : Mcphail avec une capsule de phéromone et piège jaune collant : deux capsules de phéromone suspendues dans deux pièges collants jaunes.



Figure 35. Piège jaune englué et McPhail avec une capsule de phéromone.

P2 : Piège McPhail : Les pièges à phéromones peuvent être utilisés pour déterminer le nombre d'individus capturés. Deux pièges de MacPhail contenant des phéromones sexuelles ont été placés sur le côté sud de la canopée, à la hauteur de la tête de l'agriculteur, afin de surveiller le vol de *Bactrocera oleae*. La phéromone contenue dans le piège McPhail doit être remplacée conformément aux instructions du fabricant.



Figure 36. Piège McPhail avec une capsule de phéromone.

P3 : Pièges jaunes collants : Ce type de piège consiste en une feuille (25 x 10 cm) de plastique jaune flexible enduite de colle. Dans notre étude, nous avons accroché les dix pièges jaunes sur 10 arbres du verger de l'olivier. Les pièges ont été placés à une hauteur de 1,5 mètre au-dessus du sol, dans la partie sud de la canopée. Les observations ont été effectuées chaque semaine. À chaque sortie, nous avons collecté les échantillons et renouvelé les pièges.

Ils étaient emballés dans de la cellophane, et sur chaque partie, nous mentionnions la date et le lieu de collecte.

P4 : Piège alimentaire (Olipe) : 10 pièges ont été installés dans le bloc B4 pour capturer la mouche en masse. Ces pièges étaient constitués d'une bouteille en plastique transparent de 1 litre (pour les boissons gazeuses et l'eau) qui peut être recyclée ou achetée neuve, dans laquelle 6 à 8 trous de 5 mm de diamètre ont été percés dans le tiers supérieur. Pour évaluer l'efficacité de la méthode. Les pièges Olipe ont été appâtés avec 1 L de solution de phosphate diammonique à 5 % (50 g L). Tous les pièges ont été placés dans la partie sud de la canopée, à environ 1,5 mètre au-dessus de la surface du sol. La solution de phosphate diammonique a été réapprovisionnée chaque fois que nécessaire de manière à ce qu'environ 0,5 litre de solution attrayante soit maintenu en permanence. Les insectes présents dans les pièges marqués ont été comptés chaque semaine. Les bouteilles Olipe sont particulièrement intéressantes pour la capture de masse, en raison de leur simplicité, de leur faible coût et du fait qu'elles peuvent fournir des résultats comparables à d'autres modèles plus coûteux.



Figure 37. Piège alimentaire (Olipe).

P5 : Piège jaune à eau savonneuse : Les pièges jaunes que nous avons utilisés étaient des bouteilles en plastique placées sur les oliviers. Ces pièges sont jaunes et contiennent de l'eau remplie de savon, ce qui empêche les insectes qui y pénètrent de s'échapper. Les quatre pièges jaunes utilisés dans notre étude avaient une profondeur de 15 cm et un diamètre de 10 cm.



Figure 38. Piège jaune à eau savonneuse.

P6 : Pièges Tephri avec attractif alimentaire : dans le bloc B6, 10 pièges Tephri appâtés avec une solution de 10 g de levure de boulanger *Saccharomyces cerevisiae* et 10 g de sucre

mélangés dans 1 litre d'eau ont été mis en place pour surveiller la population de mouches adultes. Les pièges à mouches ont été suspendus dans la partie sud de la canopée, à 1,5 mètre du sol. Les captures de mouches ont été comptées chaque semaine et la solution de levure de boulangerie et de sucre a été renouvelée.



Figure 39. Piège Tephri avec attractif alimentaire.

4.1.2.3. Analyse des données collectées

ANOVA

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Excel 2019. Elles ont pour but de définir d'éventuelles différences significatives entre le piégeage par différents types de pièges.

Les captures cumulées ont été calculées par type de piège afin de comparer les différents types de pièges entre eux. Les comparaisons ont été effectuées à l'aide d'ANOVA ou de tests t de Student (pour les comparaisons de pièges).

4.1.2.4. Observation et fréquence d'échantillonnage dans le bloc sans piège

L'expérimentation a été réalisée dans un bloc témoin dépourvu de tout type de piégeage, afin d'évaluer le taux d'infestation naturelle des fruits d'olivier par *Bactrocera oleae* sans influence des dispositifs attractifs.

Douze variétés d'olivier (*Olea europaea* L.) ont été observées, regroupant des variétés locales et étrangères, à double usage (huile et table) ou exclusivement oléicoles : Sigoise,

Chapitre 4 : Efficacité du piégeage et estimation de l'infestation de *Bactrocera oleae* à Biskra

Manzanilla, Belgérienne, Rougette de Mitidja, Ferkani, Abani, Tablout, Azeradj, Bouchouk Soumam, Bouchouk Lafaeite, Chemlal, Blanquette de Guelma et Frontio.

Ce dispositif a permis de comparer la sensibilité variétale dans des conditions naturelles.

Les observations ont été effectuées entre la première apparition des adultes de la mouche de l'olivier dans les pièges installés dans les six blocs et la récolte des olives, soit entre octobre et fin janvier.

Des échantillons hebdomadaires ont été prélevés durant toute la période de suivi, couvrant ainsi l'ensemble du cycle de développement du ravageur (ponte, stades larvaires et émergence).

Prélèvement des échantillons

Pour chaque variété, cent (100) fruits ont été collectés sur quatre arbres distincts, à raison de vingt-cinq (25) olives par arbre, en veillant à représenter les quatre orientations (Nord, Sud, Est et Ouest). Une exception a été faite pour la variété Tablout, prélevée sur le bloc 5, en raison de son absence dans le bloc sans piège.

Ainsi, un total de 1 200 olives par session d'échantillonnage a été analysé.

Les fruits ont été déposés dans des sachets plastiques, puis transportés au laboratoire.

Observation et évaluation de l'infestation

Au laboratoire, chaque fruit a été examiné à l'aide d'une loupe binoculaire pour détecter les signes d'attaque par *B. oleae*.

Les critères d'observation comprenaient :

Les piqûres fraîches, correspondant aux stades œuf, L1 ou L2, identifiables à une incision brun clair superficielle, les piqûres anciennes, associées aux stades L3, pupes ou trous d'émergence, reconnaissables à une coloration brun foncé et à un noircissement tissulaire dû à la galerie larvaire, la présence de larves vivantes ou mortes dans le fruit.

Les fruits tombés au sol ont également été analysés, car ils constituent un indicateur essentiel de la dynamique d'infestation et du taux de chute induit par le ravageur.

Une observation à l'aide de la loupe a permis de confirmer la présence de larves actives à l'intérieur des fruits.

Il convient de noter que les anciennes piqûres ne sont pas comptabilisées dans le calcul du taux d'infestation, car elles peuvent résulter de dégradations fongiques et non d'une attaque récente de la mouche.



Figure 40. Échantillons de 12 variétés récoltés sur l'arbre et au sol.

Cette figure illustre la diversité morphologique des fruits analysés ainsi que les deux modes de prélèvement (sur l'arbre et au sol), représentant fidèlement l'état sanitaire des vergers au moment de la récolte

4.1.3. 3^{ème} Verger de variété Chemlal piloté

4.1.3.1. Récolte des olives

Nous avons effectué cinq sorties par mois, d'octobre à fin janvier, pendant trois saisons consécutives, d'octobre 2021 à janvier 2024.

Lors de chaque sortie, nous avons sélectionné au hasard un arbre pour la récolte des olives. Nous avons cueilli 100 olives pour l'ensemble du verger, à raison de 25 olives par direction cardinale (sur l'arbre ou au sol).

Les olives collectées sont ramenées au laboratoire dans des sacs en papier et examinées pour compter les piqûres d'entrée et les trous de sortie des larves de la mouche de l'olivier.



Figure 41. Récolte des olives sur l'arbre et au sol.

4.1.3.2. Dissection des olives

Nous avons prélevé un lot de 2000 olives à disséquer, à raison de 100 olives par sortie. Nous les avons ensuite transportées au laboratoire, où nous avons disséqué chaque olive pour trouver des larves à différents stades de développement et même des pupes.

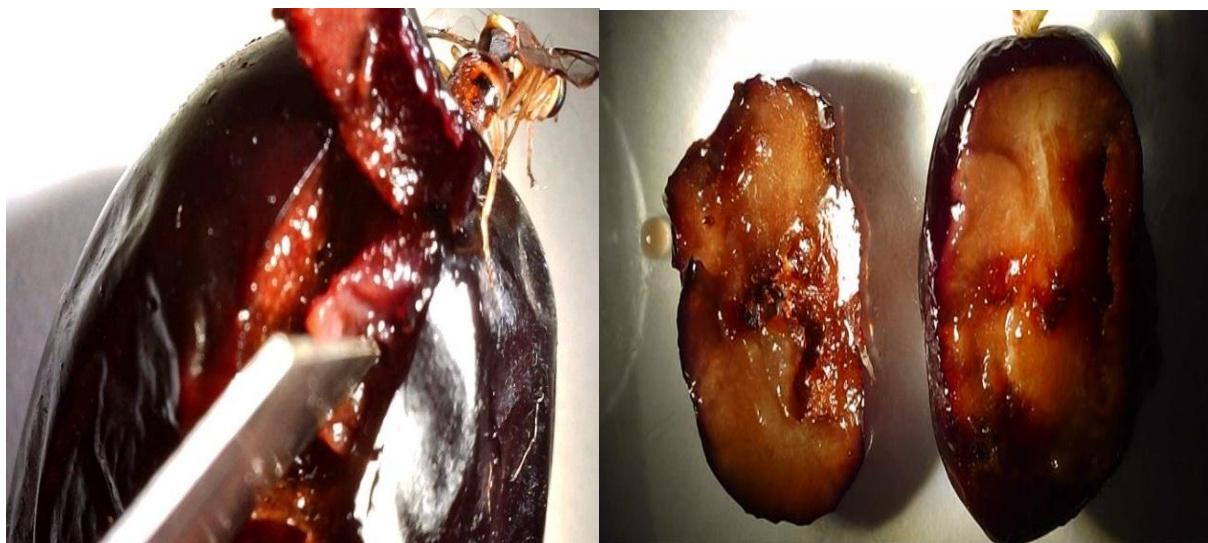


Figure 42. Dissection d'une olive et galerie causée par les larves.

4.1.3.3. Évaluation des dégâts : comptage des trous de sortie

Lorsque l'on parle d'olives attaquées, il s'agit généralement d'olives avec un trou de sortie pour les mouches. Ce trou de 2 mm de diamètre est facile à repérer. Si le péricarpe translucide est présent, la mouche est encore présente dans le fruit sous forme de pupe. Si le trou est largement ouvert, la mouche a quitté le fruit et vole autour du verger ou se nymphose au sol.



Figure 43. Larves émergeant des trous de sortie et quelques pupes collectées.

Piqûres de ponte

Les adultes pondent leurs œufs dans l'olive par une petite incision de l'épiderme, visible à l'œil nu, qui devient ocre après quelques jours et laisse une marque caractéristique. Lorsque la larve se nourrit de la pulpe de l'olive, elle creuse des galeries. Au dernier stade, juste avant la nymphose, la larve creuse un trou de sortie dans l'olive, d'où elle émerge en tant qu'adulte. Ainsi, au fur et à mesure que l'automne avance, à la dernière génération, les larves sortent de l'olive pour se nymphoser dans le sol, où elles passent l'hiver. Les piqûres de ponte se caractérisent par une tache brune d'un demi-millimètre de diamètre, en forme de triangle ou d'ovale.



Figure 44. Mouche de l'olivier femelle sur l'olive, larves et nymphes sur son côté droit.

La mouche peut réaliser une piqûre de ponte sans déposer d'œufs, ni éclosion, ni développement larvaire. Ce phénomène est particulièrement visible en période de chaleur, soit parce que la femelle fait un trou pour s'hydrater, soit parce que l'œuf avorte.

C'est pourquoi l'observateur doit prélever quelques olives, soulever l'épiderme sous la piqûre à l'aide d'un couteau et vérifier à la loupe la présence d'un œuf ou d'une galerie creusée par l'asticot. L'asticot est très petit lorsqu'il sort de l'œuf (**Achouche, 2021**).

4.1.3.4. Calcul du taux d'infestation

Le taux d'infestation total a été calculé comme le pourcentage d'olives infestées (présentant une piqûre de ponte, une larve ou un trou de sortie) par rapport au nombre total d'olives observées, selon la formule suivante :

Selon **Ouédraogo (2011)**, le taux d'attaque (Ta) est déterminé par la formule suivante :
Taux d'infestation (%) = (Nombre de fruits attaqués x 100) / Nombre de fruits échantillonnes.

A noter que ce taux peut être calculé différemment par certains auteurs, notamment **Helvaci et al. (2018)** comme un ratio entre le nombre de fruits attaqués et le nombre de fruits sains.

4.2. Résultats

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA), pour la variable taux d'infestation des olives et la direction cardinale de l'arbre. Le taux d'infestation a été comparé pour trois saisons consécutives de récolte des olives.

Soit $p > 0,05$: la différence n'est pas significative, et on ne peut pas conclure qu'il y a une différence.

Soit $p \leq 0,05$: la différence est significative, le risque pris est précisé, et sa valeur est appelée niveau de signification (**Greenland et al., 2016**).

4.2.1. Impact de la surveillance par les différents pièges installés dans le premier verger de la variété Chemlal

Pour déterminer si les différents pièges ont eu un impact sur la dynamique de la mouche de l'olivier, le nombre de *Bactrocera oleae* capturés au cours de l'essai a été représenté dans les courbes suivantes.

Les courbes de vol obtenues ont été comparées à nos courbes pour la région de Biskra.

Ces quatre pièges ont permis de définir la dynamique de vol de la mouche de l'olivier. Des informations ont donc également été obtenues sur leur mode de fonctionnement.

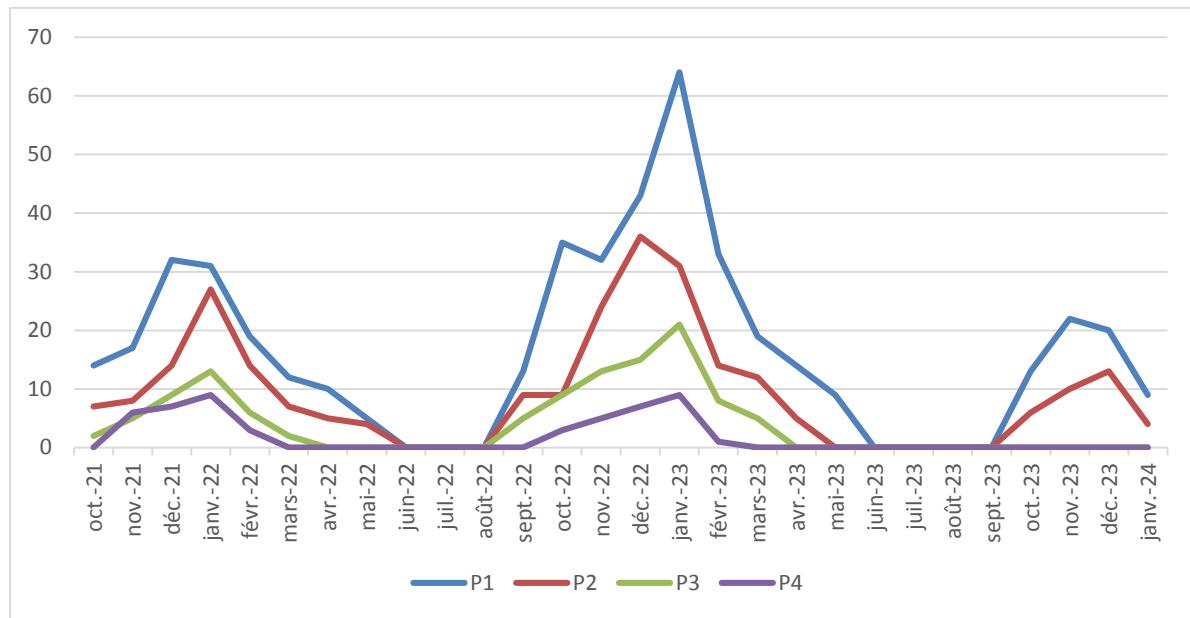


Figure 45. Dynamique de la population de *Bactrocera oleae* a été échantillonnée à l'aide de quatre pièges dans le verger de Chemlal.

La figure précédente montre toutes les prises de mouches de l'olive par type de piège. La prise moyenne a été réalisée dans le piège P2, suivie de la prise la plus faible dans le piège P3, et enfin dans le piège P4. Il semblerait que le piège P1 capture beaucoup plus de mouches de l'olive que les autres types de pièges.

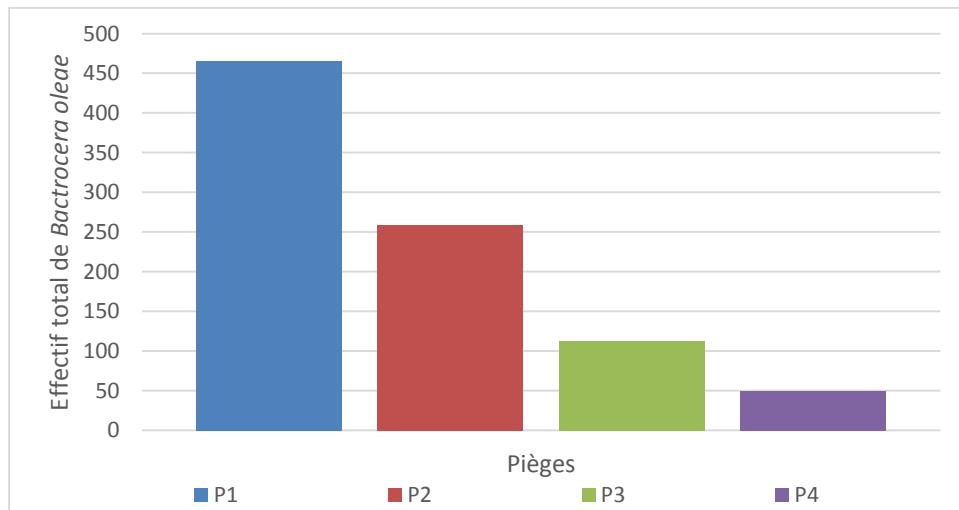


Figure 46. Nombre total de mouches de l'olive capturées par les pièges dans le verger de Chemlal.

4.2.1.1. Comparaison globale par ANOVA à un facteur (Verger de la variété Chemlal)

Le but de l'ANOVA est d'évaluer si les différences observées entre les moyennes des échantillons sont statistiquement significatives.

La méthode ANOVA nous permettra d'examiner l'influence de quatre pièges sur la dynamique de *Bactrocera oleae*.

Dans le cas des données analysées, nous constatons qu'avec une faible valeur p du test F de l'ANOVA ($p < 0,05$), nous rejetons l'hypothèse nulle selon laquelle toutes les moyennes sont égales et nous concluons qu'au moins une moyenne diffère des autres. Par conséquent, le contenu dynamique de la mouche de l'olivier n'est pas égal dans tous les pièges.

Tableau 1. Analyse de variance à un facteur comparant les prises des pièges dans le verger de variété chemlal de production.

Groupes	Nombre				Variance
	d'échantillon	Somme	Moyenne		
P 1	7	466	66.57143	3349.286	
P 2	7	259	37	1097.333	
P 3	7	113	16.14286	439.8095	
P 4	7	50	7.142857	118.8095	

ANOVA

Source	de Variation	Somme	Degré	Moyenne	Valeur critique pour F
		des Carrés	de liberté	des Carrés	
				F	Probabilité
Entre Groupes		14624.29	3	4874.762	3.895728
A l'intérieur des groupes		30031.43	24	1251.31	0.021198
Total		44655.71	27		3.008787

Dans ce cas, les analyses statistiques ont été effectuées sur un total cumulé de captures de mouches de l'olive. Des analyses de variance à un facteur ont donc été réalisées (Tableau 1) et l'ANOVA à un facteur a montré une différence significative entre les taux de piégeage des différents pièges ($p < 0,05$). L'ANOVA apparaît que le piège P1 capture significativement plus de mouches des fruits de l'olive que les autres pièges. Mis à part le piège P2, qui possède la plaque jaune collante, il semble également capturer plus de *Bactrocera oleae* que les pièges P3 et P4. Les différentes stratégies de piégeage sont liées aux résultats de la zone d'étude, où se trouvent nos quatre blocs expérimentaux. Le nombre de mouches de l'olive capturées dans notre verger de l'olivier correspond à la fluctuation du nombre de mouches de l'olive capturées dans tous les pièges du verger. Pour simplifier les observations que nous avons enregistrées au cours des 28 mois de l'étude, nous l'avons divisée en trimestres de quatre mois, dont trois saisons de fructification des olives, au cours desquels nous avons enregistré une augmentation de la

dynamique des mouches de l'olive, qui a culminé pendant la période de récolte des olives de chaque année et a progressivement diminué après la fin de la récolte en raison de l'absence de fruits d'olive, qui sont la source de nourriture des larves de la mouche de l'olivier, et cette diminution du nombre est due à l'efficacité des pièges utilisés pour les contrôler et à des conditions climatiques défavorables.

4.2.2. Impact de la surveillance par les différents pièges installés dans le deuxième verger de 12 variétés de l'olivier

En utilisant six types de pièges pour suivre la mouche de l'olivier *B. oleae*. Des associations visuelles, trophiques et sexuelles individuelles et combinées ont été modélisées.

Les résultats peuvent être mieux visualisés et comparés à l'aide d'une analyse graphique. Le nombre de mouches de l'olive dans les pièges a fluctué à des rythmes différents tout au long de l'expérience. Au cours de la première et de la troisième saison de fructification des olives, en 2021 et 2023, le nombre de mouches d'olive dans les pièges était irrégulier et faible à partir du début du mois d'octobre, avec des pics de capture peu élevés. Par rapport à la deuxième saison en 2022, le nombre de mouches de l'olive était faible en octobre et a augmenté en intensité au début du mois de décembre, avec des pics élevés dans tous les pièges. La combinaison du piège jaune collant et de la capsule de phéromone sexuelle a été confirmée comme étant l'attractif le plus puissant pour la mouche de l'olivier. Les pièges à phéromones de McPhail capturaient principalement des mâles, bien que, pendant les mois d'hiver, un grand nombre de femelles aient également été observées.

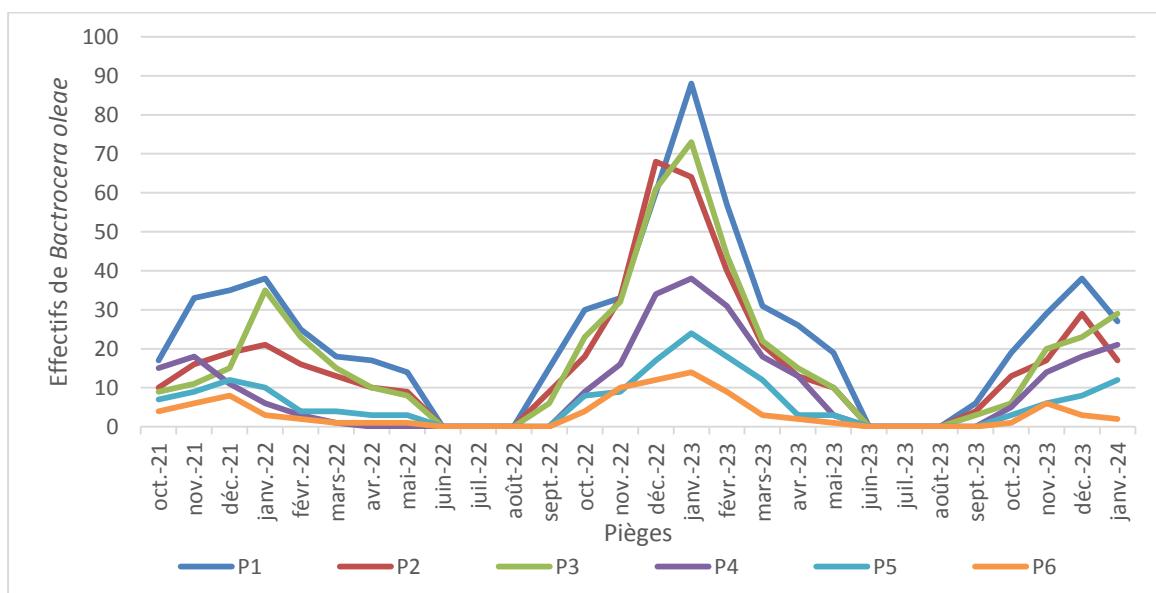


Figure 47. Dynamique de la population de la mouche de l'olivier capturée à l'aide de six pièges dans un verger composé de 12 variétés de l'olivier.

Chapitre 4 : Efficacité du piégeage et estimation de l'infestation de *Bactrocera oleae* à Biskra

La figure 47 montre que la densité de population des adultes de la mouche de l'olivier était beaucoup plus élevée au cours de la deuxième année de l'essai qu'au cours de l'année précédente et de l'année suivante.

L'analyse du nombre total de mouches capturées par chaque piège tout au long du suivi de la dynamique de la population de *Bactrocera oleae* montre que les pièges marqués des lettres P4, P5 et P6 ont capturé le moins de mouches, par rapport aux pièges P1, P2 et P3.

Le piège P6 a un faible taux de capture, ce qui est dû à sa faiblesse.

Les pièges P1, P2 et P3 ont enregistré les taux de capture les plus élevés par saison de fructification des mouches. Bien que les densités de mouches aient été plus faibles en 2021 et 2023, les pièges ont enregistré de faibles captures, mais en 2022, le taux de capture enregistré par les pièges était légèrement plus élevé qu'en 2021 et 2023. Les conditions météorologiques ont été défavorables au développement de la mouche en été, trop chaudes, et la mouche a brillé par son absence de juin à septembre. Le nombre de mouches capturées par piège était également plus élevé qu'en période de fructification et de nouaison.

La courbe de vol est plus élevée pendant la saison de fructification, mais cette différence entre les autres saisons est encore plus évidente, les courbes de vol ont chuté brusquement, coïncidant avec la récolte des olives, de sorte que les courbes de vol enregistrées dans l'oliveraie avec les pièges sont plus basses, confirmant la plus faible densité de population de la mouche de l'olivier.

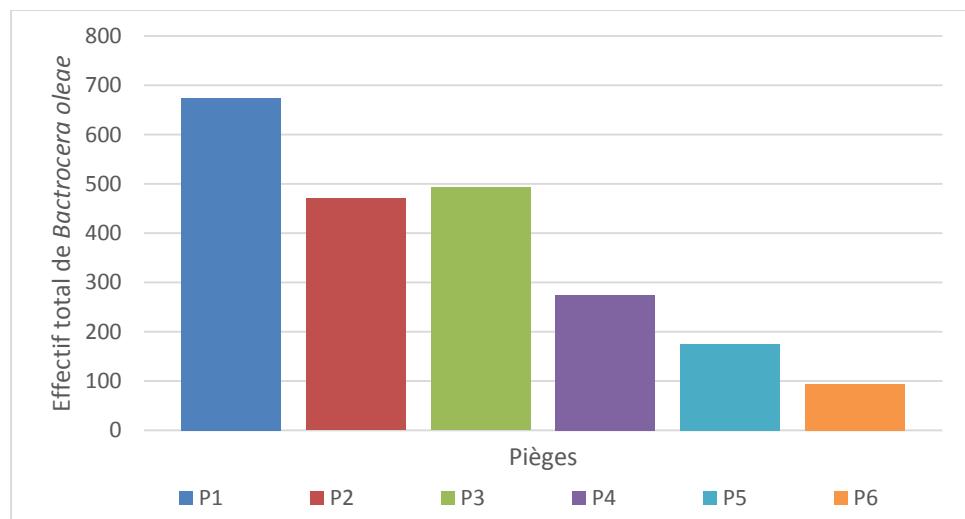


Figure 48. Nombre total de mouches de l'olive capturées par les pièges dans le verger de 12 variétés de l'olivier.

La figure 48 montre le nombre total de mouches de l'olive capturées dans les 6 types de pièges dans le verger de l'oliveraie soumis à la capture de masse au cours des trois années.

Les pièges P1 qui ont capturé le plus de mouches, le taux de capture plus élevé dans les

pièges P2 et P3 suggère une plus grande attirance pour la phéromone et la couleur jaune, contrairement aux pièges P4, P5 et P6 qui ont enregistré de faibles taux de capture.

4.2.2.1. Comparaison globale par ANOVA à un facteur (Verger de 12 variétés)

Notre étude a évalué la performance de six types de pièges par rapport à des échantillons de contrôle en utilisant une analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur.

Tableau 2. Analyse de variance à un facteur comparant les prises des pièges dans le verger de 12 variétés.

Groupes	Nombre d'échantillon	Somme	Moyenne	Variance
P 1	7	675	96,42857	5125,952
P 2	7	470	67,14286	3586,81
P 3	7	493	70,42857	3907,619
P 4	7	274	39,14286	1464,81
P 5	7	175	25	461
P 6	7	93	13,28571	199,9048

ANOVA

Source de Variation	Somme des Carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	34551,05	5	6910,21	2,811677	0,030398	2,477169
A l'intérieur des groupes	88476,57	36	2457,683			
Total	123027,6	41				

Les résultats ont montré des différences significatives dans les taux de capture moyens entre les groupes ($F = 2,81$, $P = 0,03$). Le piège 1 (P1) a démontré l'efficacité de capture la plus élevée, tandis que le piège 6 (P6) a eu le rendement le plus faible. Les résultats soulignent le potentiel des pièges très performants comme P1 et P3 pour les stratégies de lutte intégrée contre les ravageurs. Cette étude a démontré des différences significatives dans l'efficacité des différents types de pièges pour la capture de la mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae*), comme le montrent les résultats de l'ANOVA ($F = 2,81$, $P = 0,03$). Parmi les six pièges testés, le piège 1 (P1) s'est révélé le plus efficace, avec un taux de capture moyen de 15,64 mouches, tandis que le piège 6 (P6) a été le moins efficace. Ces résultats suggèrent que le choix du piège influence de manière significative les résultats de la lutte contre la mouche de l'olivier.

Pour les applications pratiques, les pièges très performants tels que P1 et P3 devraient être prioritaires pour une mise en œuvre plus large dans les programmes de lutte intégrée contre les ravageurs (IPM). Cependant, d'autres considérations, notamment la rentabilité, l'impact environnemental et la durabilité des pièges, sont cruciales pour prendre des décisions éclairées.

4.2.2.2. Taux d'infestation des douze variétés d'olivier dans le bloc sans pièges

L'évaluation du taux d'infestation des fruits par *Bactrocera oleae* dans le bloc sans pièges a permis d'apprécier la sensibilité différentielle des variétés d'olivier face aux attaques naturelles de la mouche.

Analyse de la précocité variétale

Les résultats obtenus révèlent une forte variabilité intervariétale dans la précocité des attaques. Les variétés Sigoise, Manzanilla, Belgérienne, Ferkani, Abani et Tablout se distinguent par une entrée en infestation particulièrement précoce, atteignant rapidement le seuil critique de 5 % de fruits piqués dès les premières semaines d'observation.

Cette précocité traduit une grande attractivité des fruits pour les femelles pondeuses, probablement liée à leur calibre élevé, leur teneur en eau et leur maturité physiologique avancée. Ces variétés exigent donc une surveillance plus anticipée et la mise en œuvre précoce de mesures préventives, notamment via le piégeage sexuel ou les traitements d'appât.

À l'inverse, les variétés Bouchouk Soumam, Bouchouk Lafaeite, Blanquette de Guelma et Frontio se montrent nettement plus tardives, leurs fruits n'étant attaqués qu'à un stade avancé de la saison.

Sévérité de l'infestation

En termes de sévérité, une nette distinction se dégage entre les variétés à forte et à faible sensibilité.

Les variétés Sigoise, Manzanilla, Belgérienne, Rougette de Mitidja, Ferkani, Abani, Tablout et Azeradj présentent des taux d'infestation dépassant 70 %, traduisant une vulnérabilité élevée dans les conditions arides de Biskra.

Ces résultats confirment que les cultivars à gros fruits et à épiderme fin sont plus propices à la ponte et au développement larvaire.

À l'opposé, les variétés Bouchouk Soumam, Bouchouk Lafaeite, Blanquette de Guelma et Frontio se distinguent par une sévérité faible, rarement supérieure à 30 %, témoignant d'une résistance naturelle ou d'une moindre attractivité.

Caractère explosif des infestations

La rapidité d'évolution des attaques constitue un autre indicateur clé de la sensibilité variétale.

Les variétés Sigoise, Manzanilla, Belgérienne, Rougette de Mitidja, Ferkani, Abani, Tablout et Azeradj se caractérisent par une cinétique d'infestation explosive, franchissant la phase critique de 30 à 50 % de fruits attaqués en moins de dix jours.

Tableau 3. Sensibilité des différentes variétés d’olivier aux attaques de *Bactrocera oleae*.

Variété	Utilisation	Précocité	Sévérité	Explosivité
Segoise	Variétés double aptitude	Précoce	Sévère	Explosif
Manzanilla	Variétés double aptitude	Précoce	Sévère	Explosif
Belgentiéroise	Variétés à table	Précoce	Sévère	Explosif
Rougette de Mitidja	Variétés à huile	moyennement précoces	Sévère	Explosif
Ferkani	Variétés à huile	Précoce	Sévère	Explosif
Abani	Variétés à huile	Précoce	Sévère	Explosif
Tablout	Variétés à huile	Précoce	Sévère	Explosif
Azeradj	Variétés double aptitude	moyennement précoces	Sévère	Explosif
Bouchouk Soumam	Variétés double aptitude	Tardive	Peu sévère	Progressif
Bouchouk Lafaeite	Variétés double aptitude	Tardive	Peu sévère	Progressif
Blanquette de Guelma	Variétés à huile	Tardive	Peu sévère	Progressif
Frontio	Variétés à huile	Tardive	Peu sévère	Progressif

Une telle dynamique impose une extrême précision dans le calendrier d’intervention, car un léger retard dans le traitement peut entraîner le dépassement rapide des seuils économiques et compromettre l’efficacité des applications insecticides. En revanche, les variétés Bouchouk Soumam, Bouchouk Lafaeite, Blanquette de Guelma et Frontio présentent une évolution progressive de l’infestation. Leur comportement stable offre une marge d’action plus large, rendant possible l’utilisation de stratégies plus respectueuses de l’environnement telles que les systèmes « *lure and kill* » ou les pièges à attractifs à libération lente.

La combinaison des trois paramètres (précocité, sévérité, explosivité) met en évidence deux groupes principaux de comportement face à *Bactrocera oleae* :

Les variétés très sensibles, précoces, sévères et explosives (Sigoise, Manzanilla, Belgentiéroise, Rougette de Mitidja, Ferkani, Abani, Tablout, Azeradj), qui nécessitent un suivi entomologique renforcé et une intervention rapide dans le cadre d’une lutte intégrée.

Les variétés peu sensibles, tardives, à infestation modérée et à progression lente (Bouchouk Soumam, Bouchouk Lafaeite, Blanquette de Guelma, Frontio).

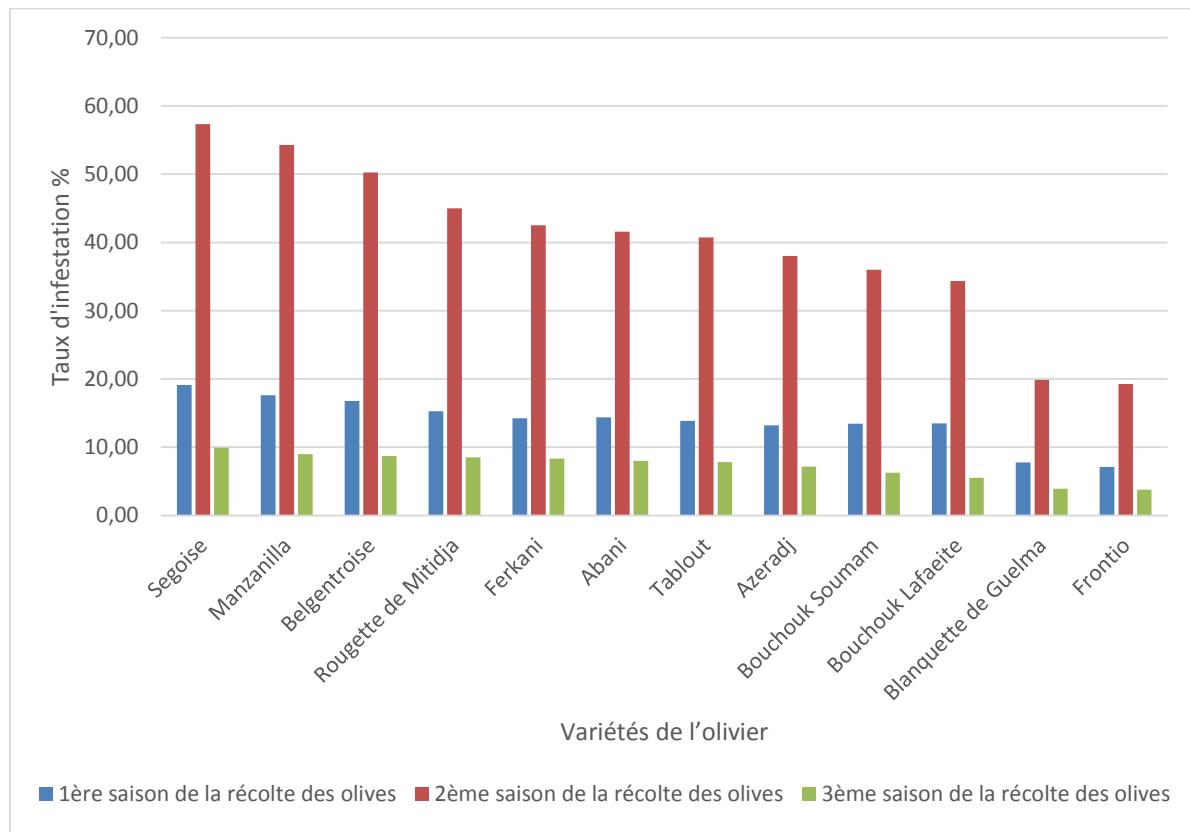


Figure 49. Taux d'infestation de *B. oleae* sur les 12 variétés de l'olivier.

Le graphique illustre la variation du taux d'infestation selon les douze variétés étudiées durant trois saisons successives. La deuxième saison se distingue par les taux les plus élevés pour l'ensemble des variétés, avec des pics atteignant 57 % pour Sigoise, 55 % pour Manzanilla et près de 50 % pour Belgentéroise, confirmant une année de forte pression parasitaire favorisée par des conditions automnales plus douces et humides. Les variétés Rougette de Mitidja, Ferkani, Abani et Tablout suivent la même tendance avec des infestations comprises entre 40 et 45 %. À l'inverse, Blanquette de Guelma, Frontio et Bouchouk Soumam présentent les taux les plus faibles, oscillant entre 19 et 35 %.

Lors de la première saison, les infestations demeurent modérées, variant de 8 à 19 %, tandis que la troisième saison montre un net recul des attaques, ne dépassant pas 10 % pour aucune variété, en lien probable avec des températures estivales plus élevées ayant limité la survie larvaire. Ces fluctuations saisonnières confirment que la pression de *B. oleae* dépend étroitement des facteurs climatiques, notamment la température et l'humidité relative, qui conditionnent la réussite de la ponte et le développement larvaire.

Globalement, les résultats démontrent que les variétés à gros fruits, comme Sigoise et

Manzanilla, sont nettement plus vulnérables à la mouche de l'olive, tandis que les variétés locales à petits fruits, telles que Blanquette de Guelma et Frontio, montrent une résistance relative et une meilleure adaptation aux conditions arides de la région d'El Outaya.

4.2.2.3. Impact de la température et de l'humidité sur la dynamique de la mouche de l'olivier.

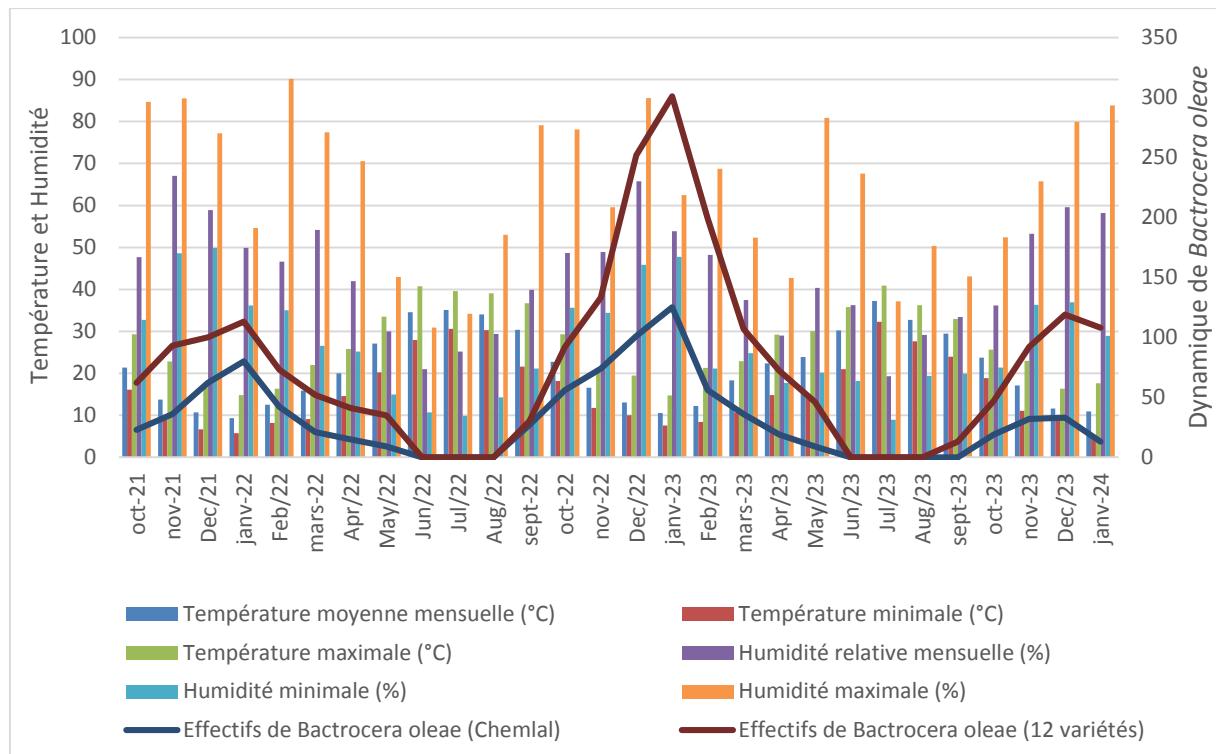


Figure 50. Impact de la température et de l'humidité sur la dynamique de la mouche de l'olivier.

Les conditions estivales, caractérisées par des valeurs supérieures à 30 °C durant une période prolongée, freinent l'oviposition, tandis que des pics dépassant 35 °C provoquent une mortalité élevée au sein des populations de *Bactrocera oleae*.

À l'inverse, un refroidissement en dessous de 15 °C a également un effet inhibiteur sur la ponte. En hiver, la combinaison du froid et d'un sol fortement humide augmente la mortalité des pupes enfouies. En ce qui concerne le comportement de ponte, la mouche priviliege les drupes à un stade avancé de maturation à la fin de l'hiver, alors qu'en fin d'automne, en raison d'une offre limitée de fruits bien développés, elle se tourne vers des olives moins matures.

La température et l'humidité jouent un rôle déterminant dans l'activité biologique de la mouche de l'olivier, en conditionnant son aire de répartition et la durée de son cycle.

Les conditions estivales très chaudes associées à une faible humidité relative freinent le développement des œufs et des larves à cause de la perte hydrique des fruits et de la dessiccation

des stades pré-imaginaux. Dans de telles situations, les adultes réduisent ou interrompent leur activité, ce qui empêche l'espèce de se développer avant l'automne. En hiver, le froid combiné à une humidité élevée du sol entraîne une forte mortalité des pupes enfouies.

En conditions favorables, l'insecte produit généralement deux générations par an.

La génération printanière débute en fin d'hiver ou au début du printemps avec l'émergence des adultes issus des pupes hivernales. Après une phase de dispersion, durant laquelle ils sont facilement capturables avec des pièges chromatiques jaunes associés à une phéromone, leur activité décroît progressivement. Si, en été, les fruits sont réceptifs et que les températures restent modérées, cette génération peut causer des dégâts importants. En revanche, lors d'été très chauds (températures supérieures à 30 °C), l'activité est nettement réduite et aucun adulte n'est capturé.

La génération automnale, qui commence le début d'octobre est généralement la plus dommageable, car des conditions thermiques plus fraîches favorisent la survie des adultes, ainsi que le développement des œufs et des larves. En cas d'automne doux, jusqu'à deux générations supplémentaires peuvent se succéder.

Bien que peu mobile, la mouche manifeste une forte capacité d'adaptation. Au cours de la période d'observation, un printemps exceptionnellement chaud et sec a été enregistré, avec une température moyenne dépassant 20 °C en avril et des maxima supérieurs à 30 °C dès la deuxième moitié de mai, associée à une quasi-absence de précipitations. Ces conditions, combinées aux températures élevées de mars et avril, ont accéléré la phénologie des oliveraies, favorisant l'apparition précoce des variétés tardives. À la mi-avril, certaines étaient déjà en floraison et, dès la mi-mai, le durcissement du noyau avait commencé.

Chez cet insecte, la larve débute sa galerie juste sous l'épiderme, puis progresse vers l'intérieur du fruit. Les galeries, d'abord rectilignes, deviennent sinuées à mesure de la croissance de la larve, et leur diamètre permet d'estimer son âge. La durée du développement est de 25 jours à 15 °C et d'environ 10 jours à 22 °C, avec un seuil de 10,7 °C.

À maturité, la larve découpe un orifice circulaire à la surface du fruit pour s'en extraire et se nymphoser généralement dans le sol. Toutefois, pendant l'été chaud et sec, la nymphose peut avoir lieu dans la chambre aménagée à l'extrémité de la galerie, juste sous l'épiderme.

L'espèce hiverne principalement à l'état nymphal, ce stade durant environ 90 jours à 10 °C et seulement 9 jours à 35 °C, avec un seuil thermique de 9,5 °C. La survie pendant l'hivernage dépend fortement des conditions climatiques.

Le développement larvaire est optimal entre 10 °C et 31 °C ; il dure environ 18 jours à basse température, mais peut s'achever en seulement deux jours en conditions chaudes.

Au-delà de 31 °C, la mortalité augmente considérablement, ce qui constitue un paramètre clé dans les stratégies de lutte. En été, lorsque ce seuil est fréquemment dépassé, une forte mortalité des œufs et des larves est observée.

4.2.3. Taux d'infestation dans le troisième verger piloté de la variété Chemlal

Cette partie présente les résultats d'une étude menée dans l'oliveraie de Biskra. L'étude visait à évaluer et à diagnostiquer les dégâts causés par la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae* pendant la période d'étude.

Le taux d'infestation, qui représente le rapport entre le nombre d'olives attaquées et le nombre d'olives récoltées, est calculé d'abord pour l'ensemble du verger, puis selon les directions cardinales.

4.2.3.1. Taux d'attaque de la mouche de l'olivier

Notre étude a été menée à Biskra d'octobre 2021 à janvier 2024, la saison de la récolte des olives se situant entre octobre et janvier de chaque année.

L'importance des dégâts causés par la mouche de l'olivier est évaluée en calculant le taux d'attaque, qui est le rapport entre les olives attaquées et les olives échantillonnées, exprimé en 100. Lors de chaque sortie et de chaque lot d'olives récoltées, les fruits sont séparés selon qu'ils sont sains ou attaqués, en comptant le nombre de piqûres d'entrée et de trous de sortie sur l'épicarpe des olives.

Le nombre total d'olives observées lors des sorties réalisées dans cette étude et les résultats du taux d'infestation par *B. oleae* sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4. Nombre d'olives saines et attaquées dans l'oliveraie.

Saison de récolte des olives	Olives Infestées	Taux d'infestation (%)	Olives saines	Taux d'olive saines (%)
1 ^{ère} saison	16	8,00	1840	92
2 ^{ème} saison	416	20,80	1584	79,20
3 ^{ème} saison	80	4,00	1920	96

Le tableau montre une variation nette du taux d'infestation par *Bactrocera oleae* au cours des trois saisons de récolte. Au total, 2000 olives ont été observées par saison.

Lors de la première saison, 16 olives ont été infestées, représentant un taux d'attaque de 8 %, tandis que 1840 olives sont restées saines (92 %). Au cours de la deuxième saison, l'infestation atteint son maximum avec 416 olives attaquées, soit un taux de 20,80 %, contre 79,20 % d'olives saines (1584 fruits).

La troisième saison enregistre la plus faible infestation, avec seulement 80 olives touchées, correspondant à un taux de 4 %, tandis que 1920 olives (96 %) demeurent saines.

L'analyse des données met en évidence que la deuxième saison de récolte est la plus critique en termes de dégâts causés par la mouche de l'olive. Cette période coïncide avec les conditions climatiques favorables à la prolifération de l'insecte, notamment durant le mois de décembre, connu pour représenter le pic d'infestation. Les deux autres saisons montrent respectivement une infestation modérée (première saison, 8 %) et faible (troisième saison, 4 %), indiquant une pression d'attaque variable selon les conditions environnementales et les mesures de lutte appliquées.

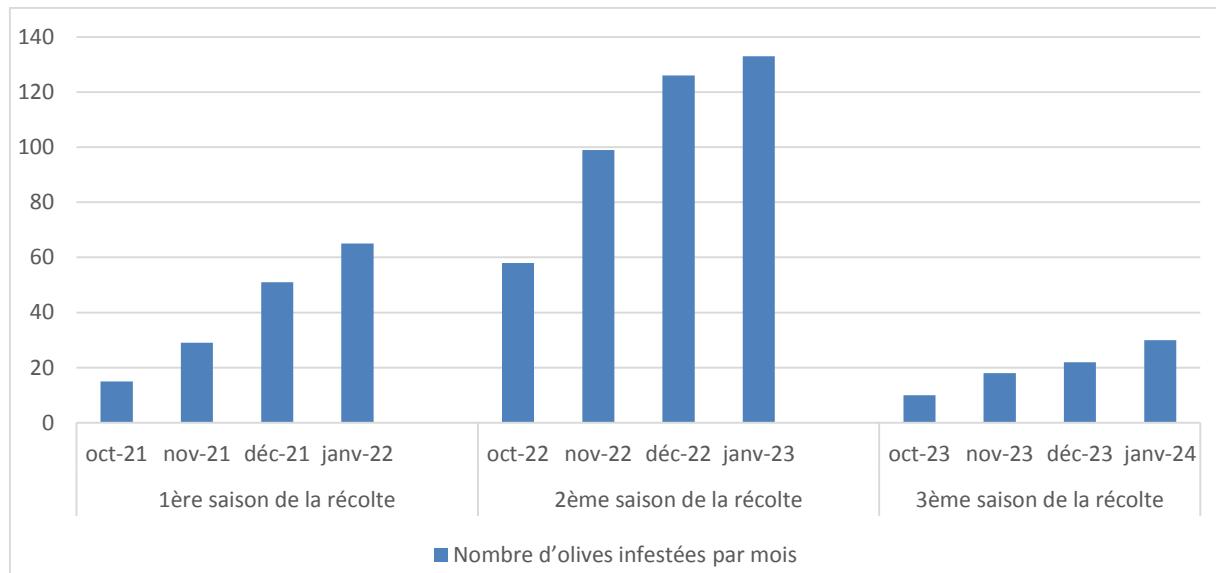


Figure 51. Nombre d'olives infestées durant trois saisons de récolte.

Le taux d'infestation des mouches de l'olive au cours de la deuxième saison est élevé, car il dépasse le seuil de tolérance pour les dommages causés par les mouches de l'olive, par rapport aux faibles taux enregistrés au cours de la première et troisième saison de récolte, l'infestation des fruits dépasse les seuils économiques, qui sont de 8 à 10 % pour les variétés de l'olivier destinées à la production d'huile, selon la variété (taille du fruit). Pour les variétés d'olives de table, le niveau d'infestation acceptable est nul.

4.2.3.2. Taux d'attaque en fonction des directions cardinales

Au cours de la période d'étude, un total de 416 et 80 olives ont été infestées respectivement lors de la deuxième et de la troisième saison, contrastant avec un niveau d'attaque plus modéré observé durant la première saison (160 olives infestées). Cette infestation est répartie selon les directions cardinales de l'arbre.

L'analyse de la répartition des fruits attaqués montre que, pour les trois saisons, les

directions Nord et Est enregistrent les pourcentages les plus élevés d'attaque. Par exemple, au cours de la première saison, le Nord représente 30 %, suivi de l'Est avec 26,25 %. Une tendance similaire est observée lors de la deuxième saison (26,20 % pour l'Est et 25,00 % pour le Nord) ainsi que durant la troisième saison (36,25 % et 25 % respectivement). En revanche, les expositions Sud et Ouest se révèlent moins favorables à l'infestation, affichant les pourcentages les plus faibles au cours des trois saisons, notamment pendant la troisième saison où le Sud ne représente que 17,50 % et l'Ouest 21,25 % des attaques. Le nombre d'olives infestées selon les directions cardinales est présenté dans la figure suivante.

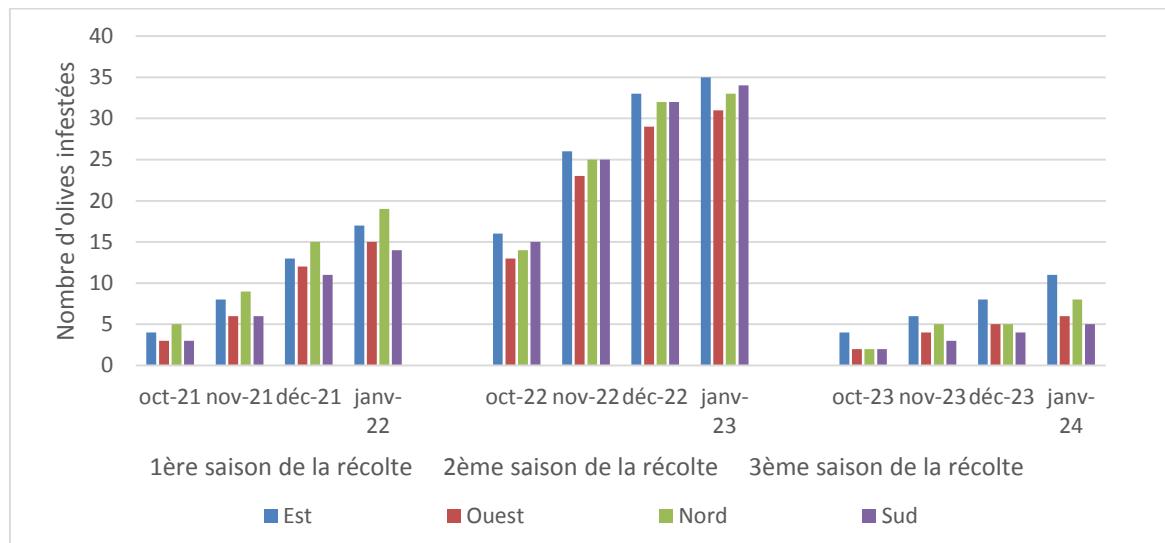


Figure 52. Répartition du nombre d'olives infestées par *Bactrocera oleae* en fonction des directions cardinales au cours des trois saisons de récolte.

L'évolution mensuelle du nombre d'olives infestées par *Bactrocera oleae* au cours des trois saisons de récolte montre une tendance générale d'augmentation progressive des attaques de la mouche de l'olivier d'octobre à janvier, toutes expositions confondues.

La première saison (2021–2022) se caractérise par une dynamique d'infestation modérée avec des valeurs culminant au Nord (19 olives) et à l'Est (17 olives) en janvier. La deuxième saison (2022–2023) enregistre les niveaux d'infestation les plus élevés, notamment à l'Est (35 olives) et au Sud (34 olives), traduisant une pression accrue du ravageur possiblement favorisée par des conditions environnementales favorables. En revanche, la troisième saison (2023–2024) se distingue par une nette réduction des infestations, avec des valeurs maximales plus faibles (11 olives à l'Est et 8 au Nord), suggérant une diminution de la population du ravageur ou l'efficacité des mesures de contrôle. Parmi les expositions cardinales, les directions Est et Nord apparaissent les plus vulnérables, tandis que les orientations Sud et Ouest présentent des niveaux relativement plus faibles, indiquant une possible influence de l'exposition solaire et des microclimats locaux sur l'activité de ponte de *B. oleae*.

4.2.3.3. Analyse de la variance (ANOVA) : facteur unique

L'analyse de variance à un facteur (Tableau 5) a été conduite afin d'évaluer l'effet de la saison de récolte sur le taux d'infestation des olives par *Bactrocera oleae* dans la variété Chemlal piloté.

Tableau 5. Analyse de variance à un facteur comparant le taux d'infestations de variété chemlal pilotée.

Groupes	Nombre				
	d'échantillon	Somme	Moyenne	Variance	
1ère saison de récolte	4	160	40	666	
2ème saison de récolte	4	416	104	4789.333	
3ème saison de récolte	4	80	20	98	

ANOVA						
Source de Variation	Somme	Degré	Moyenne	Valeur critique		
	des	de	des	Carrés	F	Probabilité pour F
Entre Groupes	15402.67	2	7701.333	4.160384	0.052546	4.256495
A l'intérieur des groupes	16660	9	1851.111			
Total	32062.67	11				

Les statistiques descriptives montrent une fluctuation notable du nombre moyen d'olives infestées entre les trois saisons étudiées. En effet, la deuxième saison de récolte enregistre la moyenne la plus élevée (104 olives infestées), suivie de la première saison (40 olives), tandis que la troisième saison présente le niveau d'infestation le plus faible (20 olives).

Cette variabilité saisonnière s'accompagne également d'une dispersion plus importante au cours de la deuxième saison. Ces résultats suggèrent que certaines conditions propres à la deuxième saison, telles que les facteurs climatiques ou les conditions phénologiques de l'olivier, auraient favorisé l'augmentation de l'activité de la mouche de l'olive.

Sur le plan statistique, l'ANOVA révèle une valeur de F de 4,160, légèrement inférieure à la valeur critique ($F_{crit} = 4,256$). Par ailleurs, la probabilité associée ($p = 0,0525$) demeure légèrement supérieure au seuil de signification conventionnel de 5 %.

Ainsi, l'effet de la saison de récolte sur le taux d'infestation n'est pas statistiquement significatif au seuil de 0,05, bien qu'il se situe à la limite de la significativité. Cette tendance à

la significativité suggère que la dynamique saisonnière pourrait exercer une influence substantielle sur les niveaux d'infestation, mais que cette influence nécessite une confirmation par une étude incluant soit un échantillon plus large, soit une période d'observation plus longue.

4.3. Discussion

La capture des mouches de l'olive constitue, dans tous les cas, un moyen essentiel de réduction des populations de *Bactrocera oleae*. En effet, l'augmentation du nombre de captures traduit généralement une meilleure surveillance du vol des adultes. L'analyse des graphiques issus des piégeages permet de définir avec précision la dynamique de vol du ravageur, information clé pour déterminer les périodes optimales d'intervention dans les vergers. La comparaison des courbes de vol enregistrées montre une évolution positive, confirmant l'efficacité du piégeage durant la période de fructification, où les captures successives ont été particulièrement marquées. Les piqûres de ponte des femelles et les trous de sortie des larves constituent les indicateurs les plus représentatifs des infestations. Les fluctuations observées traduisent une variation saisonnière dépendant des conditions climatiques et des pratiques culturelles. Nos résultats montrent que le taux d'infestation est influencé par plusieurs facteurs biotiques et abiotiques, tels que la température, la pluviométrie et l'insolation, qui conditionnent la dynamique des populations. Les pratiques culturelles, notamment l'irrigation, la taille et le travail du sol, jouent également un rôle déterminant dans la limitation des attaques. Sur notre site d'étude, la faible infestation observée semble liée à un bon état végétatif des arbres et à une taille appropriée, qui peuvent influencer le comportement de ponte de la mouche (**Gacem et Mezerdi, 2025**). L'estimation du taux d'infestation confirme que *B. oleae* peut causer des dommages considérables aux rendements oléicoles, comme c'est le cas dans la majorité des oliveraies du bassin méditerranéen. Les conditions climatiques observées entre 2021 et 2024, températures élevées et faible pluviométrie, ont probablement favorisé son développement.

Le cycle larvaire à l'intérieur du fruit perturbe la nutrition et la maturation des olives, provoquant leur chute prématurée et altérant la qualité de l'huile par l'augmentation de l'acidité et la fermentation de la pulpe. La distribution hétérogène des populations de *B. oleae* pourrait être liée à l'ensoleillement, qui influence la maturation des fruits et leur attractivité. Les olives plus mûres, à coloration avancée, sont plus vulnérables. La variabilité phénologique des arbres, la texture de l'épicarpe et la teneur en eau et en lipides du fruit conditionnent également la sensibilité.

L'infestation par *Bactrocera oleae* affecte de manière significative la qualité de l'huile d'olive produite dans la région aride algérienne. Leur étude, menée sur sept cultivars d'olivier,

révèle des variations importantes des taux d'infestation, lesquelles influencent directement plusieurs paramètres physico-chimiques essentiels, tels que l'acidité libre, l'indice de peroxyde et la teneur en composés phénoliques totaux. Les analyses statistiques mettent en évidence des corrélations fortes entre des niveaux d'infestation élevés et une baisse de la qualité de l'huile, notamment en termes de stabilité oxydative et de valeur nutritionnelle (**Menacer et al. 2024**).

Les cultivars à gros fruits et à chair tendre sont généralement plus attaqués, tandis que ceux à épicarpe épais présentent une résistance relative (**Zanoni et al., 2019 ; Garantonakis et al., 2016 ; Vatansever Sakin, 2022**).

Par ailleurs, la différence entre les taux d'infestation des olives récoltées sur l'arbre et celles tombées au sol n'a pas été significative, ce qui rejoint les observations de **Joy Burrack et Zalom (2008)** selon lesquelles les fruits perforés tombent plus aisément que ceux encore infestés par des larves. Sur le plan de la lutte, plusieurs méthodes se sont révélées prometteuses. Parmi elles, les produits chimiques d'origine organique tels que l'azadirachtine, le kaolin et le spinosad offrent des perspectives intéressantes. L'azadirachtine, extraite d'*Azadirachta indica*, agit comme répulsif, inhibiteur de croissance et stérilisant (**Güncan et Durmuşoğlu, 2004**).

Le kaolin forme une pellicule blanche qui dissuade la ponte sur de nombreux fruits (**Makee et Saour, 2004**), tandis que le spinosad, produit de fermentation de *Saccharopolyspora spinosa*, s'est montré hautement efficace, réduisant les dommages de 87 % à 3 % dans les essais (**Bacci et al., 2016**). La lutte biotechnique repose largement sur le piégeage de masse, méthode simple et écologique. Les pièges McPhail, associés à des protéines hydrolysées ou à du sulfate d'ammonium, sont couramment utilisés dans les pays méditerranéens (**Bueno et Jones, 2002**).

L'introduction des pièges à phéromones sexuelles synthétiques [1,7- dioxaapiro (5.5) undecane] a permis d'améliorer significativement la précision du suivi et du contrôle des populations (**Varikou et al., 2020 ; Navarro-Llopis et Vacas, 2014 ; Lasa et al., 2024**).

Cependant, leur efficacité dépend d'une application collective et synchronisée avant la croissance exponentielle de la population. Les essais menés au Portugal et en Grèce ont démontré que ces dispositifs, comme l'Eco-Trap ou l'Olige, peuvent réduire les infestations jusqu'à 70 %, à condition qu'ils soient installés précocement et sur de vastes superficies (**Bento et al., 1998 ; Mazomenos et al., 2002**).

En revanche, leur efficacité diminue lorsque les oliveraies sont mal isolées ou lorsque la densité du ravageur est trop élevée. Concernant la lutte biologique, les biopesticides à base de *Beauveria bassiana*, de nématodes entomopathogènes ou de *Bacillus thuringiensis* présentent des résultats prometteurs (**Sirjani et al., 2009 ; Alberola et al., 1999**). Toutefois, les performances restent variables selon les conditions de terrain (**Toscano et al., 2015**).

La lutte chimique, bien que parfois nécessaire, doit être utilisée de manière raisonnée. Les traitements aériens, notamment à base de roténone et de pyréthrines naturelles, se sont révélés efficaces à court terme mais peu durables (**Haniotakis, 2005**).

L'usage des produits cupriques pourrait également limiter la ponte et réduire les dégâts de 20 à 30 % (**Belcari et al., 2003 ; Fabbri et Ganino, 2002**). Sur le plan agronomique, la sélection de cultivars adaptés et la mise en œuvre de pratiques culturales appropriées constituent la première ligne de défense. Les variétés à maturation hâtive sont plus sensibles, tandis que les variétés tardives présentent une résistance relative (**Martínez-Núñez et al., 2020**).

Les pratiques culturales telles que la taille, l'irrigation, la récolte précoce, la destruction des fruits infestés et le travail du sol contribuent à réduire significativement la pression du ravageur (**Fernández-Escobar et al., 2013 ; Lantero et al., 2023**).

Enfin, la lutte par attractifs, utilisant des dispositifs tels que l'Eco-Trap ou les cartes imprégnées de pyréthrinoïdes, se distingue par son efficacité croissante au fil du temps et son innocuité pour la faune auxiliaire (**Caleca et al., 2007 ; Clarke et al., 2022**).

Ces techniques s'intègrent parfaitement dans une approche de lutte intégrée durable, alliant efficacité agronomique, respect de l'environnement et réduction des intrants chimiques.

Conclusion

Les stratégies de lutte intégrée devraient être appliquées pour lutter contre la mouche de l'olivier car, outre le fait qu'elles sont obligatoires dans toutes les exploitations, elles permettent de regrouper les différentes méthodes de lutte en vue de réduire l'incidence du ravageur.

Les mesures sont les suivants :

Appliquer toutes les mesures préventives possibles.

Contrôler et surveiller la mouche en utilisant différentes méthodes et outils.

La décision de lutte contre la mouche de l'olivier doit être justifiée par le seuil de traitement, en tenant compte des zones spécifiques, des variétés, de la gestion de la culture, ainsi que de l'absence ou de la présence de produits phytopharmaceutiques, etc.

Les alternatives à la lutte chimique (physiques, biologiques et biotechnologiques) sont utilisées de préférence, pour autant qu'elles luttent satisfaisamment contre la mouche de l'olivier. L'utilisation de méthodes chimiques doit être limitée au strict nécessaire, en tenant compte du niveau de risque pour l'olive et pour la santé applicateurs, des consommateurs et de l'environnement.

Lorsqu'il existe un risque de résistance à un produit phytopharmaceutique et que le niveau de nuisibilité nécessite des applications répétées, il convient d'utiliser des pesticides

ayant des modes d'action différents.

Lors de l'établissement d'une stratégie de lutte contre la mouche de l'olivier, de nombreux facteurs influencent le processus de prise de décision, de sorte qu'il n'est pas possible d'adopter un plan d'unique et qu'un certain nombre de stratégies possibles seront envisagées.

Un facteur qui limitera certaines des méthodes de lutte est le fait que l'oliveraie soit ou non cultivée selon les principes de l'agriculture biologique, car ce système de culture interdit l'utilisation d'insecticides chimiques de synthèse.

La première étape d'une bonne protection des plantes dans les différents systèmes de culture, tant biologiques que conventionnels, est l'application de toutes les mesures préventives existantes pour réduire le risque résistance).

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psyllia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psyllalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

Introduction

Psyllalia concolor (Szépligeti) se distingue par son efficacité et son large spectre d'hôtes. Ce parasitoïde endophage, appartenant à la famille des Braconidae, s'attaque directement aux larves de *Bactrocera oleae* dans les fruits, interrompant ainsi le développement du ravageur. Ce chapitre vise à étudier le potentiel de *Psyllalia concolor* dans la lutte biologique contre la mouche de l'olivier.

À cette fin, l'élevage de *Bactrocera oleae* et de son parasitoïde constitue une étape clé pour comprendre les relations hôte-parasitoïde et évaluer les paramètres biologiques essentiels tels que la durée de développement, le taux de parasitisme.

Les travaux ont été conduits au laboratoire, dans des conditions proches de celles du milieu naturel de la région (22 ± 2 °C, 55 % HR, photopériode 16 h/8 h), afin d'obtenir des générations continues pour les expérimentations et observer le comportement biologique du parasitoïde.

5.1. Matériels et Méthodes

5.1.1. Élevage des mouches de l'olivier et ses parasitoïdes

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de fruits d'olivier naturellement infestés par *B. oleae*, récoltés dans les vergers expérimentaux d'El-Outaya (Biskra). Les fruits proviennent de différentes variétés locales et étrangères, représentatives de la diversité oléicole de la région. Avant toute manipulation, les fruits ont été désinfectés à l'eau de Javel diluée (2 %) pendant deux minutes, puis rincés à l'eau distillée stérile et séché sur du papier absorbant, afin d'éviter le développement de moisissures susceptibles d'affecter le développement des larves.

Matériel animal

Le matériel animal comprend les larves et pupes de *Bactrocera oleae* extraites des fruits infestés, ainsi que les adultes du parasitoïde *Psyllalia concolor*, obtenus à partir de pupes collectées sur le terrain dans les vergers d'El-Outaya. Ces parasitoïdes indigènes proviennent des populations naturelles locales de la wilaya de Biskra.

Méthodes d'élevage

Les fruits désinfectés sont placés dans des boîtes en plastique transparentes ($30 \times 20 \times 15$ cm) perforées pour assurer une bonne aération. Chaque boîte contient une mousseline tendue qui permet la chute des larves et des pupes vers le fond. Les ouvertures sont recouvertes d'un

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psyllalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

voile de tulle fin, empêchant l'évasion des adultes tout en garantissant une ventilation adéquate. Les boîtes sont maintenues à température ambiante contrôlée et observées quotidiennement. Les larves migrantes quittent les fruits au stade de maturité (L3) pour se nymphoser au fond des boîtes, souvent en 24 à 48 h. Les pupes sont ensuite comptées et transférées dans des boîtes de Petri ou dans des cages d'élevage adaptées pour le suivi de l'émergence.

Méthodes adoptées dans notre étude

Des contrôles approfondis sont effectués chaque semaine dans le verger expérimental de Biskra. Lors de chaque sortie, tous les fruits infestés par *Bactrocera oleae* sont collectés et ramenés au laboratoire.

5.1.2. Élevage de *Bactrocera oleae* (hôte)

L'élevage du ravageur vise à maintenir un cycle continu d'individus sains pour les essais de parasitisme. Dix boîtes d'élevage contenant chacune une trentaine de larves et de pupes ont été préparées.

Un dispositif interne composé d'un abreuvoir (eau sucrée) et d'une petite coupelle de milieu nutritif a été introduit pour nourrir les adultes après émergence. Après 5 à 6 jours, les adultes émergent et s'accouplent. Les femelles pondent dans des fruits frais d'olivier déposés dans les cages. Les œufs éclosent après environ 48 heures, et les larves se développent dans la pulpe pendant 8 à 10 jours avant de se transformer en pupes.

Les pupes obtenues sont récupérées à l'aide d'un pinceau doux, comptées, pesées et transférées dans de nouvelles boîtes propres pour observation. L'émergence des adultes est suivie quotidiennement.

Ce protocole a permis de reconstituer le cycle complet de *B. oleae* en conditions contrôlées et d'obtenir un matériel biologique homogène pour les expériences de parasitisme.

5.1.3. Élevage du parasitoïde *Psyllalia concolor*

L'élevage du parasitoïde a été réalisé parallèlement à celui de son hôte, selon une méthode adaptée des protocoles de rearing utilisés en Méditerranée. Les adultes de *P. concolor* issus des pupes de terrain ont été installés dans des boîtes d'élevage désinfectées et maintenues dans les mêmes conditions de température et d'humidité que celles de l'hôte. Les femelles parasitoïdes ont été exposées à des larves de *B. oleae* au stade L3, stade le plus propice au parasitisme (en raison de la taille et de la mollesse de la cuticule). Les larves parasitées ont ensuite été replacées dans des fruits frais d'olive pour poursuivre leur développement jusqu'à

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psytalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

la nymphose. Après 10 à 11 jours, les pupes parasitées produisent des adultes de *P. concolor*.

En moyenne, 30 % des 300 larves et pupes collectées se sont révélées parasitées. Une génération complète du parasitoïde se développe en 10 à 20 jours, selon la température et la qualité de l'hôte. Les adultes émergents sont ensuite utilisés soit pour de nouvelles infestations, soit pour les tests de reproduction et de parasitisme.

5.1.4. Conservation et suivi des échantillons

Les fruits collectés sur le terrain sont transportés dans des sacs en plastique perforés pour éviter la condensation, puis transférés au laboratoire le jour même. Les larves et pupes sont soigneusement extraites et déposées dans des boîtes de Petri stériles, recouvertes de tulle fin pour assurer une bonne aération. Chaque boîte est étiquetée avec la date, le lieu de collecte et le nombre de spécimens. Les pupes sont conservées jusqu'à 20 jours, délai suffisant pour permettre l'émergence complète des mouches ou des parasitoïdes. Les adultes émergés sont identifiés à la loupe binoculaire et, au besoin, confirmés au microscope numérique pour différencier *B. oleae* et *P. concolor*. Les pupes non écloses après cette période sont disséquées pour déterminer les causes de non-émergence (diapause, mortalité, parasitisme incomplet).

Description de *Psytalia concolor*

Psytalia concolor (Szépligeti, 1910) appartient à la famille des Braconidae (Hymenoptera). L'adulte mesure environ 3,5 mm de long, présente un corps fauve clair, avec des antennes allongées plus sombres. C'est un parasitoïde solitaire et endoparasite koinobionte, pondant ses œufs à l'intérieur des larves de *B. oleae*, où le développement larvaire se poursuit jusqu'à la nymphose. L'émergence des adultes a lieu environ 10 à 12 jours après la ponte, selon les conditions de température.

Sa petite taille, son comportement discret et son cycle rapide en font un excellent agent de régulation naturelle des populations de mouches de l'olivier (**Gacem et Mezerdi, 2024**).

5.1.5. Acquisition de données

Chaque série d'élevage a fait l'objet d'un suivi rigoureux des paramètres biologiques suivants : le nombre total de pupes collectées, le taux d'émergence des adultes de *B. oleae*, le taux de parasitisme par *P. concolor*. Les données ont été consignées quotidiennement et analysées statistiquement pour évaluer la relation entre la densité larvaire, la proportion de parasitisme et les conditions environnementales (température, humidité, lumière). L'ensemble de ces observations a permis d'établir avec précision les durées moyennes de développement

des deux espèces et d'évaluer le potentiel de *P. concolor* comme agent de lutte biologique.

5.2. Résultats

5.2.1. Élevage de la mouche de l'olivier et de son parasitoïde au laboratoire

Les larves et pupes issues des fruits d'olivier infestés ont été soigneusement collectées et placées dans des boîtes d'élevage pendant une période de huit jours, afin d'assurer la poursuite du développement jusqu'à l'émergence des adultes. Ce dispositif a permis à la fois de maintenir la colonie en laboratoire et de disposer d'individus nécessaires aux expériences de parasitisme. Au terme de cette période, l'émergence des adultes a été suivie quotidiennement. Les comptages successifs ont permis de distinguer les adultes de la mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae*) et ceux du parasitoïde *Psytalia concolor* (Hymenoptera : Braconidae, sous-famille Opiinae). Ce parasitoïde est apparu exclusivement à partir des pupes collectées à proximité des fruits infestés. Son émergence simultanée à celle de *B. oleae* confirme son statut d'endoparasitoïde spécifique des larves du troisième stade de ce ravageur.

Cette espèce est reconnue pour parasiter principalement les Tephritidae du genre *Bactrocera*, et plus particulièrement *B. oleae*, présente dans une large gamme de variétés d'oliviers. Dans notre étude, toutes les pupes parasitées ont donné naissance à des adultes de *P. concolor* en association directe avec la présence de *B. oleae*. Aucun autre hôte ou parasitoïde secondaire n'a été observé dans les échantillons.

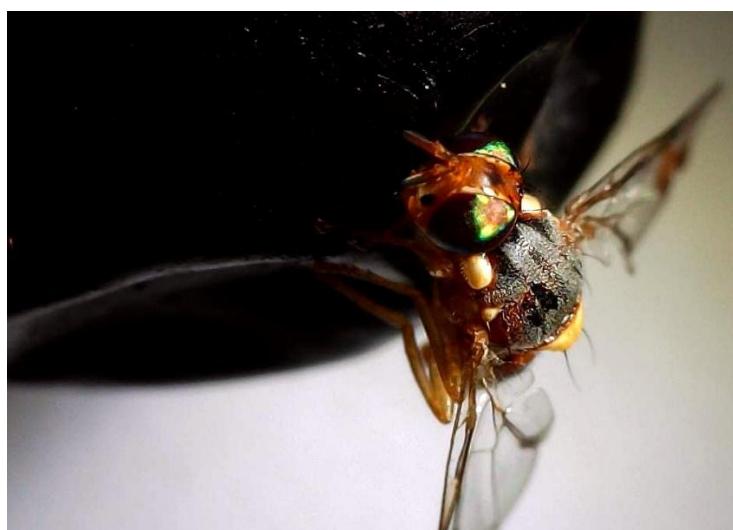


Figure 53. Femelle adulte de *Bactrocera oleae* pondant un œuf sous l'épiderme du fruit.

Cette figure illustre le comportement de ponte typique des femelles de *B. oleae*. À l'aide de leur ovipositeur, elles incisent l'épiderme du fruit pour y déposer un œuf unique, généralement sous la cuticule, proche du mésocarpe. Ce comportement de ponte sélectif, observé sur les fruits en phase de véraison, conditionne directement la réussite du cycle biologique du ravageur.



Figure 54. Larve L3 parasitée de *Bactrocera oleae* (à gauche) ; larve L3 et prénymphe non parasitée (à droite).

Cette figure met en évidence la distinction morphologique entre une larve saine et une larve parasitée par *Psyllalia concolor*.

Dans la larve parasitée, l'activité métabolique du parasitoïde modifie la pigmentation interne et la texture tissulaire. Ces observations confirment la nature endoparasitoïde de *P. concolor*, qui permet à la larve hôte de poursuivre partiellement son développement avant la mort, avantage adaptatif permettant au parasitoïde de synchroniser son cycle avec celui de *B. oleae*.



Figure 55. Pupe de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*.

La pupe, observée environ dix jours après la ponte, représente un stade critique dans le cycle du ravageur. En conditions de laboratoire, sa durée moyenne a été estimée à 10 jours. Ce stade est particulièrement vulnérable aux parasitoïdes endophages tels que *P. concolor*, capables de compléter leur métamorphose à l'intérieur de la pupe hôte. Dans nos essais, les

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psytalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

pupes issues de larves parasitées présentaient un taux d'émergence adulte réduit de **30 %**, traduisant l'efficacité partielle du contrôle biologique.



Figure 56. Emergence de l'adulte de *Bactrocera oleae*.

Dans les élevages expérimentaux, les adultes s'échappaient du puparium à travers une ouverture circulaire typique, tandis que les pupes parasitées montraient souvent des perforations irrégulières ou restaient closes, indice indirect de parasitisme réussi. L'analyse de la dynamique d'émergence montre une première vague de mouches entre le 10^{ème} et le 12^{ème} jour, suivie par l'apparition des adultes de *P. concolor* le 11^{ème} jour, indiquant une synchronisation quasi parfaite entre ces deux espèces, favorable à la régulation biologique.



Figure 57. Différents stades de développement de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*.

Cette figure synthétise les trois stades de la mouche de l'olivier observé en laboratoire : stade larvaires L3, pupe, et adulte. La succession de ces stades s'est déroulée, dans les conditions expérimentales (22 ± 2 °C, 55 % HR), sur une période moyenne de 21 à 24 jours.

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psyllalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

Les observations microscopiques ont révélé une mortalité larvaire due aux attaques parasitaires, principalement au stade L3 et pré-nymphé. Les pupes issues de larves parasitées présentaient un aspect légèrement aplati et une pigmentation plus foncée. Ce suivi a permis d'établir le taux de parasitisme global à 30 %, soit 90 individus parasités sur 300 observés



Figure 58. *Psyllalia concolor* adulte ; femelle (droite), et mâle (gauche).

La femelle, légèrement plus grande ($\approx 3,5$ mm), présente un ovipositeur allongé brun foncé, adapté à la ponte endoparasitoïde, le mâle est plus trapu, avec des antennes proportionnellement plus longues et segmentées. La sex-ratio observée dans les élevages suggère une légère dominance femelle, favorable à la dynamique de parasitisme.



Figure 59. Larve L3 de *Bactrocera oleae* parasitée et adultes de *Psyllalia concolor*.

Cette figure illustre l'interaction trophique directe entre le parasitoïde et son hôte. Après la ponte, la larve du parasitoïde se nourrissant de ses tissus internes tout en maintenant l'hôte en vie (stratégie koinobionte). La croissance de *P. concolor* ralentit le développement larvaire

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psyllalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

du ravageur, prolongeant le stade L3 de 2 à 3 jours supplémentaires. Ce décalage de développement favorise une meilleure synchronisation entre l'émergence du parasitoïde et la disponibilité des nouveaux hôtes, assurant la continuité du cycle parasitaire.

Ces résultats confirment la nature solitaire du parasitisme : un seul individu de *P. concolor* émerge par hôte, caractéristique des Braconidae Opiinae.

5.2.2. Analyse de l'émergence des adultes de *Psyllalia concolor* et de *Bactrocera oleae*

5.2.2.1. Dynamique générale de l'émergence

L'analyse de la figure 60 démontre que la courbe d'émergence de *Psyllalia concolor* suit une trajectoire ascendante parallèle à celle de *Bactrocera oleae*, traduisant une efficacité réelle du parasitoïde en élevage. La progression constante du taux de parasitisme et la synchronisation des émergences renforcent la pertinence de *P. concolor* comme agent de lutte biologique et justifient pleinement son intégration dans les programmes de gestion intégrée de la mouche de l'olive dans les zones arides. La figure met en évidence une évolution simultanée mais contrastée de l'émergence des adultes de *Bactrocera oleae* et de son parasitoïde *Psyllalia concolor* sur une période de vingt jours (du 11 au 31 janvier).

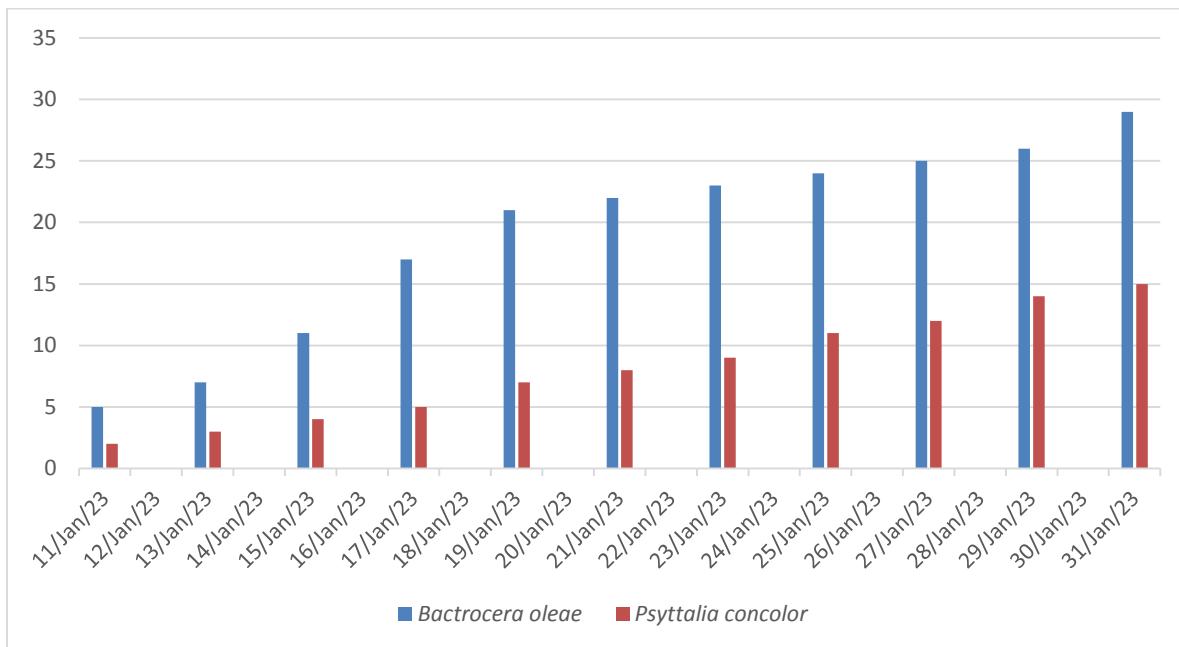


Figure 60. Emergence des adultes du parasitoïde *Psyllalia concolor*, et de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae*.

Dès les premiers jours, les effectifs de la mouche de l'olive apparaissent supérieurs à ceux du parasitoïde, traduisant une pression initiale élevée du ravageur. Toutefois, *P. concolor* montre une progression régulière, signe d'une installation efficace de la population du parasitoïde en conditions d'élevage contrôlé.

5.2.2.2. Croissance progressive des populations de *Bactrocera oleae*

L'émergence de *B. oleae* augmente de manière quasi linéaire du 11 janvier (5 individus) jusqu'au 31 janvier (29 individus). Cette croissance continue reflète un cycle de développement homogène et un taux d'émergence élevé. Ce schéma traduit la forte capacité reproductive du ravageur et justifie son statut d'insecte clé dans les systèmes oléicoles.

5.2.2.3. Réponse adaptative du parasitoïde *Psyllalia concolor*

L'émergence de *P. concolor* progresse elle aussi progressivement, passant de 2 adultes le 11 janvier à 15 adultes le 31 janvier. Bien que les effectifs restent inférieurs à ceux du ravageur, le rythme d'augmentation est constant et parallèle à celui de *B. oleae*. Cette synchronisation constitue un élément essentiel dans la réussite de la lutte biologique, car elle montre que le parasitoïde parvient à suivre la dynamique du ravageur, condition indispensable pour exercer une pression régulatrice efficace.

5.2.2.4. Ratio parasitoïde/ravageur : un indicateur clé d'efficacité

Le rapport émergence parasitoïde/ravageur, oscillant au début autour de 0,40 et atteignant environ 0,52 en fin de période, témoigne d'une amélioration progressive du taux de parasitisme. Une telle tendance indique que *P. concolor* s'adapte favorablement aux conditions d'élevage et renforce progressivement sa capacité à limiter les populations de *B. oleae*. L'élévation régulière du ratio constitue un signe positif pour une utilisation opérationnelle du parasitoïde en programme de lutte biologique augmentée (inondative).

5.2.2.5. Synchronisation entre ravageur et parasitoïde

La simultanéité des pics d'émergence observés chez les deux espèces constitue un élément crucial : *P. concolor* émerge dans les jours immédiatement suivants l'émergence des adultes de *B. oleae*, garantissant une présence active du parasitoïde au moment où les hôtes sont disponibles. Cette synchronisation représente l'un des critères majeurs du succès des parasitoïdes endoparasitoïdes dans les programmes de lutte biologique.

5.2.2.6. Implications pour la lutte biologique en conditions de terrain

Les résultats suggèrent clairement que *P. concolor*, une fois introduit en verger, pourrait maintenir un taux d'infestation raisonnable à condition d'être libéré en quantité suffisante et de manière répétée (stratégie de lâchers augmentatifs). L'augmentation simultanée des émergences montre aussi que le parasitoïde tolère bien le cycle biologique du ravageur et qu'il peut s'installer durablement en conditions favorables.

5.2.3. Anova avec un seul facteur

L'analyse de variance à un facteur réalisée sur le nombre total d'adultes émergés de

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psytalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

Bactrocera oleae et de son parasitoïde *Psytalia concolor* a mis en évidence une différence très marquée entre les deux groupes.

Tableau 6. Analyse de la variance avec deux critères de classification à un seuil de 5% pour le nombre total d'émergences adultes.

Nombre				
Groupes	d'échantillon	Somme	Moyenne	Variance
<i>Bactrocera oleae</i>	11	210	19.09091	64.69091
<i>Psytalia concolor</i>	11	90	8.181818	19.76364

ANOVA

Source de Variation	Somme des Carrés	Degré de liberté	Moyenne des Carrés	F	Probabilité pour F	Valeur critique
		Entre Groupes	654.5455	1	654.5455	15.50054
A l'intérieur des groupes	844.5455	20	42.22727			
Total	1499.091	21				

Les valeurs descriptives montrent clairement que la mouche de l'olive présente des niveaux d'émergence nettement plus élevés, avec une moyenne de 19,09 adultes et une variance importante, traduisant une dynamique d'émergence plus élevée mais aussi plus irrégulière.

À l'inverse, *P. concolor* affiche une émergence moyenne plus faible (8,18 adultes), accompagnée d'une variance réduite, ce qui témoigne d'un cycle plus homogène et d'une stabilité relative dans l'émergence des parasitoïdes.

L'ANOVA confirme statistiquement cette différence par une valeur F très élevée ($F = 15,50$), largement supérieure à la valeur critique ($F_{crit} = 4,35$). La probabilité associée ($p = 0,000815$) est extrêmement faible, inférieure non seulement au seuil de 5 %, mais également au seuil de 1 %, ce qui confère aux résultats une signification très forte ($p < 0,001$). Cette valeur p quasi nulle confirme que la différence observée entre les moyennes des deux groupes ne peut être attribuée au hasard, mais résulte d'un effet réel lié à la nature biologique des organismes étudiés. Sur le plan biologique, ces résultats traduisent la capacité reproductive supérieure de *Bactrocera oleae*, dont les émergences élevées expliquent la persistance de l'insecte malgré la pression exercée par le parasitoïde. De son côté, *Psytalia concolor* montre des émergences régulières et proportionnelles à la présence de pupes du ravageur, ce qui est conforme à la nature hôte-parasitoïde : le parasitoïde ne peut dépasser en abondance son hôte, mais parvient

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psytalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

néanmoins à maintenir une pression constante sur ses populations.

Cette relation, confirmée statistiquement, met en évidence que *P. concolor* intervient de manière efficace dans la régulation naturelle du ravageur, même si ses effectifs restent limités par la densité des pupes disponibles.

Les résultats de l'ANOVA démontrent l'existence d'une variation réelle et significative entre les deux espèces, reflétant leur dynamique écologique respective. Ces données appuient de manière robuste l'importance de *P. concolor* comme agent potentiel de lutte biologique et renforcent la pertinence de son utilisation dans les programmes de gestion intégrée.

Ainsi, l'analyse statistique soutient pleinement le rôle fonctionnel du parasitoïde, tout en soulignant la nécessité de stratégies complémentaires pour contrôler efficacement les populations du ravageur.

5.3. Discussion

Le programme de lutte biologique contre *Bactrocera oleae* a connu des avancées notables grâce à l'utilisation de *Psytalia lounsburyi* comme agent de lutte efficace. Ce parasitoïde a été introduit avec succès dans plusieurs pays méditerranéens, où des études récentes ont montré des taux de parasitisme dépassant 20 % dans les fruits infestés collectés sur le terrain. Toutefois, ces performances demeurent variables selon les conditions locales, certaines régions enregistrant un faible niveau d'établissement ou une efficacité limitée du parasitoïde. Des essais en conditions contrôlées ont néanmoins rapporté des taux de parasitisme supérieurs à 50 % lorsque le parasitoïde est élevé sur des aliments artificiels (**Cheyppé-Buchmann, 2010**). Au cours des dernières années, plusieurs travaux ont recommandé le recours à des lâchers massifs de parasitoïdes, susceptibles d'atteindre des résultats prometteurs lorsque les conditions écologiques et phénologiques sont réunies. Dans le cadre de nos essais, les individus élevés en laboratoire ont permis d'obtenir jusqu'à 30 % de parasitisme sur *B. oleae*, démontrant leur aptitude à se développer sur cet hôte. Les conditions climatiques se révèlent déterminantes pour la réussite du parasitisme, influençant le développement, la longévité et la fécondité des femelles. Parmi ces facteurs, la température joue un rôle prépondérant : une plage de 20 à 25 °C semble optimale, tant pour la survie du parasitoïde que pour celle de son hôte (**Ur Rehman et al., 2009**).

Les conditions agroclimatiques de la région de Biskra offrent un contexte favorable à l'acclimatation et à la reproduction de *Psytalia concolor*. L'abondance du ravageur *B. oleae* constitue un atout supplémentaire pour le maintien des populations du parasitoïde, qui montre

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psytalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

une préférence marquée pour cette espèce, bien qu'il puisse occasionnellement parasiter d'autres Tephritidae non hôtes. Des études antérieures indiquent que les femelles âgées de 24 heures possèdent déjà une moyenne de 18 œufs matures, pouvant atteindre une centaine quatre jours après l'émergence lorsqu'elles sont correctement alimentées (**Achouche, 2021** ; **Ur Rehman et al., 2009**). Les lâchers réalisés huit à dix jours après l'émergence, au moment où les infestations de fruits sont les plus élevées, permettent d'optimiser l'efficacité du contrôle biologique. Cependant, malgré son potentiel, *P. concolor* n'a pas toujours répondu aux attentes des programmes de lutte biologique classique. Les principales limites résident dans l'absence de synchronisation entre le cycle du parasitoïde et celui du ravageur, dans la faible survie hivernale du parasitoïde dans certaines zones oléicoles, ainsi que dans la concurrence exercée par les espèces parasitoïdes indigènes. Ces obstacles soulignent la nécessité d'un suivi approfondi de l'établissement et de la dispersion du parasitoïde après son introduction (**Wang et al., 2021**). L'efficacité de *P. concolor* dépend également de la disponibilité en hôtes et des conditions microclimatiques, notamment de l'humidité relative, facteur critique pour le développement larvaire et la survie des adultes (**Canale et Benelli, 2012**). Des températures inférieures à 15 °C inhibent le développement pré-imaginal, tandis que des humidités trop faibles réduisent la viabilité des larves (**Giunti et al., 2016**). Des lâchers réguliers sont donc indispensables pour maintenir une pression de parasitisme suffisante, d'autant plus que le parasitoïde attaque préférentiellement les larves de troisième stade, lorsque les dégâts aux fruits sont déjà amorcés (**Trostle et Duke, 2005**). Dans la perspective d'une lutte intégrée, plusieurs études, notamment celles de **Broumas et al. (2002)** et **Adán et al. (2007)**, ont mis en évidence la compatibilité des régulateurs de croissance des insectes avec les ennemis naturels de *B. oleae*. Ces résultats ouvrent la voie à une stratégie combinée associant lutte biologique et moyens chimiques sélectifs, permettant de réduire l'usage d'insecticides tout en préservant l'équilibre écologique des oliveraies.

Conclusion

Les résultats sur le parasitisme peuvent nous amener à penser que les faibles densités de mouches de l'olive observées peuvent être dues à la régulation parasitaire de ces populations et à la compétition provoquée par l'arrivée de *B. oleae*. Le faible nombre d'individus obtenus est probablement lié à la nouveauté de sa reproduction à partir de *P. concolor* et au nombre limité d'individus utilisés lors des campagnes d'élevage. Cependant, avec sa présence déjà détectée dans les larves hôtes, sa reproduction et son implication dans le contrôle des espèces invasives

Chapitre 5 : Élevage du parasitoïde *Psytalia concolor* pour le contrôle biologique de *Bactrocera oleae*

de *B. oleae* semblent prometteuses dans les années à venir.

Il serait intéressant de voir dans quelle mesure *Psytalia concolor* aura un impact sur la communauté de Tephritidae présente à Biskra. Par exemple, sa présence pourrait-elle entraîner l'extinction locale d'autres Tephritidae ? De même, il serait pertinent de suivre la dispersion de *P. concolor* pour déterminer toutes ses espèces hôtes, sa capacité de dispersion, son impact sur la densité de *B. oleae* et son développement éventuel d'autres Tephritidae. Il serait également crucial de suivre les taux de parasitisme dans toutes les régions, en fonction des fruits hôtes. Enfin, pour limiter le risque de nouvelles invasions de Tephritidae, il faudra renforcer son système de surveillance phytosanitaire.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

La mouche de l'olivier, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera : Tephritidae), est le principal ravageur des olives; cette mouche peut connaître de véritables explosions de population auxquelles l'arbre ne peut s'adapter grâce à sa résistance naturelle. En effet, la fécondité, la longévité et la mobilité des adultes confèrent à l'espèce un grand potentiel biotique, de sorte qu'en présence de sources de nourriture et de conditions climatiques adéquates, la population peut se multiplier massivement avec plusieurs générations par an. Dans les régions oléicoles du bassin méditerranéen, *B. oleae* passe l'hiver dans le sol au stade de nymphe ou d'adulte et, au printemps, peut compléter une première génération sur les fruits non récoltés de l'olivier. Le nombre de générations atteintes entre fin juin et décembre dépend directement de la température. Notre étude a confirmé la présence de *B. oleae*, le ravageur le plus dangereux de l'olivier, dont les fluctuations dépendent des conditions qui prévalent. La physiologie de l'arbre et les conditions pédoclimatiques ont un impact significatif sur l'infestation de l'olivier, dont l'intensité peut affecter la quantité et la qualité de l'huile d'olive produite.

La combinaison de pièges jaunes collants et de pièges à phéromones McPhail pour le piégeage de masse est la plus efficace pour réduire la population de mouches de l'olive adultes, car ils interfèrent avec leur capacité à se reproduire et à pondre sur les olives, ce qui perturbe leur reproduction et réduit leurs dégâts. C'est au début du mois de décembre que nous avons observé la plus forte dynamique de population. L'absence de produits phytosanitaires dans le verger signifie que les ennemis naturels sont présents.

Les populations de mouches de l'olive sont affectées par les conditions climatiques comme tous les insectes; le taux d'infestation diminue lorsque les températures sont extrêmes (froid hivernal et chaleur estivale).

Les résultats de notre étude ont révélé des schémas saisonniers dans la présence des mouches des fruits de l'olive. Ces observations comprennent le moment où les populations de mouches atteignent leur maximum, les facteurs environnementaux qui influencent leur reproduction et leur survie, et les interactions avec leurs ennemis naturels. Nous avons évalué les méthodes de contrôle telles que l'utilisation de pièges attractifs, le piégeage de masse et les pratiques culturales. Si l'efficacité de ces méthodes est généralement évaluée en termes de réduction des populations de mouches et de protection des cultures, il est également essentiel de prendre en compte les effets écologiques de la présence de la mouche de l'olivier. Plusieurs facteurs environnementaux, dont la disponibilité des ressources alimentaires, les conditions climatiques et les ennemis naturels, influencent la population de la mouche de l'olivier.

Nous devons poursuivre nos recherches dans les différentes oliveraies de notre région afin de contrôler les populations des principaux ravageurs et maladies et ainsi espérer améliorer

Conclusion générale

la quantité et la qualité des produits oléicoles.

Nous avons trouvé des méthodes de contrôle et des solutions de lutte intégrée pour minimiser les dommages causés par la mouche de l'olivier et réduire l'utilisation de pesticides. Nous souhaitons encourager les chercheurs à s'intéresser de plus près à ce ravageur qui s'attaque à l'olivier en tant que consommateur et en tant que producteur d'huile.

Les résultats obtenus dans cet essai permettent de conclure que la technique de capture massive à l'aide des pièges McPhail à phéromone et les piège jaune englué et pièges "Olige" appâtés avec 5 % de phosphate diammonique sont des techniques prometteuses de protection contre la mouche de l'olivier en Biskra, dans les oliveraies de 13 variétés sans traitements phytosanitaires ont été appliqués pour lutter contre le ravageur, qui est une source importante de pupes hivernantes. Dans les conditions étudiées, la densité de population des adultes de l'insecte et le pourcentage de fruits attaqués dans la parcelle soumise à la capture massive ont connu une réduction notable au cours des années d'observation.

L'avant-dernière saison hivernale a été caractérisée par une forte pression de la mouche de l'olivier, de sorte que le nombre d'adultes capturés dans les pièges, à la fois les pupes au sol et les larves à l'intérieur des fruits tombés sur le sol non récolté qui est une source importante de pupes hivernantes, a été très élevé. De plus, les conditions environnementales de l'hiver (faible pluviométrie et températures plus élevées que d'habitude) ont favorisé la survie des pupes hivernantes, si bien que nous démarrons cette saison avec une population plus importante que celle de l'hiver 2022 et du début de l'hiver 2024. Face à cette situation, nous sommes confrontés à un défi majeur pour la santé végétale de l'olivier, car le volume et la qualité de la prochaine récolte dépendront en grande partie d'un contrôle efficace de la mouche des fruits de l'olivier. Les méthodes de lutte les plus efficaces pour maintenir le ravageur à des niveaux économiquement acceptables peuvent être divisées en l'application d'un réseau de piégeage de masse pour attirer et capturer ou tuer les adultes par divers stimuli (visuels, alimentaires, etc.), ce qui entraîne une réduction des populations, ainsi que des dommages et des pertes causées par ce ravageur. Les données recueillies lorsque ces techniques ont été appliquées montrent une réduction et retardation de vol des adultes, au cours de la même période, les populations de ravageurs ont diminué. Par conséquent, l'utilisation de techniques de piégeage de masse ou de capture et de destruction pour *Bactrocera oleae* nécessite l'installation de dispositifs de piégeage qui peuvent être maintenus sur l'arbre tout au long de l'année et même au moment de la récolte.

Cela permet de réduire les pics de population par des captures hors saison et de réduire la population hivernale de mouches de l'olivier.

Conclusion générale

Les résultats de trois saisons de récolte consécutives d'étude confirment qu'il existe un niveau clair de sensibilité variétale et de sévérité aux attaques de la mouche. Les résultats obtenus permettent de classer les variétés en 3 groupes de précocité différente à la ponte de *Bactrocera*, en considérant le début de l'attaque lorsque la ponte atteint 5 % et en rapportant à la variété de référence Ferkani. Les variétés Bouchouk Soumam, Bouchouk Lafaeite, Blanquette de Guelma, et Frontio sont des variétés tardives et peu sensibles à *Bactrocera oleae* (affection maximale inférieure à 45 %, en l'absence de traitements et avec une entrée du ravageur près de 2 mois plus tard que Ferkani). Une fois que le ravageur a commencé à pondre, deux groupes de comportement différents dans lesquels ont également été déterminés en fonction de la progression de l'attaque de la mouche.

Les caractéristiques de précocité, de sévérité et d'explosivité peuvent faciliter le choix des variétés, en particulier dans les zones où l'incidence du ravageur est élevée. Elle également d'adapter la lutte intégrée à chaque variété, car elle nous aide à déterminer le moment où il faut commencer les contrôles, le choix de la stratégie de protection, la mise en place d'un système de gestion des risques, et de la lutte intégrée.

Le moment de l'intervention est la meilleure façon d'appliquer les différentes méthodes de contrôle, y compris la variation des seuils d'intervention.

L'observation du niveau des piqûres en fonction de l'orientation est utile pour déterminer le lieu d'application de certaines méthodes de lutte (piégeage de masse, produits appâts...), qui peuvent alors être plus efficaces.

Notre étude sur l'estimation du taux d'infestation de la variété Chemlal par la mouche *B. oleae*, réalisée dans l'oliveraie de la région de Biskra, d'octobre 2021 à janvier 2024, durant trois saisons de récolte des olives, a révélé que le taux d'infestation des deux vergers est insignifiant, avec une moyenne de 8 %, 20,8 % et 4 %, respectivement. Les résultats montrent également que le taux d'infestation des olives lors de la deuxième saison de récolte est plus élevé dans les deux saisons étudiées. En ce qui concerne la répartition des attaques de mouches de l'olivier par direction cardinale, le côté Est de l'arbre a été le plus infesté au cours des trois saisons de récolte, ce qui signifie que les taux d'attaque sont proches pour toutes les directions.

Les études devraient se concentrer sur des moyens peu coûteux et respectueux de l'environnement pour piéger les mouches, car notre étude a montré que la récolte précoce réduit les blessures et les dommages causés par la mouche de l'olivier.

Les principaux facteurs limitant cette espèce sont certains calcidoïdes, qui agissent comme parasitoïdes ectophages génériques, et une espèce d'insecte de la famille Braconidae, qui agit comme un endoparasitoïde, dont l'utilisation est étudiée depuis longtemps et sans succès.

Conclusion générale

pour améliorer la lutte biologique contre ce ravageur. L'amélioration de la lutte contre ce Tephritidae repose sur le suivi de la dynamique des populations d'adultes et de préimagos. À cet égard, il est également important d'affiner les modèles de prédiction basés sur des données météorologiques et biologiques. Cependant, il n'existe pas encore de stratégie qui réponde à la fois aux exigences d'efficacité, et la durabilité économique. Dans l'attente de réalisations concrètes et positives avec des approches innovantes telles que celles de la lutte biologique, de la symbiose bactérienne et des substances sémiochimiques liées à la nutrition et à la reproduction, la solution la plus avancée est une application judicieuse des principes de la protection intégrée suivant une logique de lutte sur de grandes surfaces.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

- Abdelazize, R., Toubdji, N. (2016).** Contribution à l'étude de l'impact de la mouche des olives, *Bactrocera oleae*, sur la production des olives et sur la qualité organoleptique de l'huile d'olive dans les régions oléicoles de la wilaya de Bouira, Université Tizi Ouzou, 138 p.
- Achouche, A. (2021).** *Bactrocera oleae* Gmelin 1790 (Diptera, Tephritidae): Traits d'histoire de vie et perspectives de lutte. (Doctoral dissertation), 165 p.
- Acila, S. (2018).** Introduction de l'olivier (*Olea europaea* L.) à Oued Souf: Situation actuelle et perspectives de développement, cas de l'exploitation Daouia (Doctoral dissertation). Université de Ouargla, 192 p.
- Adán, A., González, T., Bastante, R., Budia, F., Medina, P., Del Estal, P., & Viñuela, E. (2007).** Efectos de diversos insecticidas aplicados en condiciones de laboratorio extendido sobre *Psyllalia concolor* (Szèpligeti) (Hymenoptera: Braconidae). Bol. San. Veg. Plagas, 33, 391-397.
- Adghar, A. (2022).** Identification des différentes maladies et ravageurs de l'olivier *Olea europaea* dans la région d'Azeffoun (Université de Tizi-Ouzou), 85 p.
- Afidol (2016).** Les guides de l'Afidol: protection raisonnée et biologiques des oliviers. Ed. Association Française interprofessionnelle de l'Olive. Aix-en-Provence. 36 p.
- Alberola, T.M., Aptosoglou, S., Arsenakis, M., Bel, Y., Delrio, G., Ellar, D.J., Ferré, J., Granero, F., Guttmann, D.M., Koliais, S., Martínez-Sebastián, M.J., Prota, R., Rubino, S., Satta A, Scarpellini, G., Sivropoulou, A., Vasara, E. (1999).** Insecticidal activity of strains of *Bacillus thuringiensis* on larvae and adults of *Bactrocera oleae* Gmelin (Dipt. Tephritidae). Journal of Invertebrate Pathology, 74(2), 127-136. doi: <https://doi.org/10.1006/jipa.1999.4871>
- Aldebis, H. K., & Vargas-Osuna, E. (2003).** La mosca del olivo, daños y métodos de lucha. Vida rural, 176, 42-46.
- Alvarado, M., Civantos, M., Durán, J.M. (2008).** Plagas. En: Barranco D, Fernández Escobar R, Rallo L (eds) El cultivo del olivo 6a edición. Mundi-Prensa y Junta de Andalucía, Madrid, pp 509-594.
- AlWahaibi, A. K. (2024).** Fruit Flies Fauna, Bio-ecology, Economic Importance and Management with an Overview of the Current State of Knowledge in the Sultanate of Oman and the Arabian Peninsula. Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS], 29(1), 15-55.
- Amiot, M. J., Fleuriel, A., & Macheix, J. J. (1989).** Accumulation of oleuropein derivatives during olive maturation. Phytochemistry, 28(1), 67-69.
- Ant, T., Koukidou, M., Rempoulakis, P., Gong, H. F., Economopoulos, A., Vontas, J., &**

Références Bibliographiques

- Alphey, L. (2012).** Control of the olive fruit fly using genetics-enhanced sterile insect technique. BMC biology, 10, 1-8. doi: <https://doi.org/10.1186/1741-7007-10-51>
- Armendáriz, I., Pérez-Sanz, A., Nicolás, J., Aparicio, E., Juárez, J. S., & Miranda, L. (2009).** Cinco años de seguimiento de la mosca del olivo (*Bactrocera oleae* [Gmelin, 1790]) en los Arribes del Duero. Bol. San. Veg. Plagas, 35, 219-229.
- Bacci, L., Lupi, D., Savoldelli, S., & Rossaro, B. (2016).** A review of Spinosyns, a derivative of biological acting substances as a class of insecticides with a broad range of action against many insect pests. Journal of Entomological and Acarological Research, 48(1), 40-52.
- Barrero, M. A., Valiente, E. D., Escudero, F. P., González, A. S., Vila, L. M. T., Galán, F. B., ... & García, J. J. F. (2006).** Dinámica poblacional de " *Bactrocera oleae*" Gmelin en Extremadura: fluctuación estacional en el estado reproductivo y en el tamaño imaginal. Boletín de sanidad vegetal. Plagas, 32(1), 57-70.
- Belcari, A., Sacchetti, P., Rosi, M. C., & Del Pianta, R. (2003).** Control of the olive fly (*Bactrocera oleae*) through the use of copper products in Central Italy. IOBC/WPRS Bulletin, 28, 45-48.
- Benderradj, L., Djebri, F. Z., Rebbas, K., Ghadbane, M., Bounar, R., Benniou, R. (2016).** Oléiculture dans la région d'El-Hodna (M'sila, Algérie): état des lieux et régénération in vitro de l'olivier, Revue semestrielle, Université Ferhat Abbas Sétif 1, pp : 259 – 264.
- Bento, A., Torres, L., Lopes, J., Pereira, J., & Rocha, M. (1998).** Ensaio de captura em massa contra a mosca-da-azeitona, *Bactrocera oleae* (Gmel.). Revta ciênc. agár. 21 (1-2-3 e 4): 231-235.
- Bigler, F., Neuenschwander, P., Delucchi, V., and Michelakis, S. (1986).** Natural Enemies of Preimaginal Stages of *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Tephritidae) in Western Crete. II. Impact on Olive Fly Populations . Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri', Portici , 43 : 79-96.
- Bonny, S. (1994).** Les possibilités d'un modèle de développement durable en agriculture: le cas de la France. Le Courrier de l'environnement de l'INRA, 23(23), 5-15.
- Bouzeboudja, D., & Messaoud, R. (2021).** Evaluation de l'infestation de deux vergers oléicoles par la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae* dans la région de Draa El Mizan, Université de Tizi-Ouzou), 72 p.
- Broumas, T., Haniotakis, G., Liaropoulos, C., Tomazou, T., & Ragoussis, N. (2002).** The efficacy of an improved form of the mass-trapping method, for the control of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin)(Dipt., Tephritidae): pilot-scale feasibility studies.

Références Bibliographiques

- Journal of Applied Entomology, 126(5), 217-223.
- Bueno, A. M., & Jones, O. (2002).** Alternative methods for controlling the olive fly, *Bactrocera oleae*, involving semiochemicals. IOBC wprs Bulletin, 25(9), 147-156.
- Byron, M. A., & Gillett-Kaufman, J. L. (1999).** Olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Rossi)(Insecta: Diptera: Tephritidae). Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension, 1-4. doi: <https://doi.org/10.32473/edis-in270-2003>
- Caleca, V., Rizzo, R., Battaglia, I., & Palumbo Piccionello, M. (2007).** Tests on the effectiveness of mass trapping by Eco-trap (Vyoril) in the control of *Bactrocera oleae* (Gmelin) in organic farming. IOBCwprs Bulletin.
- Canale, A., & Benelli, G. (2012).** Impact of mass-rearing on the host seeking behaviour and parasitism by the fruit fly parasitoid *Psyllalia concolor* (Szépligeti)(Hymenoptera: Braconidae). Journal of Pest Science, 85, 65-74.
- Cheyppe-Buchmann, S. (2010).** Variabilite Genetique, Hybridation et Succes des Invasions Biologiques, Cas de l'auxiliaire de lutte biologique *Psyllalia lounsburyi* (Hymenoptera, Braconidae), Docteur en Sciences (Doctoral dissertation, AgroParisTech), 220 p.
- Civantos, L. (2008).** Capítulo 1. La olivicultura en el mundo y en España. En: Barranco D, Fernández Escobar R, Rallo L (eds) El cultivo del olivo 6a edición. Mundi-Prensa y Junta de Andalucía, Madrid, pp 19-34.
- Clarke, A. R., Harris, C., Kay, B. J., Mainali, B. P., McLay, L. K., Strutt, F., & Cunningham, J. P. (2022).** Opiine parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) and biological control of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Australia: Past, present and future. Annals of Applied Biology, 180(1), 44-72.
- Corrado, G., Alagna, F., Rocco, M., Renzone, G., Varricchio, P., Coppola, V., ... & Rao, R. (2012).** Molecular interactions between the olive and the fruit fly *Bactrocera oleae*. BMC plant biology, 12, 1-17.
- Daane, K. M., & Johnson, M. W. (2010).** Olive fruit fly: managing an ancient pest in modern times. Annual review of entomology, 55(1), 151-169.
- Deguine, J. P., Gloanec, C., Laurent, P., Ratnadass, A., & Aubertot, J. N. (2016).** Protection agroécologique des cultures, Editions Quae, 536p.
- Diez, C. M., Trujillo, I., Martinez-Urdiroz, N., Barranco, D., Rallo, L., Marfil, P., & Gaut, B. S. (2015).** Olive domestication and diversification in the Mediterranean Basin. New Phytologist, 206(1), 436-447.
- Dimou, I., Koutsikopoulos, C., Economopoulos, A. P., & Lykakis, J. (2003).** Depth of pupation of the wild olive fruit fly, *Bactrocera (Dacus) oleae* (Gmel.)(Dipt., Tephritidae),

Références Bibliographiques

- as affected by soil abiotic factors. Journal of applied entomology, 127(1), 12-17.
- Duyck, P. F., Sterlin, J. F., & Quilici, S. (2004).** Survival and development of different life stages of *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures compared to other fruit fly species. Bulletin of Entomological Research, 94(1), 89-93.
- Fabbri, A., & Ganino, T. (2002).** Organic olive growing in Italy. Advances in horticultural science, 16(3-4), 204-217.
- Fernández-Escobar, R., De la Rosa, R., Leon, L., Gomez, J. A., Testi, L., Orgaz, F., ... & Masallem, M. (2013).** Evolution and sustainability of the olive production systems. Options Méditerranéennes, 106, 11-42.
- Gacem, K., & Mezerdi, F. (2025).** Evaluation of the impact of olive fruit fly (*Bactrocera oleae* [Gmelin, 1790], Diptera: Tephritidae) infestation on olive grove in Biskra (Algeria). Acta agriculturae Slovenica, 121(4), 1–9. doi: <https://doi.org/10.14720/aas.2025.121.4.18536>
- Gacem, K., & Mezerdi, F. (2024).** Breeding and conservation of the parasitoid *Psyllalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) to control the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) and protect olive crops. Acta Universitatis Sapientiae Agriculture and Environment, 16(2024) 28–40. doi: <https://doi.org/10.47745/ausae-2024-0003>
- Gacem, K., Mezerdi, F., & Nia, B. (2024).** Preservation of olive cultivation through the application of different control techniques against the olive fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in Biskra region (Algeria). International Journal of Environmental Studies, 82(3) 1166–1177. doi: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2439755>
- Garantonakis, N., Varikou, K., Markakis, E., Birouraki, A., Sergentani, C., Psarras, G., & Koubouris, G. C. (2016).** Interaction between *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) infestation and fruit mineral element content in *Olea europaea* (Lamiales: Oleaceae) cultivars of global interest. Applied Entomology and Zoology, 51(2), 257-265.
- Giunti, G., Benelli, G., Messing, R. H., & Canale, A. (2016).** Early adult learning affects host preferences in the tephritid parasitoid *Psyllalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Pest Science, 89, 529-537.
- Greenland, S., Senn, S. J., Rothman, K. J., Carlin, J. B., Poole, C., Goodman, S. N., & Altman, D. G. (2016).** Statistical tests, P values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. European journal of epidemiology, 31(4), 337-350.
- Grioua, N. (1989).** Le principali avversità parassitarie dell'olivo. Assessorato agricultura, alimentazione, Foreste, Caccia e Pesca, Riforma Fondiaria, 134 p.
- Güncan, A., & Durmuşoğlu, E. (2004).** Bitkisel kökenli doğal insektisitler üzerine bir değerlendirme. Hasad dergisi, 233, 26-32.

Références Bibliographiques

- Hadjkaddour, A. (2016).** Evaluation du Volume de la Biomasse Aérienne de l'Olivier cas des oliveraies de Sig de la Wilaya de Mascara, Université de Mostaganem, 94 p.
- Hadjou, L., Lamani, O., Cheriet, F. (2013).** Labellisation des huiles d'olive algériennes: contraintes et opportunités du processus?. New Medit, 12(2), 35-46.
- Hamdan, A. J. (2016).** Bionomics of olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Rossi) [Diptera: Tephritidae] infesting ten olive cultivars in the southern highlands of West-Bank, Palestine. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR). 27(3), 194-203.
- Haniotakis, G. E. (2005).** Olive pest control: present status and prospects. IOBC wprs Bulletin, 28(9), 1.
- Headrick, D. H., & Goeden, R. D. (1998).** The biology of nonfrugivorous tephritid fruit flies. Annual Review of Entomology, 43(1), 217-241.
- Helvaci, M., Aktaş, M., & Ozden, O. (2018).** Occurrence, damage, and population dynamics of the olive fruit fly (*Bactrocera oleae* Gmelin) in the Turkish Republic of Northern Cyprus. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 42 (6), 453-458.
- Jain, P., Pandey, R., & Shukla, S. S. (2015).** Natural Sources of Anti-inflammation. Inflammation: Natural Resources and Its Applications, 25-133.
- Joy Burrack, H., & Zalom, F. G. (2008).** Olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) ovipositional preference and larval performance in several commercially important olive varieties in California. Journal of Economic Entomology, 101(3), 750-758.
- Kalaitzaki, A., Perdikis, D., Marketaki, M., Gyftopoulos, N., & Paraskevopoulos, A. (2014).** Natural enemy complex of *Bactrocera oleae* in organic and conventional olive groves. IOBC/WPRS Bulletin, 108, 61-68.
- Kapatos, E. T. (1989).** Integrated pest management systems of *Dacus oleae*. Fruit Flies. Their biology, natural enemies and control. B, 3, 391-396.
- Kerboua, M. (2003).** La production et la consommation d'huile d'olive à l'horizon 2010 en Algérie. Rev. Olivae, N° 99, pp 56-58.
- Kherroubi, S. (2016).** Contribution à l'étude des ravageurs de l'olivier et de leurs auxiliaires en grande kabylie. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), El Harrach, Alger.162 p.
- Lachibi, M. (2023).** The Economic Performance Analysis of the Algerian Olive Oil Sector: Competitiveness and Prospects. Tobacco Regulatory Science (TRS), 2581-2594.
- Lantero, E., Matallanas, B., & Callejas, C. (2023).** Current status of the main olive pests: Useful integrated pest management strategies and genetic tools. Applied Sciences, 13(21),

Références Bibliographiques

- 12078.
- Lasa, R., Rull, J., Suárez, L., Mello Garcia, F. R., Williams, T., & Díaz-Fleischer, F. (2024).** Monitoring and Mass Trapping of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in the Americas. Management of Fruit Flies in the Americas, 67-126.
- Laval, A., Bernard, J. L., Berthelin, J., Brunet, Y., Job, D., Parent-Massin, D., ..., & Vivier, N. (2023).** Un monde, une santé, Un éclairage sur le rôle des plantes, de l'air, de l'eau et du sol, 122 p.
- Lebbouz, S. (2021).** Valorisation des sous-produits d'olive pour la promotion de l'élevage caprin dans le bas-Sahara : Cas de la région de Ouargla, université de Ouargla), 64 p.
- Lo Bianco, R., Proietti, P., Regni, L., & Caruso, T. (2021).** Planting systems for modern olive growing: Strengths and weaknesses. Agriculture, 11(6), 494.
- Makee, H., & Saour, G. (2003).** Effects of Kaolin Particle Film on Olive Fruit Yield, Oil Content and Quality. Advances in horticultural science [rivista dell'ortofloro e tutticolatura italiana]. 17 (N. 4), 2003, 1000-1003.
- Malheiro, R., Casal, S., Baptista, P., & Pereira, J. A. (2015).** A review of *Bactrocera oleae* (Rossi) impact in olive products: From the tree to the table. Trends in Food Science & Technology, 44(2), 226-242.
- Martínez-Núñez, C., Rey, P. J., Manzaneda, A. J., Tarifa, R., Salido, T., Isla, J., ... & Molina, J. L. (2020).** Direct and indirect effects of agricultural practices, landscape complexity and climate on insectivorous birds, pest abundance and damage in olive groves. Agriculture, Ecosystems & Environment, 304, 107145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107145>
- Mazomenos, B. E., Pantazi-Mazomenou, A., & Stefanou, D. (2002).** Attract and kill of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* in Greece as a part of an integrated control system. IOBC wprs Bulletin, 25(9), 137-146.
- Menacer, S., Khamkhoum, S., Fadlaoui, S., & Mehaoua, M. S. (2024).** Evaluating olive cultivar sensitivity to *Bactrocera oleae* infestation and its impact on olive oil quality in the arid region of Biskra, Algeria. South Florida Journal of Development, 5(11), 1-16. doi: <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n11-040>
- Menzer, N. (2016).** Entomofaune de l'olivier dans quelques régions d'Algérie (Doctoral dissertation, ENSA), 79 p.
- Moussi, S., Tellah, S., Douzane, M., Faci, M., Abdi, A., Papoutaski, Z., & Tamendjari, A. (2024).** Biochemical and Pomological Variability of Several Autochthonous Olive Cultivars Grown in Algeria. Rivista Italiana delle Sostanze Grasse, 101(1).

Références Bibliographiques

- Müller, F. A., Dias, N. P., Gottschalk, M. S., Garcia, F. R. M., & Nava, D. E. (2019).** Potential distribution of *Bactrocera oleae* and the parasitoids *Fopius arisanus* and *Psytalia concolor*, aiming at classical biological control. Biological control, 132, 144-151.
- Navarro-Llopis, V., & Vacas, S. (2014).** Mass trapping for fruit fly control. Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies: lures, area-wide programs, and trade implications, 513-555.
- Neuenschwander, P., Michelakis, S., Kapatos, E. (1986).** *Dacus oleae* (Gmel.). Entomologie oleicole, Madrid, Espagne, 115-159.
- Notario, A., Sánchez, R., Luaces, P., Sanz, C., & Pérez, A. G. (2022).** The infestation of olive fruits by *Bactrocera oleae* (Rossi) modifies the expression of key genes in the biosynthesis of volatile and phenolic compounds and alters the composition of virgin olive oil. Molecules, 27(5), 1650. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules27051650>
- Ouédraogo, S. N. (2011).** Dynamique spatiotemporelle des mouches des fruits (Diptera, Tephritidae) en fonction des facteurs biotiques et abiotiques dans les vergers de manguiers de l'ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Paris Est, 156 p.
- Patanita, M.I., Cardoso, M., Mexia, A. (1997).** Contribuição para a avaliação dos prejuízos causados pela mosca da azeitona – *Bactrocera oleae* (Gmelin) no Alentejo. IV Encontro Nacional de Protecção Integrada, Universidade dos Açores, p397-403.
- Petacchi, R., Rizzi, I., Guidotti, D. (2003).** The 'lure and kill' technique in *Bactrocera oleae* (Gmel.) control: effectiveness indices and suitability of the technique in area-wide experimental trials. International Journal of Pest Management 49: 305-311.
- Rice, R. E. (2000).** Bionomics of the olive fruit fly *Bactrocera* (*Dacus*) *oleae*. UC Plant Protection Quarterly, 10(3), 1-5.
- Sadoudi, A. (1996).** Production et commercialisation de l'huile d'olive en Algérie. Document du Ministère de l'agriculture et de la pêche, Alger, 13 p.
- Şahin, S., & Bilgin, M. (2018).** Olive tree (*Olea europaea* L.) leaf as a waste by-product of table olive and olive oil industry: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(4), 1271-1279.
- Sasso, R., Gualtieri, L., Russo, E., Nugnes, F., Gebiola, M., & Bernardo, U. (2020).** The establishment of a rearing technique for the fruit fly parasitoid *Baryscapus silvestrii* increases knowledge of biological, ecological, and behavioural traits. BioControl, 65, 47-57.
- Siddiqui, J. A., Fan, R., Naz, H., Bamisile, B. S., Hafeez, M., Ghani, M. I., ... & Chen, X.**

Références Bibliographiques

- (2023).** Insights into insecticide-resistance mechanisms in invasive species: Challenges and control strategies. *Frontiers in Physiology*, 13, 111278. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.111278>
- Sime, K. R., Daane, K. M., Kirk, A., Andrews, J. W., Johnson, M. W., & Messing, R. H.** (2007). *Psyllalia ponerophaga* (Hymenoptera: Braconidae) as a potential biological control agent of olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in California. *Bulletin of Entomological Research*, 97(3), 233-242.
- Singer, M. (2012).** Principaux ravageurs rencontrés et protection. Fiche de culture de l'olivier. La maison de l'agriculture.sud et bio, 5 p.
- Sirjani, F. O., Lewis, E. E., & Kaya, H. K. (2009).** Evaluation of entomopathogenic nematodes against the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, 48(3), 274-280. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.11.002>
- Sladonja, B., Poljuha, D., Krapac, M., Uzelac, M., & Mikulic-Petkovsek, M. (2021).** *Dittrichia viscosa*: Native-non native invader. *Diversity*, 13(8), 380. doi: <https://doi.org/10.3390/d13080380>
- Tabti, D. (2009).** Regénération in vitro de plants sains à partir d'Apex caulinaires de l'olivier *Olea europaea* L. var. Chemlal, ENSA, 98 p.
- Topuz, H., & Durmusoglu, E. (2008).** The effect of early harvest on infestation rate of *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) as well as yield, acidity, and fatty acid composition of olive oil/Einfluss des Erntetermins auf den Befall mit *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) sowie Ertrag, Säuregrad und Fettsäure-Zusammensetzung des Olivenöls. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 186-191.
- Torres, M., Pierantozzi, P., Searles, P., Rousseaux, M. C., García-Inza, G., Miserere, A., ... & Maestri, D. (2017).** Olive cultivation in the southern hemisphere: Flowering, water requirements and oil quality responses to new crop environments. *Frontiers in plant science*, 8, 1830.
- Toscano, P., Iannotta, N., & Scalercio, S. (2015).** Botanical and agricultural aspects: agronomic techniques and orchard management. *Agricultural and Food Biotechnologies of Olea europaea and Stone Fruits*. Bentham, 3-73.
- Trostle Duke, M. K. (2005).** Classical biological control of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann),(Diptera: Tephritidae): natural enemy exploration and nontarget testing (Doctoral dissertation, Texas A&M University), 226 p.
- Ur Rehman, J., Wang, X. G., Johnson, M. W., Daane, K. M., Jilani, G., Khan, M. A., Zalom, F. G. (2009).** Effects of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) seed extract on the

Références Bibliographiques

- olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) and its larval parasitoid *Psyttalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Economic Entomology, 102(6), 2233-2240.
- Vannière, H., Rey, J. Y., Vayssières, J. F., Maraite, H. (2013).** PIP-Itinéraire technique mangue (*Mangifera indica*), 88 p.
- Varikou, K., Kasiotis, K. M., Bempelou, E., Manea-Karga, E., Anagnostopoulos, C., Charalampous, A., ... & Machera, K. (2020).** A pesticide residues insight on honeybees, bumblebees and olive oil after pesticidal applications against the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). Insects, 11(12), 855.
- Varikou, K., Garantonakis, N., Denaxa, N. K., Tsafouros, A., Ntanos, E., Economou, L., Roussos, P. A. (2021).** Olive cultivar differences in fruit phenolic compounds and size define host preference of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). International Journal of Pest Management, 1-12.
- Vatansever Sakin, G. (2022).** The estimation of optimal harvesting period for olives, based on losses in the physical and mechanical properties caused by olive fruit fly infestation at different orchard altitudes. International Journal of Tropical Insect Science, 42(2), 1943-1957.
- Vossen, P., Varela, L., Devarenne, A. (2006).** Olive Fruit Fly. University of California Cooperative Extension .4 p.
- Wang, X., Walton, V. M., Hoelmer, K. A., Pickett, C. H., Blanchet, A., Straser, R. K., ... & Daane, K. M. (2021).** Exploration for olive fruit fly parasitoids across Africa reveals regional distributions and dominance of closely associated parasitoids. Scientific Reports, 11(1), 6182. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85253-y>
- Warlop, F. (2006).** Limitation des populations de ravageurs de l'olivier par le recours à la lutte biologique par conservation. Cahiers Agricultures, 15(5), 449-455.
- Zanoni, S., Baldessari, M., De Cristofaro, A., Angeli, G., & Ioriatti, C. (2019).** Susceptibility of selected apple cultivars to the Mediterranean fruit fly. Journal of applied entomology, 143(7), 744-753.
- Zervas, G. A. (1982).** A new long-life trap for olive fruit fly, *Dacus oleae* (Gmelin)(Dipt., Tephritidae) and other Diptera. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 94(1-5), 522-529. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1982.tb02599.x>
- Zida, I., Sawadogo, A., Djiguemdé, S., Bastide, B. (2023).** Fluctuation des populations et évaluation des dégâts des mouches de fruits (Diptera: Tephritidae) dans les parcs à karité de l'Ouest du Burkina Faso: cas du transect Koumbia-Dano. BASE. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 27(3), 134-144.

ANNEXES

ARTICLE



Preservation of olive cultivation through the application of different control techniques against the olive fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in Biskra region (Algeria)

Kamila Gacem ^a, Farid Mezerdi  ^b and Billal Nia  ^c

^aLaboratory of Ecosystem Diversity and Agricultural Production System Dynamics in Arid Zones (DEDSPAZA), Department of Agronomic Science, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, University of Biskra, Biskra, Algeria; ^bLaboratory Promotion of Innovation in Agriculture in Arid Regions (PIARA), Department of Agronomic Science, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, University of Biskra, Biskra, Algeria; ^cCentre for Scientific and Technical Research on Arid Regions (CRSTRA), Mohamed Khider University Campus, Biskra, Algeria

ABSTRACT

The olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) is a main pest of olives, we monitored its dynamics and reproduction from October 2021 to January 2024 using four sampling techniques and control strategies, to prevent economic losses and preserve the olive crop in Biskra region. Mass trapping was the most effective in reducing adult olive fly populations. Pheromone traps, yellow sticky traps, and ammonia phosphate traps were less effective. We recommend the application of integrated management strategies to achieve the best results in controlling olive fruit fly dynamics.

KEYWORDS

Olive; pest; traps; strategies; control; Biskra

Introduction

Algeria, like many countries in the Mediterranean basin, offers very favourable ecological conditions for olive growing. The climate and soil, particularly along the coast and in surrounding areas, are ideal for this tree to flourish. Olive-growing takes place mainly in the northern part of the country, where most orchards (80%) are located in mountainous areas. The regions best known for this crop are the greater Kabylie region (Tizi-Ouzou, Bejaia, and Bouira), with these three wilayas specialising much more in olive production [1]. Olive cultivation is becoming increasingly widespread throughout Algeria.

Olive trees are mainly grown in the country's coastal areas, at a distance of 8 to 100 km from the sea, where they find favourable conditions for their development [2]. Most olive-growing areas are located in mountainous and hilly regions, as well as in the country's western plains (Mascara, Sig, Relizane) and valleys such as the Soummam [3]. This area has been significantly increased to develop intensive olive growing in the steppe, pre-Saharan, and Saharan areas (Msila, Biskra, Ghardaïa, etc.), to increase production and minimise imports [4].

CONTACT Kamila Gacem  kamila.gacem@univ-biskra.dz  Laboratory of Ecosystem Diversity and Agricultural Production System Dynamics in Arid Zones (DEDSPAZA), Department of Agronomic Science, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, University of Biskra, Biskra, Algeria

© 2024 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group



The olive tree has remarkable hardiness and plasticity, enabling it to produce under difficult conditions (adaptation to a wide range of soils and often inadequate irrigation), but its productivity is still limited by several biotic and abiotic factors. Phytosanitary problems are the main factor in the olive's low productivity [5]. Olive production is limited by several diseases and pests, leading to crop losses. The olive fruit fly is one of the main pests, attacking fruit and reducing productivity [6]. Attacks by the fly can destroy more than 80% of a crop, and also lead to a deterioration in oil quality, causing an increase in acidity [7].

Bactrocera oleae is undoubtedly the olive tree's most formidable enemy, causing severe damage in all the olive-growing centres of the Mediterranean basin [8], sometimes up to 30% of world production and 100% in some olive groves [9]. The olive fruit fly belongs to the order Diptera and the family Tephritidae. This family also includes several flies that ravage fruit trees, such as the cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi*, and the Mediterranean fruit fly; *Ceratitis capitata* and the walnut blight fly; *Rhagoletis completa* [10].

This study aims to assess the rate of infestation of olives by this insect pest in olive groves in El Outaya region in the wilaya of Biskra. Gathering this information is essential for controlling this dangerous pest. This study aims to sound the alarm about this scourge, which unfortunately affects most Mediterranean countries. All production must go hand in hand with protection, which gives the subject an importance that is phytopathological, economic, ecological, and scientific. Production, however abundant, cannot suffice without adequate protection.

Our work is divided into two parts, the first part deals with the description of the olive fly *Bactrocera oleae* and the different methods used to control this pest, and the second part looks at some of the results of the olive fly dynamic in olive orchards Biskra region.

Materials and methods

Location of the study area

This work is conducted in the olive orchard of El Outaya. This experimental area is located in the wilaya of Biskra in the Algerian southeast between the Aures region and the Ziban at the gates of the Sahara. The Olive Orchard is located at Latitude 34°55'55" North; longitude 5°39'35" East, and altitude 700 metres. The experimental orchard is young; the age of the trees is 16 years. The trees have been planted since March 2008. The distance between them is 4 metres. The orchard covers an area of 1.35 hectares. It is distributed regularly 28 lines x 29 trees with a total of 812 trees, composed of Chemlal variety. This is the dominant variety in Algeria.

Chemlal's olive oil is of excellent quality, and much valued by Algerian consumers. The Chemlal variety is very vigorous, the tree is erect, and the fruits are small, ovoid with a weight of 2.5 g. It represents about 40% of the olive trees cultivated in Algeria, and its oil yield is from 18 to 22%. It is self-sterile and is always associated with other varieties that ensure its pollination, such as Azeradj. Most of the trees are grafted on Oleaster seedlings. It is sensitive to the attacks of the bacterium *Pseudomonas savastanoï*, causing the tuberculosis of the olive tree [11]. The orchard is maintained by regular pruning and

irrigation, with ploughing and no phytosanitary treatments. No pesticides were applied to the olive orchard during the study period.

Population dynamics of *Bactrocera oleae* sampled in the olive grove

Description of olive fly development stages

During its development, the olive fruit fly passes through four distinct stages egg, larvae, pupae, and adult (Figure 1).

Egg. According to Raspi et al [12], the egg is whitish in colour, cylindrical in shape, and elongated, measuring about 0.7 mm by 0.2 mm in diameter. Eggs hatch after 2 to 4 days in summer and 10 to 16 days in autumn [13].

Larvae. Larvae are whitish maggots. They develop over 10 days, passing through three larval stages. The larvae live as an endophyte and consume the olive pulp, causing an increase in the acidity and peroxide value of the oil produced [14].

Pupae. The yellowish, elliptical pupae are 4 mm long and 2 mm wide. This is a transitional stage that enables the larvae to transform into an adult and the species to survive unfavourable periods, such as winter [15].

Adults. *Bactrocera oleae*, order Diptera, family Tephritidae. The adult is 4 to 5 mm long, with a characteristic black spot on the apical part of the wing. The abdomen is orange-brown with black spots. The thorax is dark with grey stripes and a white bar, the wings are hyaline and slightly iridescent with a smoky patch at their tips, and the legs are russet. The female can be identified by the presence of an ovipositor at the end of the abdomen, used to perforate the olive and lay the eggs [16].



Figure 1. Different development stages of the olive fly *Bactrocera oleae*.



Monitoring methods

Knowing the date when the fly appears in the orchard will enable more precise positioning of treatments, whatever the chosen control strategy.

P1: Mass trapping using a combination of yellow sticky traps and pheromone capsules.

Consists of a yellow sticky plate and a capsule of pheromone specific to olive fruit flies. The capsule attracts males, and the yellow colour attracts females and males [17].

These traps should be placed in the most attractive trees: those with large olives in the shelter of windbreaks, or in a humid area of the orchard [18,19].

P2: McPhail with pheromone traps. They are baited with a pheromone, which consists of placing a capsule on the trap, which diffuses the scent of the female fly or pheromone into the atmosphere. Male flies are attracted by this emanation and stick to the bottom of the trap in soapy water. This capsule has a diffusion time of four weeks and is more specific than food traps in catching olive fruit flies. Their effectiveness is much greater in autumn-winter than in spring-summer

P3: Yellow sticky traps. This type of trap is made of a plate (25 × 10 cm) of yellow soft plastic and coated with glue [20]. These traps are renewed every week. They were wrapped with cellophane, and on each part, we mentioned the date, the place of collection, and the crop for determining the trapped insects [21].

P4: Food traps. *B. oleae* is trapped by olfactory and colour attraction with yellow plastic bottles filled with a solution of sugar and ammonia phosphate in soapy water (fertiliser dosed at 30 to 40 g/l of water). These solutions must be renewed regularly (every 7 days if there is significant evaporation), and both sexes are attracted to the trap [22]. Trapping provides two types of information: the number of captures, and the structure of the trap.

Comparison protocol

Principle

This trial aims to compare the results of different types of traps and determine which is the most effective, thereby improving the olive fly flight curves obtained to date in Biskra region.

In this comparison, four types of traps were studied (P1, P2, P3 and P4). The first type, the P1 (mass trapping using a combination of yellow sticky traps and pheromone capsules) is the trap used to date in the region, P2 (McPhail trap with pheromone). We then took the P3 (yellow sticky trap) and set it up in different ways to try to improve the trap's performance and trap more olive fruit flies. For the P4 trap, yellow plastic bottles were mixed with sugar and ammonia phosphate in soapy water. The yellow sticky trap was placed on both sides of the trap to see if increasing the adhesive surface used was more effective for catching more olive fruit flies, noting that the numbers of olive flies caught in traps P3 and P4 are sometimes low owing to the low density of olive fruits around the traps because adults tend to fly around olive fruits. Thus, increasing the olive yield affects the high density of olive flies caught.

Management

We divided the olive grove into four homogeneous and contiguous blocks of 7 lines x 29 olive trees. In each block of 203 olive trees, we hung five traps of the four types we used

To obtain comparable results, and to avoid variations associated with trap location, we set up rotations. We carried out these rotations once a week. So, each week we replaced trap A with trap B, which replaced trap C, and so on, alternating between the ten traps in each block.

Under these conditions, each trap encountered the same geo-climatic conditions. This enabled us to obtain comparative results under real conditions, i.e. in the field, with minimal bias.

We changed all pheromone capsules every two weeks. We checked all P1, P2, P3, and P4 traps once a week. We changed the adhesive glue boards more regularly if too many insects stuck to them. When we caught an olive fruit fly, we counted it, checked its sex, and removed *Bactrocera oleae* from the trap so that it would not be counted again.

Experimental layout

The traps are located in a 1.35 ha area to minimise the bias induced by climatic conditions. By positioning all the traps in the same orchard of Chemlal variety, the risk of microclimate is reduced and our results remain comparable. The four blocks must have a minimum distance of 20 metres between each trap. This distance is required to avoid interference between each trap.

Data analysis

Statistical analyses were carried out using Excel 2019 software. Their purpose is to define any significant differences between trapping by different types of traps. Cumulative catches were calculated by trap type to compare four trap types together.

Comparisons were made using ANOVA or Student's t-tests (for trap comparisons).

Results

Trapping campaign

The flight curves obtained were compared with our curves for Biskra region.

These four traps were able to define the flight dynamics of olive fruit flies. Information was therefore also obtained on their method of operation.

Impact of trap monitoring

To determine whether the different traps had an impact on olive fly dynamics, the number of *Bactrocera oleae* caught during the trial was plotted in the following Figure 2 which shows the variation in olive fly population dynamics between the different traps.

The combination of yellow sticky traps and McPhail pheromone traps in mass trapping (P1) is the most effective in reducing the adult olive fly population, as they interfere with their ability to breed and lay eggs on olives, thus disrupting their reproduction and reducing their damage. McPhail traps with male-attracting

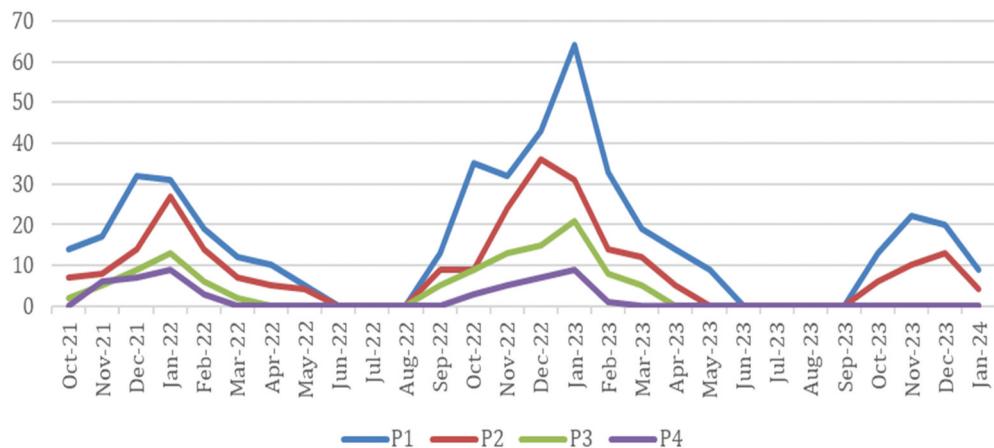


Figure 2. Population dynamics of *Bactrocera oleae* were sampled with four traps in the olive grove. P1: Mass trapping using a combination of yellow sticky traps and pheromone capsules, P2: McPhail with pheromone traps, P3: Yellow sticky traps, P4: Food traps (yellow plastic bottles filled with a solution of sugar and ammonia phosphate).

pheromone capsules (P2) caught more olive flies than other traps. We chose to use the yellow colour which is the most effective and brightest in the daytime owing to the sun's reflection. It attracts insects, especially from the Diptera order. Yellow sticky traps (P3) were effective because the olive fly adhered to the glue on the surface, and the results showed that these traps were more effective than ammonia phosphate food traps (P4). We observed the highest population dynamics in early December. Like most insects, *B. oleae* population dynamics are affected by climatic conditions: infestations are low when temperatures and humidity are extreme (cold in winter, hot and dry in summer). Conversely, infestations are very high when temperatures are moderate. Climatic conditions in this arid zone led to high mortality in June, July, and August when temperatures exceeded 35°C.

Global comparison by ANOVA single factor

The ANOVA assesses whether the differences observed between the sample means are statistically significant. Analysis of variance is used to determine whether the means of the four traps are different. F-tests are used to check whether the means are statistically equal. This allows us to examine the effect of the four traps on the dynamics of *Bactrocera oleae* and to see if changing traps affects their dynamics in Biskra.

In the case of the analysis data in the Excel program, we see that with a small p-value of the ANOVA F-test ($p < 0.05$). We reject the null hypothesis that all means are equal and conclude that at least one mean differs from the rest. Hence, olive fruit fly dynamic content is not equal across all traps.

In this case, statistical analyses were carried out on a cumulative total of olive fly catches. Single-factor analyses of variance were therefore carried out (Table 1), and the 1-factor ANOVA showed a significant difference between the trapping rates of the different traps ($p < 0.05$). ANOVA was used to determine which traps were different. It

Table 1. Results of the one factor analysis of variance comparing trap catches in the olive orchard.

SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
P 1	7	466	66.57143	3349.286	
P 2	7	259	37	1097.333	
P 3	7	113	16.14286	439.8095	
P 4	7	50	7.142857	118.8095	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	p-value	F crit
Between Groups	14624.29	3	4874.762	3.895728	0.021198	3.008787
Within Groups	30031.43	24	1251.31			
Total	44655.71	27				

Anova: One factor analysis of variance.

appears that trap P1 captures significantly more olive fruit flies than the other traps. Apart from trap P2, which has the yellow sticky plate, it also seems to capture more *Bactrocera oleae* than traps P3 and P4.

The different trapping strategies are linked to the results of the study area, where our four experimental blocks are located. The number of olive flies caught in our olive orchard corresponds to the fluctuation in the number of olive flies caught in all the traps in the orchard.

To simplify the observations we recorded over the 28 months of the study, we divided it into four-month quarters, including three olive fruiting seasons, during which we recorded an increase in olive fly dynamics, which peaked during the olive harvest period of each year and gradually decreased after the end of the harvest because of the absence of olive fruits, which are the food source of olive fly larvae, and this decrease in numbers results from the effectiveness of the traps used to control them and to unfavourable climatic conditions.

Difference between traps per block

Statistical calculations were carried out on the whole dataset and not on a single olive fly dynamic. For four of the blocks where the different types of traps were set, there was a significant difference between the trapping of the four types of traps tested ($p < 0.05$).

On block 1, the P1 trap trapped significantly more than the other trap types tested in this orchard ($p < 0.05$).

Discussion

In all cases, the capture of these olive fruit flies helps to reduce this pest population. The increase in captures may be the effective factor to improve adult flight control. Another important point was to read the graph obtained by the number of olive fruit flies trapped. This essential graph enables us to determine the flight dynamics of *Bactrocera oleae*, an essential element in defining the most opportune moment for monitoring olive orchards.

A comparison of the famous olive fly flight curves obtained in Biskra region between October 2021 and January 2024 shows a positive evolution. Indeed, during the study

period, *Bactrocera oleae* trapping proved to be very effective. Several captures of the olive fly followed one another in El Outaya. Female oviposition punctures and larval exit holes are the two most representative factors in olive fly infestations. The fluctuation in olive fly attacks expressed a seasonal variation. According to the results obtained, we can see that the infestation rate can be explained by the effect of various insect nutritional and environmental factors such as temperature, rainfall, and insolation, all of which influence insect population dynamics.

The infestation rate of olives can also be explained by cultivation techniques such as irrigation, pruning, and soil tilling, which reduce olive fly attacks. At our study site, the olive grove benefited from agricultural techniques. The low infestation can be explained by the annual yield and condition of the trees, and the size of the fruit can influence the behaviour of the fly. The results obtained on the estimation of olive infestation reveal that the difference between the infestation rate of olives picked from trees and that of olives picked from the ground is not significant, the same result was obtained [23]. Joy Burrack & Zalom [24] reports that olives with an exit hole fall more easily than olives containing larvae. The damage caused by *B. oleae* is different. According to Tzanakakis [25], estimating the loss because of premature olive drop attributable to this pest requires other factors: comparison with physiological stages, mortality factors affecting *B. oleae* eggs and larvae, compensation by the olive tree, and infestation of olives by other organisms. Olive fruit fly has been considered an insect capable of reproducing and developing throughout the year, as long as temperature and humidity are favourable and the host fruit is available [26].

The study period from October 2021 to January 2024 was characterised by high temperatures and a lack of rainfall, conditions which subjected the olive trees to heat and water stress. Since there is an impact of climatic variations on the biology of all living organisms, particularly invertebrates, olive fly populations are strongly influenced by this factor [27,28].

The impact of olive harvest dates on the average number of bites has been demonstrated [29].

The results obtained in our study are similar to those of Topuz & Durmusoglu [30] and Katsikogiannis et al [31], who observed a gradual increase in infestation over time, reaching its peak just before harvest.

The variation in infestation over time can also be explained by the degree of ripening and receptivity of the fruit [32]. Indeed, Wang et al [33] indicate that increasing fruit maturity stimulates fly activity, and poor climatic conditions inhibit it. Koveos & Tzanakakis [34] reveal that olive fly development is linked to the phenological stage of the olive tree.

Our observations show that orientation has a very insignificant effect on the number of olive fly bites; Mansour et al [35] showed that orientation does not influence the degree of olive fly infestation. Our results also show that eastern and northern exposures are the most infested, which contradicts those of Gutierrez et al [36], who state that southern and western exposures are the most attacked.

Our observations lead us to conclude that altitude has a very insignificant effect on the infestation rate. These results contradict those obtained by Vatansever Sakin [37], and Bourakna et al [38], who report that olive groves at lower altitudes are more infested than those at higher altitudes. [Burrack et al [39] confirmed that IMPT plastic McPhail-type traps

captured significantly more flies than ChamP yellow sticky traps. The ChamP and The AM yellow sticky panel were baited with ammonium bicarbonate, the McPhail traps were baited with torula yeast, and the bait used in the McPhail traps appeared to be more attractive to olive fruit flies than the ammonia bait. Broumas & Haniotakis [40] tested a mass trap using a combination of semiochemicals to control *Bactrocera (Dacus) oleae*, comparing four trap designs, three trap colours, six food attractants, and two pheromone combinations. Broumas & Haniotakis [40] observed no differences between the trap designs and food attractants tested. Trap colour had a significant effect only in the preference tests. Traps that combined food attractants and pheromones attracted more male and female olive flies. Varikou et al [41]. found that the application of insecticide as a mist (Sondage) knocked down the olive fly. They concluded that the sticky yellow panels give a poor representation of the olive fruit fly population density that was significantly lower than the ammonium-baited McPhail traps, which accounted for only a small percentage of density.

Conclusion

Our study confirmed the presence of the olive fly *Bactrocera (Dacus) oleae*, the most serious pest of the olive tree that can affect the quantity and quality of the olive oil produced. Our observations included periods when olive fly populations peaked. We evaluated control methods to minimise olive fly population density and protect crops, such as the use of attractant traps, mass traps, and agricultural practices. We considered also other influences, including tree physiology. We did not use any phytosanitary products in the orchard which was beneficial for the presence of natural enemies, in particular the endoparasitoid *Psyllalia concolor*, which was captured several times in the traps.

The main quantitative and qualitative damage caused by *B. oleae* attacks reduced the oil yield of infested olives. Oil from fully attacked fruit is defective and unfit for consumption as soon as it is extracted. Oil extracted from parasitised olives is not pure and is of poorer quality than that from perfectly healthy olives, which are pure, unadulterated, and good for preserving. We would like to encourage researchers to take a closer look at this pest that attacks olives both as a consumer and as an oil producer. Studies should focus on low-cost and environment-friendly ways to trap the flies, as our study showed that early harvesting reduces the injury and damage caused by the olive fly.

We are currently continuing our research in the various olive groves in our region to control the populations of the main pests and diseases and thus hope to improve the quantity and quality of olive products. We have found that the effectiveness of each control strategy can vary according to different factors. It is important to continue developing and promoting these control practices to reduce pesticide use, improve olive quality, and ensure the sustainability of olive production and the preservation of the ecological balance. This work opens up new prospects for studying the effectiveness of certain plant extracts whose properties we have studied, pending their application and confirmation of their efficacy. Our research has also focused on several more advanced methods, but we cannot at present obtain the equipment to apply it in the field. We intend, in particular, to test the effectiveness of the sterile insect technique under Algerian climatic conditions.



Acknowledgments

We would like to thank the staff of ITDAS in Biskra for their help and for making their olive grove available to us to carry out our experiments throughout the research period.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

ORCID

Kamila Gacem <http://orcid.org/0000-0002-0800-110X>

Farid Mezerdi <http://orcid.org/0000-0002-4388-2520>

Billal Nia <http://orcid.org/0000-0003-0047-9261>

References

- [1] Zoubeidi, M., Dahane, A. and Kouadria, M., 2022, The sustainable development of the Algerian steppe at the origin of sustainable food: Case of the cultivation of the olive tree in the region of Tiaret and Djelfa. *Beam Journal of Economic Studies* **6**(1), 654–664.
- [2] Acila, S., Saker, M.L., Bouhoun, M.D., Taamalli, A., El Hadj, M.D.O. and Zarrouk, M., 2017, An alternative assessment of olive (*Olea europaea* L.) cultivars adaptation in the Mediterranean Saharan context of Algeria. *Journal of Applied Horticulture* **19**(1), 51–57. doi: [10.37855/jah.2017.v19i01.08](https://doi.org/10.37855/jah.2017.v19i01.08)
- [3] Roukh, Z.E.A. and Nadji, A., 2023, Gis-based analytical hierarchy process, weight of evidence and logistic regression models for the landslide susceptibility predicting in Echorfa region (northwestern of Algeria). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration* (170), 3. [10.19111/bulletinofmre.1035480](https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.1035480)
- [4] Touati, S., Acila, S., Boujnah, D., Chehab, H., Ayadi, M. and Debouba, M., 2022, Geographical location and cultivar-linked changes on chemical properties of olive oils from Algeria. *Food Science and Nutrition* **10**(6), 1937–1949. doi: [10.1002/fsn3.2810](https://doi.org/10.1002/fsn3.2810)
- [5] Zevgolis, Y.G., Kamatsos, E., Akriotis, T., Dimitrakopoulos, P.G. and Troumbis, A.Y., 2021, Estimating productivity, detecting biotic disturbances, and assessing the health state of traditional olive groves, using nondestructive phenotypic techniques. *Sustainability* **14**(1), 391. doi: [10.3390/su14010391](https://doi.org/10.3390/su14010391)
- [6] Caselli, A. and Petacchi, R., 2021, Climate change and major pests of Mediterranean olive orchards: Are we ready to face the global heating? *Insects* **12**(9), 802. doi: [10.3390/insects12090802](https://doi.org/10.3390/insects12090802)
- [7] Mraicha, F., Ksantini, M., Zouch, O., Ayadi, M., Sayadi, S. and Bouaziz, M., 2010, Effect of olive fruit fly infestation on the quality of olive oil from Chemlali cultivar during ripening. *Food & Chemical Toxicology* **48**(11), 3235–3241. doi: [10.1016/j.fct.2010.08.031](https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.08.031)
- [8] Abd El Hadi, F., Birger, R., Natour, M. and Friedgut, T., 2004, Regional cooperation in the control of the olive fly in Palestine, Israel, and Jordan. *Outlooks on Pest Management* **15**(6), 279–283. doi: [10.1564/15dec13](https://doi.org/10.1564/15dec13)
- [9] Malheiro, R., Casal, S., Baptista, P. and Pereira, J.A., 2015, A review of *Bactrocera oleae* (Rossi) impact in olive products: From the tree to the table. *Trends in Food Science & Technology* **44**(2), 226–242. doi: [10.1016/j.tifs.2015.04.009](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.009)
- [10] Ugwu, J.A., Omoloye, A.A. and Ogunfumilayo, A.O., 2018, Evaluation of traps and attractants for mass trapping of African invader fly, *Bactrocera invadens* on mango in South West Nigeria. *Nigerian Journal of Horticultural Science* **23**, 70–88.

- [11] Hassouna, M.A., Mebdoua, S., Mahdi, K., Messad, S. and Lamine, S., **2022**, Investigating the spread of *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* the causal agent of olive knot disease in Algeria. *Bioscience Research* **19**(1), 726–737.
- [12] Raspi, A., Canale, A. and Loni, A., **2005**, Presence of mature eggs in olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera Tephritidae), at different constant photoperiods and at two temperatures. *Bulletin of Insectology* **58**(2), 125–129.
- [13] Paz, M., Santos, A.P., Barreira, R., Rasko, M., Duan, X., Alves, J., Alves da Silva, A., Mina, R., Topping, C. and Sousa, J., **2021**, Developing a subpopulation-based model for the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae): Conceptual model outline. *Proceedings* **68**(4), 1–5. doi: [10.3390/IECAG2021-09680](https://doi.org/10.3390/IECAG2021-09680)
- [14] Lantero, E., Matallanas, B. and Callejas, C., **2023**, Current status of the main olive pests: Useful integrated pest management strategies and genetic tools. *Applied Sciences* **13**(21), 12078. doi: [10.3390/app132112078](https://doi.org/10.3390/app132112078)
- [15] Psoma, A., Anastasaki, E., Partsinevelos, G. and Milonas, P., **2023**, Isolation and identification of volatile compounds from a protein-based food lure: Electrophysiological and behavioral responses of *Bactrocera oleae* adults. *Chemoecology* **33**(5), 99–112. doi: [10.1007/s00049-023-00388-w](https://doi.org/10.1007/s00049-023-00388-w)
- [16] Billah, M.K., Kimani Njogu, S., Overholt, W.A., Wharton, R.A., Wilson, D.D. and Cobblah, M.A., **2005**, The effect of host larvae on three *Psyllalia* species (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of fruit-infesting flies (Diptera: Tephritidae). *International Journal of Tropical Insect Science* **25**(3), 168–175. doi: [10.1079/IJIT200573](https://doi.org/10.1079/IJIT200573)
- [17] Gacem, K., Mezerdi, F. and Billal, N., **2022**, Diversity of aphids and their natural enemies in the *Citrus* (*Citrus sinensis*) orchard of Lakhdaria, Bouira, Algeria. *Munis Entomology & Zoology* **17**(1), 573–582.
- [18] Usha, K., Kumar, P. and Singh, B., **2019**, Pest and disease control strategies in organic fruit production. In: C. Sarath Chandran, S. Thomas and M. Unni (Eds.) *Organic Farming* (Cham: Springer), pp. 51–70. doi: [10.1007/978-3-030-04657-6_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04657-6_4)
- [19] Broumas, T., Haniotakis, G., Liaropoulos, C., Tomazou, T. and Ragoussis, N., **2002**, The efficacy of an improved form of the mass-trapping method, for the control of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin) (dpt. tephritidae): Pilot-scale feasibility studies. *Journal of Applied Entomology* **126**(5), 217–223. doi: [10.1046/j.1439-0418.2002.00637.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00637.x)
- [20] Neuenschwander, P., **1982**, Beneficial insects caught by yellow traps used in mass-trapping of the olive fly, *Dacus oleae*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **32**(3), 286–296. doi: [10.1111/j.1570-7458.1982.tb03220.x](https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1982.tb03220.x)
- [21] Gacem, K. and Mezerdi, F., **2022**, Diversity of aphids and their natural enemies on peach orchards (*Prunus persica* L. Batsch) in Lakhdaria at Bouira (Algeria). *Biodiversity Journal* **13**(3), 665–672. doi: [10.31396/Biodiv.Jour.2022.13.3.665.672](https://doi.org/10.31396/Biodiv.Jour.2022.13.3.665.672)
- [22] Mezerdi, F. and Gacem, K., **2022**, Entomofaunal diversity of insects in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) orchard in Lakhdaria at Bouira (Algeria). *Société Zoologique de France* **147**(2), 81–86.
- [23] Quesada Moraga, E., Santiago Álvarez, C., Cubero González, S., Casado Mármol, G., Ariza Fernández, A. and Yousef, M., **2018**, Field evaluation of the susceptibility of mill and table olive varieties to egg-laying of olive fly. *Journal of Applied Entomology* **142**(8), 765–774. doi: [10.1111/jen.12524](https://doi.org/10.1111/jen.12524)
- [24] Joy Burrack, H. and Zalom, F.G., **2008**, Olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) ovipositional preference and larval performance in several commercially important olive varieties in California. *Journal of Economic Entomology* **101**(3), 750–758. doi: [10.1093/jee/101.3.750](https://doi.org/10.1093/jee/101.3.750)
- [25] Tzanakakis, M., **2003**, Seasonal development and dormancy of insects and mites feeding on olive: A review. *Netherlands Journal of Zoology* **52**(2), 87–224. doi: [10.1163/156854203764817670](https://doi.org/10.1163/156854203764817670)
- [26] Preu, M., Frieß, J.L., Breckling, B. and Schröder, W., **2020**, Case study 1: Olive fruit fly (*Bactrocera oleae*). In: A. Gleich and W. Schröder (Eds.) *Gene Drives at Tipping Points. Precautionary Technology Assessment and Governance of New Approaches to Genetically*

- Modify Animal and Plant Populations* (Cham: Springer), pp. 79–101. doi: [10.1007/978-3-030-38934-5_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38934-5_4)
- [27] Picchi, M.S., Bocci, G., Petacchi, R. and Entling, M.H., **2016**, Effects of local and landscape factors on spiders and olive fruit flies. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **222**, 138–147. doi: [10.1016/j.agee.2016.01.045](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.045)
- [28] Azenzem, R., Al Fedy, M.N. and Kassout, J., **2023**, In A. Karmaoui (Ed.) *Climate change and insect pests: Economic damages and adaptive strategies in Mediterranean olive groves*. (Cham: IGI Global), pp. 14–47. doi: [10.4018/978-1-6684-4824-3.ch002](https://doi.org/10.4018/978-1-6684-4824-3.ch002)
- [29] Sola Guirado, R.R., Bayano Tejero, S., Aragon Rodriguez, F., Peña, A. and Blanco Roldan, G., **2022**, Bruising pattern of table olives ('Manzanilla' and 'Hojiblanca' cultivars) caused by hand-held machine harvesting methods. *Biosystems Engineering* **215**, 188–202. doi: [10.1016/j.biosystemseng.2022.01.010](https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.01.010)
- [30] Topuz, H. and Durmusoglu, E., **2008**, Einfluss des Erntetermins auf den Befall mit *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) sowie Ertrag, Säuregrad und Fettsäure-Zusammensetzung des Olivenöls. *Journal of Plant Diseases and Protection* **115**(4), 186–191. doi: [10.1007/BF03356256](https://doi.org/10.1007/BF03356256)
- [31] Katsikogiannis, G., Kavroudakis, D., Tscheulin, T. and Kizos, T., **2023**, Population dynamics of the olive fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae), are influenced by different climates, seasons, and pest management. *Sustainability* **15**(19), 14466. doi: [10.3390/su151914466](https://doi.org/10.3390/su151914466)
- [32] Rojnić, I.D., Bažok, R. and Barčić, J.I., **2015**, Reduction of olive fruit fly damage by early harvesting and impact on oil quality parameters. *European Journal of Lipid Science & Technology* **117**(1), 103–111. doi: [10.1002/ejlt.201400150](https://doi.org/10.1002/ejlt.201400150)
- [33] Wang, X.G., Johnson, M.W., Daane, K.M. and Opp, S., **2009**, Combined effects of heat stress and food supply on flight performance of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America* **102**(4), 727–734. doi: [10.1603/008.102.0418](https://doi.org/10.1603/008.102.0418)
- [34] Koveos, D.S. and Tzanakakis, M.E., **1990**, Effect of the presence of olive fruit on ovarian maturation in the olive fruit fly, *Dacus oleae*, under laboratory conditions. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **55**(2), 161–168. doi: [10.1111/j.1570-7458.1990.tb01359.x](https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1990.tb01359.x)
- [35] Mansour, A.A., Kahime, K., Chemseddine, M. and Boumezzough, A., **2015**, Study of the Population Dynamics of the olive fly, *Bactrocera oleae* Rossi. (Diptera, Tephritidae) in the region of Essaouira. *Open Journal of Ecology* **5**(5), 174–186. doi: [10.4236/oje.2015.55015](https://doi.org/10.4236/oje.2015.55015)
- [36] Gutierrez, A.P., Ponti, L. and Cossu, Q.A., **2009**, Effects of climate warming on olive and olive fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) in California and Italy. *Climatic Change* **95**(1–2), 195–217. doi: [10.1007/s10584-008-9528-4](https://doi.org/10.1007/s10584-008-9528-4)
- [37] Vatansever Sakin, G., **2022**, The estimation of optimal harvesting period for olives, based on losses in the physical and mechanical properties caused by olive fruit fly infestation at different orchard altitudes. *International Journal of Tropical Insect Science* **42**(2), 1943–1957. doi: [10.1007/s42690-021-00724-z](https://doi.org/10.1007/s42690-021-00724-z)
- [38] Bourakna, Z., Righi, K. and Righi, A.F., **2022**, First study of ovipositional preference and developmental performance of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in an arid zone (Laghouat: Algeria). *Journal of Entomological Research* **46**(4), 816–823. doi: [10.5958/0974-4576.2022.00140.2](https://doi.org/10.5958/0974-4576.2022.00140.2)
- [39] Burrack, H.J., Connell, J.H. and Zalom, F.G., **2008**, Comparison of olive fruit fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) (Diptera: Tephritidae) captures in several commercial traps in California. *International Journal of Pest Management* **54**(3), 227–234. doi: [10.1080/09670870801975174](https://doi.org/10.1080/09670870801975174)
- [40] Broumas, T. and Haniotakis, G.E., **1994**, Comparative field studies of various traps and attractants of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **73**(2), 145–150. doi: [10.1111/j.1570-7458.1994.tb01849.x](https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1994.tb01849.x)
- [41] Varikou, K., Alexandrakis, V., Gika, V., Birouraki, A., Marnelakis, C. and Sergentani, C., **2013**, Estimation of fly population density of *Bactrocera oleae* in olive groves of crete. *Phytoparasitica* **41**(1), 105–111. doi: [10.1007/s12600-012-0270-0](https://doi.org/10.1007/s12600-012-0270-0)

Evaluation of the impact of olive fruit fly (*Bactrocera oleae* [Gmelin, 1790], Diptera: Tephritidae) infestation on olive grove in Biskra (Algeria)

Kamila GACEM^{1,2}, Farid MEZERDI³

Received April 07, 2024; accepted November 02, 2025
Delo je prispelo 7. aprila 2024, sprejeto 2. novembra 2025

Evaluation of the impact of olive fruit fly (*Bactrocera oleae* [Gmelin, 1790], Diptera: Tephritidae) infestation on olive grove in Biskra (Algeria)

Abstract: Olive cultivation is important for Algeria's economy and ecology. In recent years, production in the Biskra region has expanded significantly, with an increase in both cultivated area and yield, particularly through olive varieties well adapted to local conditions. The olive tree (*Olea europaea* L.) is a key species for maintaining the Algerian ecosystem and achieving sustainable food security. Its integrity and abundance can affect other organisms that depend on it as a natural resource. However, both the consumption and processing of olives are threatened by *Bactrocera oleae* (Gmelin, 1790), the olive fruit fly, which is considered one of the most important pests of olives. It can cause significant yield losses and reduce olive oil quality. Our study focused on examining several aspects of the damage caused by the olive fly. We analysed infestation levels over three harvest seasons and confirmed that olive fly attacks are closely linked to climatic conditions, the geographical orientation of trees, and the phenology of their host, the olive tree. Our findings on the impact of *Bactrocera oleae* on olive production and food safety are essential for implementing effective control and management strategies in olive groves.

Key words: olive trees, *Bactrocera oleae*, damage, control, infestation.

Ocena vpliva napada oljčne muhe (*Bactrocera oleae* [Gmelin, 1790], Diptera: Tephritidae) v oljčnem nasadu v Biskri (Alžirija)

Izvleček: Pridelava oljčnikov je pomembna za alžirsko gospodarstvo in ekologijo, zato se je v zadnjih letih v regiji Biskra njena pridelava močno razširila, saj so se povečale tako površine, kot pridelava sort, ki se dobro prilagajo lokalnim razmeram. Oljčnik (*Olea europaea* L.) je ključna vrsta za ohranjanje alžirskega ekosistema in doseganje trajnostne prehranske varnosti; njena celovitost in številčnost lahko vplivata na druge organizme, ki so odvisni od nje kot naravnega vira, vendar sta tako uživanje kot predelava oljčnikov izpostavljena škodljivcu, oljčni muhi (*Bactrocera oleae* [Gmelin, 1790]), ki velja za enega najpomembnejših škodljivcev oljčnikov, ki lahko povzroči velike izgube pridelava in vpliva na zmanjšanje kakovosti oljčnega olja. Naša študija se je osredotočila na prikaz nekaterih vidikov škode, ki jo povzroči oljčna muha. Analizirali smo stopnjo napadenosti oljčnikov v treh sezонаh obiranja. Potrdili smo, da je napad z oljčno muho tesno povezan s podnebnimi razmerami, geografsko orientacijo dreves in fenologijo njihovega gostitelja, oljčnika. Naša študija o pomenu oljčne muhe na pridelavo oljčnikov in varnost hrane je bistvena za izvajanje ustreznih ukrepov za njeno zatiranje v oljčnih nasadih.

Ključne besede: oljčnik, *Bactrocera oleae*, škoda, zatiranje, napad.

¹ Laboratory of Ecosystem Diversity and Agricultural Production System Dynamics in Arid Zones (DEDSPAZA), University of Biskra, Department of Agronomic Sciences, Algeria.

² corresponding author: kamila.gacem@univ-biskra.dz

³ Laboratory Promotion of Innovation in Agriculture in Arid Regions (PIARA), University of Biskra, Department of Agronomic Sciences, Algeria.

1 INTRODUCTION

The olive tree (*Olea europaea* L., family: Oleaceae) is one of the oldest cultivated species in the Mediterranean Basin. It is deeply integrated into the region's landscape, culture, and economy, offering significant nutritional and socio-economic value. Originally native to Asia Minor, the species spread throughout the Mediterranean region via trade and conquests (Fraga et al., 2020). Well adapted to the region's climatic and soil conditions, the olive tree is highly resilient and capable of producing fruit even under suboptimal conditions such as poor soils and irregular irrigation. Algeria, like many Mediterranean countries, offers favourable ecological conditions for olive cultivation. The crop is primarily grown in the northern part of the country, particularly in mountainous regions, which account for nearly 80 % of the national olive orchards. The provinces of Tizi-Ouzou, Bejaia, and Bouira, located in Greater Kabylie, are especially noted for their production of olive oil (Lamani & Ilbert, 2016). Although traditionally concentrated in these areas, olive cultivation is steadily expanding across the country (Lachibi, 2023). Among the several factors limiting olive productivity, phytosanitary issues, especially insect pests, remain the most significant. The olive fruit fly (*Bactrocera oleae* [Gmelin, 1790]) is widely recognised as the most destructive pest of olive trees in the Mediterranean Basin (Chiboub Fellah, 2021). Belonging to the order Diptera and the family Tephritidae, this species shares the group with other fruit-damaging pests, such as the cherry fruit fly *Rhagoletis cerasi* [Linnaeus, 1758], the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* [Wiedemann, 1824], and the walnut blight fly *Rhagoletis completa* [Cresson, 1929] (Scolari et al., 2021). The damage caused by *B. oleae* is both quantitative and qualitative. In olives intended for oil production, larvae feed on the pulp, reducing oil yield and accelerating fruit drop, in addition to the deterioration in oil quality due to infestation includes increased acidity and oxidation. In table olives, even minor oviposition punctures are sufficient to render the fruit commercially unacceptable (Malheiro et al., 2015). The overall impact of olive fly infestation can be considerable. Annual losses due to olive pests in general are estimated at over 30 %, with *B. oleae* accounting for up to 15 % (Bueno & Jones, 2002). Despite research across several Algerian regions (M'sila, Tizi-Ouzou, Batna, and Tlemcen) documenting key aspects of *B. oleae* infestation, including infestation rates, temporal population dynamics, trap efficiency, soil pupation behaviour, and the influence of orchard orientation, no effective or environmentally sustainable control strategy has yet been established. The pest continues to inflict considerable damage on olive production, with infestation patterns varying according to region, season, and microclimatic conditions. The absence

of integrated, eco-friendly management solutions remains a major challenge for Algerian olive growers, underscoring the urgent need for cost-effective, sustainable, and regionally adaptable control methods that reduce dependence on chemical insecticides (Bemmerzouk, 2020).

Within this context, the present study focuses on the Chemlal olive variety, one of the most extensively cultivated in Algeria. Renowned for its oil yield and late maturation, 'Chemlal' is grown in both traditional and modern orchards. The objective of this study is to assess the infestation rate of *B. oleae* by identifying and quantifying oviposition punctures, pupae, and larval exit holes across three consecutive harvest seasons.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 PRESENTATION OF THE STUDY SITE

The study was conducted in an irrigated olive orchard located in the El Outaya region of Biskra, Algeria (Figure 1), at a latitude of $34^{\circ}56'00''N$ and a longitude of $5^{\circ}39'29''E$, at an altitude of 700 metres. The orchard covers an area of approximately 0.35 hectares and is planted with the Chemlal olive variety. The trees, around 16 years old, are spaced 4 × 4 metres apart, with a total of approximately 100 trees. No phytosanitary treatments were applied during the study period, and the soil was managed through surface ploughing.

2.2 DESCRIPTION OF THE CHEMLAL OLIVE VARIETY

Chemlal, also known as Achamlal, Achamli, or Achemlal, is the most widely cultivated olive variety in Al-

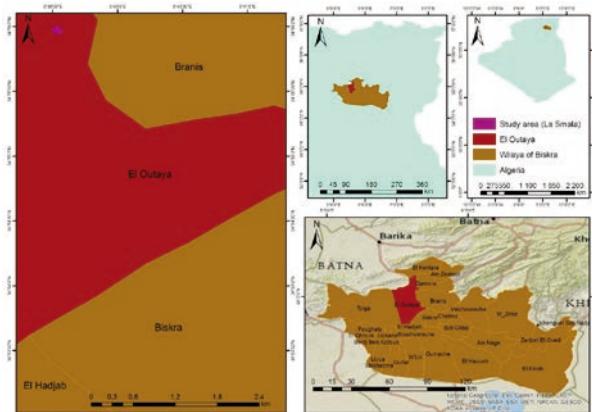


Figure 1: Chemlal Olive Orchard Location – El-Outaya, Biskra.

geria, accounting for approximately 40 % of the national olive orchard. It is predominantly found in the Kabylie region, stretching from Mount Zekkar in the west to the Bibans in the east. This hardy and late-maturing variety is particularly well-suited to Mediterranean and mountainous climatic conditions. Its fruit is small (about 2.5 g) and ovoid in shape, used exclusively for oil production, with an oil yield ranging between 18 % and 22 %. The extracted oil is of excellent quality, valued for its fruity flavour and nutritional properties. ‘Chemlal’ is self-incompatible and thus requires the presence of pollinating varieties, such as ‘Azeradj’, to ensure good fruit set. It is often grown in association with other local varieties to optimise pollination and improve yields. This variety is characterised by high productivity and minimal alternation, offering stable yields from year to year. However, it has a low rooting rate, which complicates its propagation. Most trees are grafted onto wild olive (oleaster) rootstocks, a common practice aimed at enhancing resistance and adaptability to Algerian soils. Although this variety is vigorous and upright in habit, it remains susceptible to diseases, particularly olive knot disease, caused by the bacterium *Pseudomonas savastanoi* (Tabti, 2009). Often confused with the Tunisian ‘Chemlali’, the Algerian ‘Chemlal’ remains a key reference for high-quality olive oil production and is considered one of the most prized varieties in the country.

2.3 SAMPLING PROCEDURE

Sampling was conducted five times per month, from October, to the end of January, over three consecutive olive harvest seasons (2021–2022, 2022–2023, and 2023–2024). During each visit, a single olive tree was randomly selected from the entire orchard, which had not been divided into blocks.

From the selected tree, a total of 100 olives were collected, 25 from each of the four cardinal directions (east, west, north, and south), either directly from the tree or from the ground. The olives were placed in paper bags and transported to the laboratory, where they were examined for signs of *Bactrocera oleae* infestation by counting both oviposition punctures and larval exit holes on the fruit surface.

2.4 OLIVE DISSECTION

A total of 2000 olives were dissected each year, at a rate of 100 olives per sampling visit, totalling 500 olives per month. Upon arrival at the laboratory, each olive was dissected to detect the presence of *B. oleae* larvae at various developmental stages, as well as pupae (Figure 2).

2.5 DAMAGE ASSESSMENT

2.5.1 Exit Holes

Olives considered “attacked” typically displayed an exit hole made by the fly. These holes are approximately 2 mm in diameter and are relatively easy to identify. If the translucent pericarp is still intact, the pupa is likely



Figure 2: Dissection of an olive showing a gallery formed by *B. oleae* larvae (Original photo, 2023).



Figure 3: Larvae emerging from exit holes, along with several collected pupae (Original photo, 2023).



Figure 4: Female *B. oleae* on the olive; larvae and pupae visible on the right (Original photo, 2023).

still inside. If the hole is open, the adult fly has already emerged and may be pupating in the soil or flying in the orchard (Figure 3).

2.5.2 Egg-laying stings (Oviposition marks)

Oviposition punctures caused by *B. oleae* appear as small brown spots, approximately 0.5 mm in diameter, and are typically triangular or oval in shape. These marks may result from successful egg-laying, failed attempts, or aborted eggs, particularly during periods of high temperature. Females may also create punctures to hydrate or test fruit suitability (Figure 4).

To confirm the presence of an egg or larva, the skin beneath the puncture is carefully lifted with a scalpel and examined under a magnifying lens for signs of an egg or larval gallery. Newly emerged maggots are extremely small and often difficult to detect (Achouche, 2021).

2.5.3 Attack rate

The attack rate (%) was calculated using the formula proposed by Ouédraogo (2011):

$$\text{Attack Rate (\%)} = \frac{(\text{Number of attacked fruits} \times 100)}{\text{Total number of fruits sampled.}}$$

While some authors, such as Helvaci et al. (2018), define the attack rate as a ratio between attacked and healthy fruits, the present study adopted the standard percentage method based on the total number of sampled fruits.

2.6 STATISTICAL ANALYSIS

The data were subjected to statistical analysis using Analysis of Variance (ANOVA) to evaluate the effects of cardinal orientation and harvest season on olive infestation rates. All statistical calculations were performed using Microsoft Excel 2019.

3 RESULTS

3.1 INFESTATION LEVELS OVER OLIVE HARVEST SEASONS

The data presented in Table 1 reveal significant differences in *Bactrocera oleae* infestation levels across three consecutive olive harvest seasons.

During the first season, a total of 160 olives out of 2,000 were infested, resulting in an infestation rate of 8.00 %, while the proportion of healthy olives stood at 92.00 %.

In the second season, the infestation increased

Table 1: Number of healthy and infested olives in the sampled olive grove.

Harvest Season	Infested olives	Infestation rate (%)	Healthy olives	Healthy olive rate (%)
1 st olive harvest season	160	8.00	1840	92.00
2 nd olive harvest season	416	20.80	1584	79.20
3 rd olive harvest season	80	4.00	1920	96.00

markedly, with 416 infested olives, corresponding to an infestation rate of 20.80 %. Consequently, the percentage of healthy olives declined to 79.20 %, indicating a period of higher pest pressure.

By contrast, the third season recorded the lowest infestation rate, with only 80 olives affected (4.00 %) and a significantly higher percentage of healthy fruit (96.00 %).

3.2 ANALYSIS OF VARIANCE (ANOVA): SINGLE FACTOR

An analysis of variance (ANOVA) was conducted to assess whether the level of *Bactrocera oleae* infestation varied significantly across the three olive harvest seasons.

The summary statistics for each group (season) show clear differences in infestation means, with the second season exhibiting the highest average infestation (104 olives), followed by the first season (40 olives) and the third season (20 olives). Variance was also highest in the second season, indicating greater variability in infestation intensity.

The corresponding *p*-value of 0.0525 is marginally above the conventional significance threshold of 0.05 (Table 2). While this result does not meet the strict criterion for statistical significance at the 95 % confidence level, it nonetheless suggests a borderline effect of harvest season on infestation rate.

3.3 INFESTATION AND HEALTH RATES BY CARDINAL ORIENTATION

The distribution of *Bactrocera oleae* infestation and healthy olive percentages was analyzed across four cardinal directions (East, West, North, and South) over three consecutive olive harvest seasons. The results demonstrate clear spatial patterns in the intensity of infestation and the proportion of healthy fruits, reflecting both pest

Table 2: Results of analysis of variance of *Bactrocera oleae* infestation rate in olives by harvest seasons.

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
1 st olive harvest season	4	160	40	666		
2 nd olive harvest season	4	416	104	4789.333		
3 rd olive harvest season	4	80	20	98		
ANOVA						
Source of variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between groups	15402.67	2	7701.333	4.160384	0.052546	4.256495
Within groups	16660	9	1851.111			
Total	32062.67	11				

preference and the possible influence of microclimatic conditions on olive fruit fly (Figure 5).

During the first season, infestation rates were relatively low across all orientations, ranging from 1.70 % in the South to 2.40 % in the North. Correspondingly, the proportion of healthy olives remained high, exceeding 22 % in all directions. The North and East exposures recorded slightly higher infestation rates (2.40 % and 2.10 %, respectively), suggesting marginally greater vulnerability on these sides, possibly due to differences in sunlight exposure or humidity retention. However, the variation was minimal, indicating generally low pest pressure during this season.

A significant increase in infestation was observed in the second season, with rates more than doubling in all directions compared to the previous year. The East side again exhibited the highest infestation rate (5.50 %), followed closely by the South (5.30 %) and North (5.20 %) orientations. The West side, although still affected, had a comparatively lower rate of 4.80 %.

The third season showed a return to lower infesta-

tion rates, consistent with the broader trend of reduced olive fly activity. The East and North sides recorded slightly higher infestation levels (1.45 % and 1.00 %, respectively), while the West and South had the lowest rates (0.85 % and 0.70 %, respectively).

3.4 INFESTATION DYNAMICS BY CARDINAL ORIENTATION

The spatial distribution of *B. oleae* infestation within olive trees was assessed by recording the number of infested olives from four cardinal directions (East, West, North, and South) over three successive olive harvest seasons (2021–2024). The data demonstrate clear variation in infestation intensity depending on the tree orientation, suggesting that microclimatic differences may influence olive fly behaviour and oviposition preference (Figure 6).

During the first season, the infestation progressed gradually across all four orientations. The North and East exposures consistently recorded higher numbers of infested olives, with peak values of 19 and 17, respectively, in January. The West and South sides showed slightly

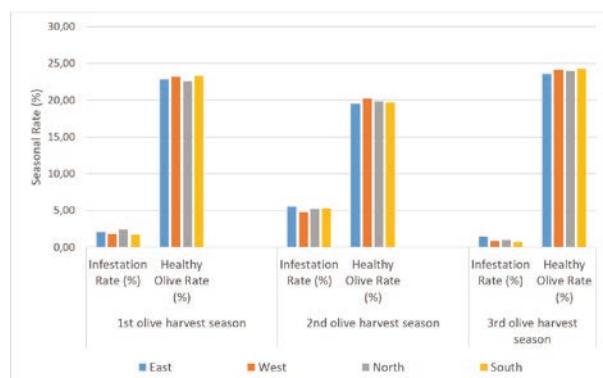


Figure 5: Infestation and healthy olive rates (%) by cardinal orientation over three olive harvest seasons.

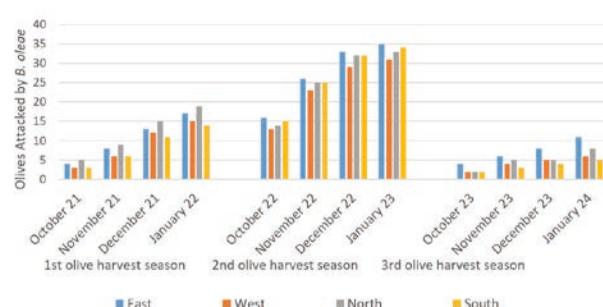


Figure 6: Monthly number of infested olives by orientation (east, west, north, south) across three olive harvest seasons

lower infestation levels, peaking at 15 and 14, respectively.

The second season exhibited a marked increase in infestation across all directions, with the East and South orientations being the most affected. The number of infested olives reached 35 in the East and 34 in the South by January, followed closely by 33 in the North and 31 in the West. This season displayed the highest infestation levels overall, and the relatively uniform distribution across all sides of the tree suggests a widespread and intense olive fly pressure. However, the East side consistently showed the highest infestation counts across all months.

In the third season, the overall infestation levels were considerably lower across all directions. The East again recorded the highest cumulative number of infested olives (29 in total from October to January), followed by the North (20), West (17), and South (14). Despite the reduced overall infestation, the trend of higher attack levels in the East and North directions persisted.

The directional distribution of *B. oleae* infestation reveals a consistent preference for the East and North sides of olive trees, particularly in the peak infestation months of December and January. This pattern is evident across all three seasons, regardless of overall infestation intensity.

3.5 MONTHLY INFESTATION DYNAMICS IN RELATION TO CLIMATIC CONDITIONS

The monitoring of *Bactrocera oleae* infestation over three consecutive olive harvest seasons (2021–2024) revealed significant variation in the monthly number of infested olives. This variation appears to be closely associated with a range of climatic parameters, including temperature (maximum, minimum, and average), rainfall, relative humidity, wind speed, and wind tempera-

ture. The analysis of these relationships provides insights into the influence of environmental factors on the seasonal dynamics of olive fly infestation in Biskra's climatic context (Figure 7).

During the first season, the number of infested olives rose steadily from 15 in October to 65 in January, indicating a gradual increase in pest pressure as the season progressed. This rise in infestation coincided with a consistent decrease in average temperature, from 25 °C in October to 13 °C in January. Despite low rainfall (a maximum of 5 mm in November) and relatively moderate humidity (ranging from 47 % to 60 %), the olive fly population appears to have developed steadily. The moderate wind speeds (13–21 km h⁻¹) and mild wind temperatures (8–20 °C) likely did not exert significant constraints on fly activity.

The second season recorded the highest levels of infestation, with numbers increasing from 58 in October to 133 in January. Climatic conditions during this period were particularly conducive to olive fly development. The average temperatures remained relatively high in October (27 °C) and November (20 °C), gradually decreasing to 13 °C by January. These conditions fall within the optimal thermal range for *B. oleae* development and activity. Furthermore, the season was marked by very low rainfall and stable humidity levels (45–57 %), which may have favoured adult fly longevity and larval development. The consistent rise in infestation under these conditions suggests that warmer autumn temperatures, coupled with stable humidity and limited rainfall, contribute significantly to olive fly population growth.

In contrast, the third season exhibited substantially lower infestation levels, starting with 10 infested olives in October and reaching only 30 by January. Although average temperatures were only slightly lower compared to the previous season (23 °C in October to 15 °C in January), this modest decline may have been sufficient to reduce fly activity and development. Additionally, relative humidity was slightly higher in some months (peaking at 63 % in November), which, together with cooler conditions and slightly increased rainfall in December and January, may have contributed to suppressing fly reproduction. These findings suggest that even subtle shifts in temperature and humidity can influence pest population dynamics under arid conditions.

4 DISCUSSION

The Chemlal olive cultivar, known for its small, elongated fruits and high oil yield, is widely grown in Algeria, particularly in mountainous and semi-arid regions such as Biskra. Due to their biochemical com-

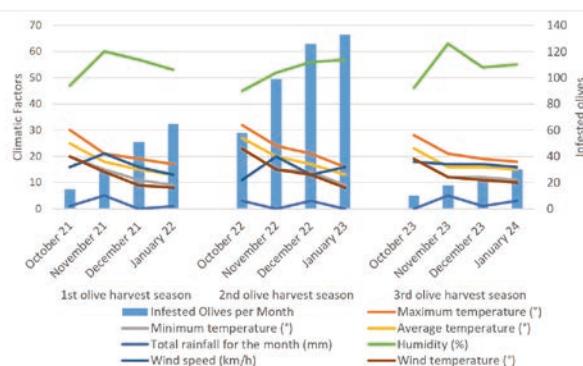


Figure 7: Monthly number of infested olives in relation to climatic conditions.

position and limited size, 'Chemlal' olives are generally considered less susceptible to *Bactrocera oleae* infestation compared to table varieties with larger fruit (Mraïcha & Ksantini, 2011). However, our study demonstrates that, under certain climatic conditions, even oil varieties such as Chemlal can be subject to significant levels of attack. Our findings confirm that olive fly damage is most intense during the autumn months, particularly in December, which coincides with the local harvest period. Although the present investigation was limited to autumn and early winter, it is supported by our previous research on the Chemlal variety, which spanned all seasons and focused on the use of attractant traps for the management of *B. oleae*. That earlier study provided complementary evidence, confirming that olive fly damage is most severe during the autumn months, particularly in December, which coincides with the local harvest period (Gacem et al., 2024). Attack rates in the studied orchard ranged from 4 % to 20.8 %, with peak infestation aligning with the period of commercial fruit maturity. This agrees with earlier research by Louskas et al. (1980), who reported that *B. oleae* populations fluctuate throughout the year, often causing substantial quantitative losses, particularly in late-harvested oil varieties. Rojnić et al. (2015) recommend early harvesting and prompt processing as effective strategies to reduce damage. The optimum harvest window should be locally defined, considering pest dynamics, oil content, and fruit ripeness. The infestation rates recorded in our study are lower than those reported in some other Algerian regions. For instance, Bouzina (2017) reported infestation rates exceeding 78 % in olives collected directly from trees and more than 85 % in fallen fruit in the M'sila region, where this study was carried out in 'Chemlal' orchard. The grove is composed of approximately 200 trees planted in a regular quadrat design, with a few apricot, pomegranate, and fig trees interspersed. Notably, no phytosanitary treatments are applied in this orchard, which makes it representative of many traditional groves in the region and provides a realistic context for evaluating natural infestation dynamics of *B. oleae*. In Northern Cyprus, Helvacı et al. (2018) noted rates ranging from 2 % to 83.2 %, highlighting the pest's broad variability across Mediterranean environments, while Louskas et al. (1980) reported an abrupt increase in attacks in untreated Greek groves from mid-September onward, peaking at over 80 % by harvest. Our results highlight a clear seasonal variability in olive fly infestation, with the second season recording the highest impact, most likely due to more favourable environmental conditions that supported the development and activity of the pest. In contrast, the third season showed a markedly lower infestation rate, suggesting a reduction in pest pressure that may be linked to less favourable cli-

matic conditions or the influence of natural suppression mechanisms. This overall pattern underscores the strong role of microclimatic exposure in shaping fly activity and distribution within the orchard, with sunnier orientations appearing to provide more suitable conditions for adult behaviour.

Mohamed & Djeddi (2015) found that in M'sila, the western and southern orientations of olive trees had the highest infestation rates. Although some studies, such as Zerkhefaoui (1998) and Gaouar & Debouzie (1991), reported no significant differences among the cardinal directions, this spatial heterogeneity may be linked to sunlight exposure, which influences fruit ripeness and visual attractiveness to female flies (Jerraya et al., 1986). Fruits that are more colourful or mature are often more susceptible to infestation. According to AFIDOL (2014), acceptable infestation thresholds for oil olives are 2 % in July, increasing monthly to 8 % in October. Our second-season results exceeded these thresholds, indicating the need for preventive control measures. High infestation rates, particularly when untreated, result in premature fruit drop, compromised oil quality due to increased acidity, and in severe cases, complete crop loss (Nestel et al., 2016; AFIDOL, 2020). Climatic conditions during the 2021–2024 seasons likely favoured *B. oleae* development in Biskra. Our results contrast with those from Kabylia, where Kherroubi (2016) observed higher infestation rates at elevated altitudes. Chabane (2016) and Abidi (2010), however, offered contradictory findings on the role of altitude in Tizi-Ouzou, suggesting that other local factors such as microclimate and cultivar susceptibility play a role. Belhocine (2003) and Gaouar (1996) found that groves at lower altitudes in Tlemcen were more infested, while Nebri and Zidane (2016) observed that infestation density is inversely proportional to crop size rather than to the adult fly population in tree canopies. These findings underscore that infestation levels depend on a combination of population pressure, climatic factors, fruit availability, and varietal characteristics. The reproductive behaviour of *B. oleae* also influences infestation patterns. Females typically lay a single egg per fruit, but multiple females may target the same olive. Eggs are highly vulnerable during the first 24 hours of incubation, with high mortality likely linked to fruit chemistry (Gomina, 2015). According to Arambourg (1986), infestation-induced weakening of fruit attachment can lead to up to 40 % reduction in detachment resistance. The female fly often selects fruits based on colour and maturity, with yellow-red olives preferred over green or black ones. Mraïcha & Ksantini (2011) found that the largest-fruited varieties, such as Meski and Manzanilla, had the highest infestation rates. 'Chemlal', with its small fruit (approximately 7 mm in diameter), is less receptive, though still

vulnerable under conducive environmental conditions. Pruning, while beneficial for aeration, can unintentionally increase fruit size and susceptibility if not balanced properly (Belguerri, 2016). Likewise, soil surface ploughing and the absence of phytosanitary treatment may have contributed to the pest pressure observed in our study site.

5 CONCLUSIONS

This study confirms that *Bactrocera oleae* can inflict economically and agronomically significant damage on the Chemlal olive variety in the Biskra region. While overall infestation levels were moderate, they exceeded commonly accepted thresholds of harmfulness during the second harvest season, thereby posing a substantial risk to both the yield and quality of olive oil production. The findings highlight that several factors influenced the variability in infestation rates, including climatic conditions, tree orientation, fruit maturity, and the absence of phytosanitary interventions. Notably, the timing of harvest emerged as a critical factor, as delayed harvesting, which is frequent in the region, was associated with higher infestation levels. This delay heightens the vulnerability of olives to fly attacks and contributes to reduced oil quality, particularly through increased acidity and premature fruit drop. Our results clearly demonstrate that early harvesting is an effective strategy for mitigating *B. oleae* damage. Advancing the harvest date, ideally before infestation peaks, can significantly limit the impact of the olive fly on both yield and oil quality. As such, it is strongly recommended that the optimal harvest window be locally defined, based on real-time monitoring of pest activity and fruit ripening stages. Over the three seasons studied, *B. oleae* infestation generally increased during the cooler months (November to January), with peaks occurring at average temperatures between 16 and 20 °C, which likely represent optimal conditions for oviposition and larval development. Nevertheless, other factors also influenced this pattern. The second season, marked by warm autumns and mild winters, was particularly favourable for fly proliferation. In contrast, although the third season was similarly cool, higher humidity levels combined with occasional rainfall may have disrupted adult activity and reduced larval survival, resulting in lower overall infestation. These findings suggest that temperature alone does not fully explain population dynamics. Rainfall did not appear to exert a direct influence, as precipitation remained consistently low throughout the study. However, extended periods of dryness, coupled with high temperatures, may exacerbate stress on olive trees, increasing their susceptibility to infestation. Wind

speed and wind temperature showed moderate variability between seasons but lacked a clear correlation with infestation patterns, suggesting a more limited role in pest dynamics under the conditions observed.

In conclusion, to safeguard both the economic viability and environmental sustainability of olive cultivation in arid regions such as Biskra, it is imperative that producers adopt a combination of timely harvesting and ecologically sound pest management strategies, particularly for vulnerable and economically valuable cultivars like Chemlal.

Data availability statement

All data generated and analysed during this study are original and are fully included in this article.

6 REFERENCES

- Abidi, M. (2010). *La Bioécologie de la mouche de l'olive Bactrocera oleae dans deux stations de Tizi-Ouzou (Maatkas et Sidi Naamane)*. (Doctoral dissertation), 147 p.
- Achouche A. (2021). *Bactrocera oleae Gmelin 1790* (Diptera, Tephritidae): Traits d'histoire de vie et perspectives de lutte. (Doctoral dissertation), 165 p.
- AFIDOL (2014). *Protection raisonnée et biologique des oliviers : Les guides de l'AFIDOL*. Ed. Association Française interprofessionnelle de l'Olive, Aix-en- Provence, 36 p.
- AFIDOL (2020). *La mouche d'olive*. Ed. association française interprofessionnelle de l'olive.
- Arambourg Y. (1986). *Entomologie oléicole*. Edité par le Conseil Oléicole International, Juan Bravo, Madrid, 360 p.
- Belguerri H. (2016). *Contribution à l'étude de l'effet de l'irrigation et la fertilisation azotée et potassique sur les performances productives et qualitatives de l'olivier super-intensif*, Université de Lleida, 201 p.
- Belhoucine S. (2003). Étude de l'éventualité d'un contrôle biologique contre la mouche d'olivier : *Bactrocera oleae* (Diptera:Tephritidae) dans cinq stations de la wilaya de Tlemcen. *Mémoire de magister en biologie*.111 p.
- Bemmerzouk F. Z. (2020). *Evaluation de l'impact d'infestation par la mouche de l'olivier (Bactrocera oleae) sur des oliveraies de la wilaya de Tlemcen*, Université de Tlemcen, 81 p.
- Bouzina N. (2017). *Biodiversité fonctionnelle des arthropodes d'une oliveraie à Melouza (Ouanougha, M'sila) et évaluation des dégâts de la mouche de l'olive*. mémoire de Master. Université de M'sila, 69 p.
- Bueno A. & Jones O. (2002). Alternative methods for controlling the olive fly, *Bactrocera oleae*, involving semio-chemicals. *Bulletin of International Organization of Biological Control*, 25, 1-10.
- Chabane M. (2016). Evaluation du taux d'infestation des oliveraies de la région de Tizi- Ghenif par la mouche de l'olive *Bactrocera oleae* (Diptera, Thephritidae). *Mémoire de master, Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques*. Université de Tizi-Ouzou. 55 p.
- Chiboub Fellah W. (2021). *Enquête sur les problèmes phytosani-*

- taires des oliviers cultivés dans la wilaya de Tlemcen*, Université de Tlemcen, 86 p.
- Fraga H., Moriondo M., Leolini L. & Santos J. A. (2020). Mediterranean olive orchards under climate change: A review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy*, 11(1), 56. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010056>
- Gacem K., Mezerdi F. & Nia B. (2024). Preservation of olive cultivation through the application of different control techniques against the olive fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in Biskra region (Algeria). *International Journal of Environmental Studies*, 82(3), 1166-1177. doi: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2439755>
- Gaouar N. (1996). *Apport et la biologie des populations de la mouche de l'olive Bactrocera (= Dacus) oleae à l'optimisation de son contrôle dans la région de Tlemcen*. Thèse. Doct. Université de Tlemcen, 116 p.
- Gaouar N. & Debouz D. (1991). Olive fruit fly, *Dacus oleae* Gmel. (Diptera, Tephritidae) damage in Tlemcen region, Algeria. *Journal of Applied Entomology*, 112(1-5), 288-297.
- Gomina M. (2015). *Contribution à la connaissance des mouches des fruits (Diptera: Tephritidae) et de leurs parasitoïdes au Sud du Togo* (Doctoral dissertation, Université de Lomé), 190 p.
- Helvaci M., Aktaş M., Ozden O. (2018). Occurrence, damage, and population dynamics of the olive fruit fly (*Bactrocera oleae* Gmelin) in the Turkish Republic of Northern Cyprus. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42(6), 453-458.
- Jerraya A., Jardak T., Kihilif M. & Germazit T. (1986). La mouche de l'olive *Dacus oleae* Gmel (Diptera - Tephritidae) et son impact sur la production oléicole dans la région de Sfax (Tunisie). *Revue de l'INAT (Institut national agronomique de Tunisie). Journal des Sciences Agronomiques*, 1(1), 5-54.
- Kherroubi S. (2016). *Contribution à l'étude des ravageurs de l'olivier et de leurs auxiliaires en grande Kabylie*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), El Harrach, Alger. 195 p.
- Lachibi M. (2023). *The Economic Performance Analysis of the Algerian Olive Oil Sector: Competitiveness and Prospects*. Tobacco Regulatory Science (TRS), 2581-2594.
- Lamani O. & Ilbert H. (2016). Spécificités de l'oléiculture en montagne (région Kabyle en Algérie): pratiques culturelles et enjeux de la politique oléicole publique. *L'oléiculture au Maroc de la préhistoire à nos jours: pratiques, diversité, adaptation, usages, commerce et politiques*. Montpellier: CI-HEAM, 149-159.
- Louskas C., Liaropoulos C., Canard M. & Laudeho Y. (1980). Infestation estivale précoce des olives par *Dacus oleae* (Gmel.) (Diptera, Trypetidae) et rôle limitant du parasite *Eupelmus urozonus* Dalm. (Hymenoptera, Eupelmidae) dans une oliveraie grecque. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 90(1-5), 473-481.
- Malheiro R., Casal S., Baptista P. & Pereira J. A. (2015). A review of *Bactrocera oleae* (Rossi) impact in olive products: From the tree to the table. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 226-242.
- Mohamed M. & Djeddi A. (2014). *Etude de l'influence de la mouche de l'olive Bactrocera oleae sur la production oleicole dans la région de M'sila : cas de verger de Nouara*. Mém. Master. Univ. M'sila
- Mraicha F. & Ksantini M. (2011). Effet de la variété d'olivier et des caractéristiques physico-chimiques de la drupe sur le taux d'infestation par la mouche d'olive *Bactrocera oleae* (Diptera-Tephritidae). *Revue Ezzaitouna*, 12(1), 5-10.
- Nebri L. & Zidane A. (2016). *Evaluation du taux d'infestation par la mouche de l'olive, Bactrocera oleae (Diptera: Tephritidae); dans deux oliveraies de la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou)*, Université de Tizi-Ouzou, 87 p.
- Nestel D., Rempoulakis P., Yanovski L., Miranda M. A. & Papadopoulos N. T. (2016). The evolution of alternative control strategies in a traditional crop: economy and policy as drivers of olive fly control. *Advances in Insect Control and Resistance Management*, 47-76.
- Ouédraogo S. N. (2011). *Dynamique spatiotemporelle des mouches des fruits (Diptera, Tephritidae) en fonction des facteurs biotiques et abiotiques dans les vergers de manguiers de l'ouest du Burkina Faso*. Thèse de Doctorat, Université Paris Est, p. 156.
- Rojnić I. D., Bažok R., & Barčić J. I. (2015). Reduction of olive fruit fly damage by early harvesting and impact on oil quality parameters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(1), 103-111.
- Scolari F., Valerio F., Benelli G., Papadopoulos N. T. & Vaníčková L. (2021). Tephritis fruit fly semiochemicals: Current knowledge and future perspectives. *Insects*, 12(5), 408.
- Tabti D. (2009). *Regénération in vitro de plants sains à partir d'Apex caulinaire d'olivier Olea europaea L. var. Chemlal*, ENSA, 98 p.
- Zerkhefaoui K. (1998). *Etude de la dynamique des populations de la mouche de l'olive Bactrocera oleae GMEL (Diptera: Tephritidae) et estimation de ses dégâts dans la région de Beni douala. Tizi-ouzou*. Thèse de Magister, Institut national d'Agronomie, El Harrach. 133p.



Breeding and conservation of the parasitoid *Psyllalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) to control the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) and protect olive crops

Kamila GACEM,^{1*} Farid MEZERDI²

¹ Department of Agronomic Science, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, University of Biskra, Laboratory of Ecosystem Diversity and Agricultural

Production System Dynamics in Arid Zones (DEDSPAZA), Algeria

e-mail: kamila.gacem@univ-biskra.dz*; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0800-110X>

² Department of Agronomic Science, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, University of Biskra, Laboratory Promotion of Innovation in Agriculture in Arid Regions (PIARA), Algeria

e-mail: f.mezerdi@univ-biskra.dz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4388-2520>

Manuscript received July 10, 2024; revised August 25, 2024; accepted September 30, 2024

Abstract. Our work involves the biological control of the olive fly *Bactrocera oleae*, using the endoparasitoid *Psyllalia concolor*, which develops within the olive fly larvae. We studied the development stages of the host, and the emergence of adults in parasitoid rearing and discussed the contribution of this information to optimize production. The biological control methods require a significant investment in optimizing insect rearing. Our study describes breeding procedures for the parasitoid and its host *Bactrocera oleae*. This is still insufficient to reduce the pest and minimize its damage, achieving integrated management without applying other control techniques or using pesticide treatments.

Keywords: pest, damage, factor, olive, host, pesticide

1. Introduction

The olive fruit fly *Bactrocera oleae* is the main pest of the olive tree and one of the factors hampering olive production. The damage caused by this pest is extensive and varied, resulting in premature fruit drop, direct destruction of the pulp by the larvae, and reduced olive oil quality due to increased acidity [1]. Integrated pest management is defined as the process of controlling harmful organisms using a set of methods that meet economic, ecological, and ecotoxicological

requirements, giving priority to actions that promote the natural control of crop pests and respecting economic intervention thresholds [2]. Optimal integration of olive fruit fly control techniques cannot be achieved without an understanding of their population biology and in particular their dynamics [3]. Until now, most information on the population fluctuations of these insects has been based on adult trapping. However, these data are only of relative importance and reliability, as the adults caught represent just a fraction of the population [4]. The olive fruit fly is a harmful pest, present throughout the Mediterranean countries, and efforts have been made to specify the main parameters to assess the damage caused by the pest [5]. The olive fruit fly and its parasitoids have been studied only slightly in Algeria despite their significant impact on olive products. Its parasitoids are divided into four species of Chalcidian ectoparasites with a wide distribution range and one Braconidae endoparasite originally from North Africa only. However, the most common ectoparasitic ones are *Eupelmus urozonus* and *Pnigalio mediterraneus*. It intrudes preferentially to parasitize third-stage larvae. Biological control also includes using other organisms or their products to prevent and minimize damage to plant production caused by pests [6]. At present, biological control is the method most favoured in research programmes, given its economic and agro-environmental benefits in maintaining a bio-ecological balance [7]. Most parasitoids prefer the third larval stage of *B. oleae* as a host; *Psyllalia (Opis) concolor* can parasitize all larval stages; *Eupelmus urozonus* can also lay eggs inside pupae [8]. Biological control uses living organisms to reduce the population levels of harmful organisms. The latter are responsible for many biological control successes and play an important role in natural ecosystems [9]. Biological control involves the use of an auxiliary parasitoid, predator, or pathogen to manage a targeted pest species. In our case, we are talking about classical biological control, as we have introduced a parasitoid to control a targeted pest species. *Psyllalia concolor* was the ideal parasitoid for the olive fruit fly in the Biskra region, due to its well-studied biology and parasitism. It is an important natural enemy against Tephritidae and is an endoparasitoid species, meaning that females lay their eggs inside their host, which continues to live throughout the first part of the parasitoid larvae development. It is a solitary parasitoid, with a single larva able at best to develop in a host. As with any biological control programme aimed at introducing an auxiliary organism into a new territory, several measures were required to comply with phytosanitary standards and risks. From the long series of trials and errors that make up the history of biological control, remarkable successes and promising achievements have been made in economic, environmental, and agricultural terms, particularly following the successful use of various biological control agents [10].

In biological control, the parasitoid must reduce the pest population to an acceptable level and maintain a consistently low density to prevent future pest

reproduction. *Psyllalia concolor* has been introduced in many parts of the world to control the olive fruit fly *Bactrocera oleae*. In its native range (North Africa and the Near East), *Opius concolor* can generate parasitism rates of up to 60% on the olive fruit fly. Attempts were made to use this parasitoid as a biological control agent against *B. oleae*, but without real success, the challenges stemming from the difficulty of effectively reproducing this parasite in natural and controlled environments and the unpredictability of the results of this biological control. Thus, achieving high parasitism rates of *Psyllalia concolor* remains a goal that needs intensive research [11].

The use of integrated pest management (IPM) has often produced good results; however, the extension of these methods is still limited due to the complexity of the biological control agents [12].

Depending on the method of use, there are three main methods of biological control: introduction, augmentation, and conservation [13].

2. Materials and methods

We sampled olive fruits infested with the larvae and pupae of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* in the olive grove.

Breeding

The preservation and transport of fruit found in the olive orchards required the use of plastic bags and plastic Petri dishes for the collection of olive fruit fly larvae and pupae. A qualitative census of larvae and pupae requires meticulous, repeated checks on as many olive trees as possible during the study period. It took much work to follow a well-defined sampling method. In addition, it took some more work to find the larvae and pupae present in the infested olive fruit or in the soil. For this reason, all olive fruits containing larvae collected from olive trees on different dates were taken into consideration for the calculation of emergence rates, sex ratio, and parasitism.

We put olives at room temperature in the laboratory. After we sanitized them with a diluted bleach disinfectant solution and dried them with sterile paper to avoid the appearance of fungi, we put olives in a clear plastic box on a net screen large enough to allow larvae and pupae to pass. Providing favourable conditions for olive fruit fly reproduction is necessary for their development. Larvae and pupae were collected along with the olive fruits on which they were found. These were then placed in Petri dishes; the date of collection and place of harvest were noted. The boxes reserved for the larvae and pupae were covered with a piece of tulle, which did not hinder the breathing of the parasitoids inside the pupae; the emerged *Bactrocera oleae* adults and parasitoids were then identified under a binocular

magnifying glass and a digital microscope. Pupae that had not yet emerged were left in Petri dishes for up to 20 days, sufficient time for the emergence of olive fruit fly pupae that had not died or diapaused. We counted the pupae every second day. After a fortnight, adult emergence is monitored daily. We assessed the rate of parasitism and the nature of the parasite by counting flies and emerging parasites. Reproduction also enabled us to determine the duration of pupal development on different dates. Based on the number of adults emerging, we can estimate pupal survival rates, as well as fly sex ratios.

Host production

We conducted rearing experiments under stable conditions of temperature ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) and relative humidity, around 55%, with a 16-hour lighting period.

Bactrocera oleae rearing was relatively straightforward and consisted of three stages. The 10 boxes were filled with a dish containing around 30 larvae and pupae. Small boxes of nutrient medium and a drinking trough were also added for future adults. Five to six days after adult emergence, olive flies started laying eggs in olive fruits, which we used as larval feeders to maintain normal conditions in the laboratory. The first larvae generally hatched 48 hours later. 8 days after their creation, the boxes were opened and placed in another, larger box with a covered bottom to facilitate the pupation of larvae, and the tulle to facilitate aeration. After ten days, we recovered the pupae.

Rearing of the parasitoids

Psyllalia concolor is a Hymenoptera of the Braconidae family. The adult is a small, tawny-coloured insect, almost 3.5 mm long, with darker pigmentation on the long antennae. The rearing experiment for *Psyllalia concolor* was conducted at the rearing laboratory temperature. The breeding room was equipped with transparent plastic boxes. The boxes used were disinfected to avoid the risk of contamination by fungi or the multiplication of undesirable insects.

At the same time, *Bactrocera oleae* was being reared to provide larvae for the parasitoids to use as hosts. For this purpose, olive fruits were collected in various regions of Biskra and incubated. Individuals emerging from these fruits constituted the first generation of laboratory rearing. After 25 days, *Bactrocera oleae* larvae were collected using the same procedure as for rearing the parasitoids.

We placed *Bactrocera oleae* larvae in the boxes containing the adult parasitoids. The pupae resulting from the pupal phase of the third instar larvae were collected using a soft brush and placed on a rearing medium until the adults' emergence. Once the adults had emerged, the parasitoids were transferred to new boxes for a new development cycle. We collected infected olive fruits containing the larvae

of *Bactrocera oleae*, which were then placed in other rearing boxes for larval pupation, with muslin lids, and we placed them under the same rearing conditions as mentioned before.

Data acquisition

Our work was carried out at the laboratory, enabling us to monitor the evolution of adults, as well as that of parasites. The results of rearing carried out in the laboratory, which yielded pupae and adults, enabled us to follow the complete development cycle of *B. oleae*. To compare the use of different parasite densities on olive fruit fly populations, we used ANOVA analysis of variance at $\alpha = 0.05$ significance level. This test was performed in Excel 2019.

3. Results and discussions

We placed the larvae and pupae emerging from olive fruits in boxes for 8 days to be used in our experiments and to maintain rearing until the emergence of adults. After this period, we sequentially counted the adult olive fruit flies and the parasitoids. *Psyllalia concolor* (Braconidae: Opiinae) emerged from pupae where adults were found. This parasitoid mainly attacks the *Bactrocera oleae* species of Tephritidae present in a wide range of olive varieties. In our case, in all samples, the emerged *Psyllalia concolor* individuals were accompanied only by the *B. oleae* fly. This species may be the dominant current host of the parasitoids in Biskra (Algeria).

Adult emergence of the parasitoid Psyllalia concolor and the olive fly Bactrocera oleae (figs 1–7).

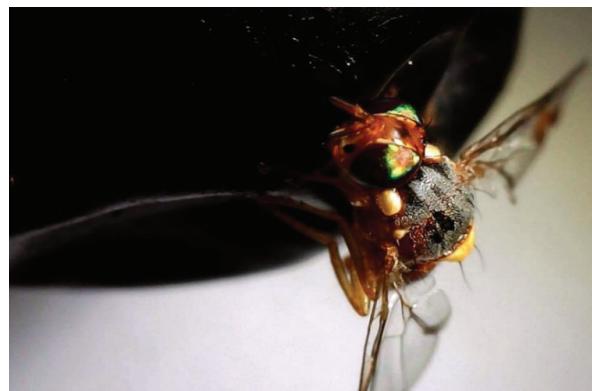


Figure 1. Adult female *Bactrocera oleae* laying an egg under the fruit epidermis



Figure 2. Parasitized L3 larva of *Bactrocera oleae* (left); L3 larva and prenymph of unparasitized *Bactrocera oleae* (right)



Figure 3. Olive fly pupae *Bactrocera oleae*



Figure 4. Adult emergence of *Bactrocera oleae*



Figure 5. Adult *Bactrocera oleae* – female (left), male (right)



Figure 6. Adult *Psyttalia concolor* – female (right), male (left)



Figure 7. Parasitized L3 larva of *Bactrocera oleae* and *Psyttalia concolor* adults

The olive fruit fly larvae were collected from infected olive fruits and deposited on a stretched muslin, usually for 24 hours. The larvae were transferred to a small plastic box, which was placed in a larger, aerated box for pupation. The first olive fruit fly adults (from non-parasitized larvae) emerged from the pupae after around 11 days, with the first *P. concolor* emerging after 10 to 11 days. Under controlled conditions, only 90 larvae were parasitized out of a total of 300 olive fly larvae and pupae, which is 30%. Moreover, according to our observations, a period of 10 days corresponds to the time required for the first appearance of *Bactrocera oleae* and *Psytalia concolor* adults.

Figure 8 shows the emergence of the parasitoid and olive fly adults. The conditions applied were: temperature – $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$; relative humidity – around 55%; lighting period – 16 hours.

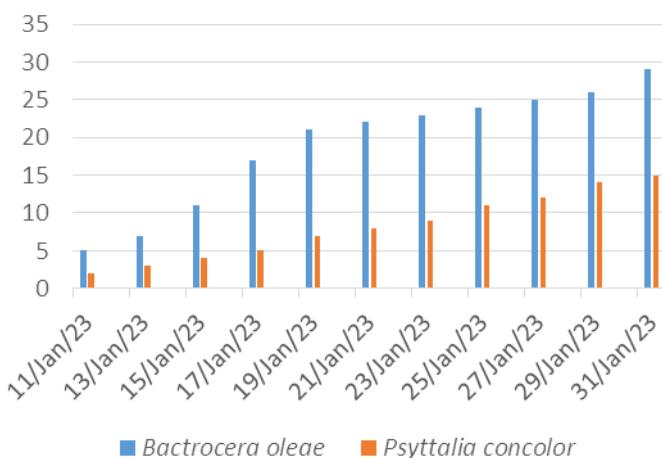


Figure 8. Adult emergence of the parasitoid *Psytalia concolor* and of the olive fly *Bactrocera oleae*

P. concolor females prefer the L3 larval stages, pre-pupae, and pupae of *Bactrocera oleae* for oviposition. All the stages presented to the females were larvae, prepupae, and pupae, which were large and easily distinguishable to the naked eye. These stages were reached 10 days after oviposition under rearing conditions. Parasitoids were reared under the same rearing conditions as above, on *Bactrocera oleae* larvae, which were introduced into plastic boxes containing fruit infested with olive fly larvae at L3 stage. The boxes were placed in a laboratory at 22°C , and three days later the parasitoids were removed and introduced into other boxes containing host larvae. The boxes were kept under the same rearing conditions until adult emergence – a generation of *P. concolor* developed in around 10 to 20 days. Parasitoid species were used immediately or introduced into rearing boxes

until they were used for experiments on reproductive success and the biological control test.

Anova: Single factor

To test the time effect and the interaction between this factor and the variation in total adult emergence, we analysed variance (ANOVA). The results of the probability test are shown in *Table 1*.

Table 1. Analysis of variance with two classification criteria at a 5% threshold for total adult emergences

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
<i>Bactrocera oleae</i>	11	210	19.09091	64.69091
<i>Psyllalia concolor</i>	11	90	8.181818	19.76364

ANOVA

Source of variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	654.5455	1	654.5455	15.50054	0.000815	4.351244
Within Groups	844.5455	20	42.22727			
Total	1499.091	21				

The analysis revealed a significant variation: P value being equal to 0.000815 is significant, the same as in the case of other values below the selected threshold for significance ($P < 0.05$); this value is less than $P < 0.001$, which implies high significance.

The biological control programme has been successful with Braconidae parasitoids, which was also introduced in several countries – where recent surveys show that the parasitoid achieves over 20% of parasitism on *B. oleae* in fruits collected in the olive grove. However, the success of this parasitoid is limited to some cases, while in others it has yet to be established or yielded only low parasitism in the target species. Recent studies have reported over 50% of parasitism of *B. oleae* when reared on artificial feed [14]. The data obtained on the biology and behaviour of the olive fly have enabled us to develop an effective control strategy.

Our bred parasitoids may explain up to 30% of parasitism. However, the first individuals were reared in laboratory on *B. oleae*. Thus, host adaptation is not a barrier for the individuals. Climatic factors play a role in determining parasitoid development, longevity, and parasitism rates.

Adaptation to these factors has also been listed for the selection of a potential biological control agent, and temperature is often considered to be the most important in the acclimatization of a reared parasitoid. A temperature range

of 20–25 °C is appropriate and gives rise to a higher rate of parasitism, which corresponds to the optimal temperature for the development and survival of its host *B. oleae*. In addition to climatic conditions, the physiological state of a parasitoid can modify its host selection behaviour and thus its effectiveness as a biological control agent [15].

As far as the acclimatization of *Psyllalia concolor* in the laboratory is concerned, climatic conditions in the Biskra region are generally favourable for its multiplication. The abundance of *B. oleae* should encourage its rapid expansion. Many researchers reported that *Psyllalia concolor* mainly attacks *Bactrocera oleae*, capable of further parasitizing some non-host fruit fly species. However, the host range of *Psyllalia concolor* appears to be limited to the Tephritidae family. 24-hour-old *Psyllalia concolor* females are already able to contain an average of 18 mature eggs [16]. Supplied with food, they can have up to a hundred mature eggs in their ovaries four days after emergence [17]. Moreover, parasitoids are released 8 to 10 days after emergence, mainly in olive orchards, where fruit infestation by *B. oleae* is high.

In the years to come, the installation and multiplication of this parasitoid will need to be monitored to determine its full Tephritidae host range in Biskra and its real impact on population density. Several results are expected from this future study, including the parasitoid's dispersal capacity around release zones, altitude, temperature, and rare rainfall. It would also be interesting to observe whether the parasitoid competes with other Opiinae already present in the area.

The Braconidae endoparasite *Psyllalia concolor* has been the subject of numerous studies, given its vast distribution in the Mediterranean basin, which overlaps with the southern part of its host; it covers northern Africa.

[18] began breeding *Opius concolor* as early as 1958 and conducted several experiments in 1968, ten years later, which led him to confirm that the early releases of this parasitoid would yield spectacular results. Oviposition on *B. oleae* involves all larval stages, but the female prefers the third stage [19]. The development of pre-imaginal stages is inhibited at temperatures below 15 °C, and survival rate is reduced at low relative humidity. Older larvae are resistant to cold and can withstand temperatures of 0°C for several days. Parasitoid emergence depends on host availability, density, and age [20].

Biological treatments with *P. concolor* have reduced *B. oleae* populations, but without being satisfactory [21]. For this to be successful, releases must be repeated regularly. In addition, the parasitoid attacks the third larval stage, which has already caused damage to the olives [22].

[23] emphasize the need for high humidity levels for the successful rearing of *P. concolor*, while [24] confirms the importance of the availability of unharvested olives for olive fly and parasitoid populations.

4. Conclusions

This study represents a critical first step in our knowledge of Braconidae parasitism. The low olive fruit fly densities we observed are due to parasitism by *Psytalia concolor*. The low number of individuals obtained is likely related to the limited number used during breeding campaigns. However, with its presence already detected in larval hosts, its reproduction and involvement in the control of invasive *B. oleae* species looks promising in the coming years.

The introduction of *Psytalia concolor* into olive groves makes it possible to effectively control *Bactrocera oleae* populations and reduce the use of chemical pesticides. This environmentally-friendly approach has many advantages, particularly in terms of sustainability and biodiversity protection. It is interesting to know to what extent *P. concolor* is having an impact on the Tephritidae family in Biskra, and it is important to monitor its spread to identify all of its host species and its impact on the density of other species. It will also be crucial to monitor parasitism rates in all regions, according to host species. Finally, it will be necessary to reinforce the phytosanitary surveillance system to minimize the risk of invasion by other pests.

References

- [1] Picchi, M. S., Marchi, S., Albertini, A., and Petacchi, R. (2017), Organic management of olive orchards increases the predation rate of overwintering pupae of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Biological Control* 108, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.02.002>.
- [2] Pontikakos, C. M., Tsiligiridis, T. A., Yialouris, C. P., and Kontodimas, D. C. (2012), Pest management control of olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) based on a location-aware agro-environmental system. *Computers and Electronics in Agriculture* 87, 39–50.
- [3] Daane, K. M., Johnson, M. W. 2010. Olive fruit fly: Managing an ancient pest in modern times. *Annual Review of Entomology* 55(1), 151–169.
- [4] Clarke, A. R., Powell, K. S., Weldon, C. W., Taylor, P. W. (2011), The ecology of *Bactrocera tryoni* (Diptera: Tephritidae): What do we know to assist pest management? *Annals of Applied Biology* 158(1), 26–54.
- [5] Mamdouh, N., Wael, M., Khattab, A. (2022), Artificial intelligence-based detection and counting of olive fruit flies: A comprehensive survey. In: *Deep Learning for Sustainable Agriculture*. 357–380.
- [6] Kalaitzaki, A., Perdikis, D., Marketaki, M., Gyftopoulos, N., Paraskevopoulos, A. (2014), Natural enemy complex of *Bactrocera oleae* in organic and conventional olive groves. *IOBC/WPRS Bulletin* 108, 61–68.

- [7] Vasconcelos, S., Jonsson, M., Heleno, R., Moreira, F., Beja, P. (2022), A meta-analysis of biocontrol potential and herbivore pressure in olive crops: Does integrated pest management make a difference? *Basic and Applied Ecology* 63, 115–124.
- [8] Sasso, R., Gualtieri, L., Russo, E., Nugnes, F., Gebiola, M., Bernardo, U. (2020), The establishment of a rearing technique for the fruit fly parasitoid *Baryscapus silvestrii* increases knowledge of biological, ecological, and behavioural traits. *BioControl* 65, 47–57.
- [9] Hoelmer, K. A., Kirk, A. A., Pickett, C. H., Daane, K. M., Johnson, M. W. (2011), Prospects for improving biological control of olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae), with introduced parasitoids (Hymenoptera). *Biocontrol Science and Technology* 21(9), 1005–1025.
- [10] Daane, K. M., Johnson, M. W., Pickett, C. H., Sime, K., Wang, X. G., Nadel, H., Hoelmer, K. A. (2011), Biological controls investigated to aid management of olive fruit fly in California. *California Agriculture* 65(1).
- [11] Müller, F. A., Dias, N. P., Gottschalk, M. S., Garcia, F. R. M., Nava, D. E. (2019), Potential distribution of *Bactrocera oleae* and the parasitoids *Fopius arisanus* and *Psyllalia concolor*, aiming at classical biological control. *Biological Control* 132, 144–151.
- [12] Delrio, G., Lentini, A., Satta, A. (2005), Biological control of olive fruit fly through inoculative releases of *Opius concolor* Szépl. *IOBC WPRS BULLETIN* 28(9), 53.
- [13] Bale, J. S., Van Lenteren, J. C., Bigler, F. (2008), Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363(1492), 761–776.
- [14] Stockton, D. G., Aldebron, C., Gutierrez-Coarite, R., Manoukis, N. C. (2023), Previously introduced braconid parasitoids target recent olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) invaders in Hawai'i. *Scientific Reports* 13(1), 22559.
- [15] Genç, H., Nation, J. L. (2008), Survival and development of *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae) immature stages at four temperatures in the laboratory. *African Journal of Biotechnology* 7(14).
- [16] Abd El-Salam, A. M. E., Salem, S. A. W., Abdel-Rahman, R. S., El-Behery, H. H., Magd Elden, M. A. (2019), Effects of climatic changes on olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi) population dynamic with respect to the efficacy of its larval parasitoid in Egyptian olive trees. *Bulletin of the National Research Centre* 43, 1–9. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0220-9>.
- [17] Ur Rehman, J., Wang, X. G., Johnson, M. W., Daane, K. M., Jilani, G., Khan, M. A., Zalom, F. G. (2009), Effects of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) seed extract on the olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) and its larval parasitoid *Psyllalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology* 102(6), 2233–2240.

- [18] Monastero, S. (1968), Nouvelle expérimentation à grande échelle de la lutte biologique contre la Mouche de l'olive (*Dacus oleae* Gmel.) au moyan D'*Opium concolor* siculus Mon. en Sicile en 1967. *Entomophaga* 13, 251–261.
- [19] Malheiro, R., Casal, S., Pinheiro, L., Baptista, P., Pereira, J. A. (2019), Olive cultivar and maturation process on the oviposition preference of *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research* 109(1), 43–53.
- [20] Giunti, G., Benelli, G., Messing, R. H., Canale, A. (2016), Early adult learning affects host preferences in the tephritid parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Pest Science* 89, 529–537.
- [21] Pinheiro, L. A., Dáder, B., Wanumen, A. C., Pereira, J. A., Santos, S. A., Medina, P. (2020), Side effects of pesticides on the olive fruit fly parasitoid *Psytalia concolor* (Szépligeti): A review. *Agronomy* 10(11), 1755.
- [22] Trostle Duke, M. K. (2005), Classical biological control of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), (Diptera: Tephritidae): Natural enemy exploration and nontarget testing (Doctoral dissertation, Texas A&M University).
- [23] Canale, A., Benelli, G. (2012), Impact of mass-rearing on the host seeking behaviour and parasitism by the fruit fly parasitoid *Psytalia concolor* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Pest Science* 85, 65–74.
- [24] Calabrese, P. 2018. *Development of attractant devices and an automatic trap for the monitoring of the Olive fruit fly Bactrocera oleae (Rossi)* (Diptera: Tephritidae). Università Degli Studi Del Molise.

RÉSUMÉ

Titre: Effets de l'application de différentes stratégies de lutte sur la gestion intégrée de la mouche de l'olivier *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera Tephritidae) ; Cas de la région de Biskra.

Résumé

La mouche de l'olivier *Bactrocera oleae* est un principal ravageur de l'olivier, causant d'importants dégâts économiques et une altération notable de la qualité des olives et de l'huile.

Cette étude, menée dans les oliveraies de la région d'El Outaya (Biskra) entre octobre 2021 et janvier 2024, visait à évaluer l'efficacité de différentes stratégies de lutte contre ce ravageur. Les pièges utilisés, incluant des attractifs visuels, alimentaires ou sexuels, ont permis d'estimer leur impact sur la réduction des populations adultes et les niveaux d'infestation. Les résultats montrent que la dynamique de *B. oleae* est fortement influencée par les conditions climatiques locales et le type de piégeage.

Dans le verger monovariétal (Chemlal), l'ANOVA à un facteur sur les captures cumulées a révélé une différence hautement significative entre les pièges ($F = 3,89$; $p = 0,021$). Le piège P1 a enregistré le taux de capture le plus élevé, suivi de P2, tandis que P3 et P4 ont montré des performances inférieures. Ces résultats indiquent qu'un système combinant phéromone et attractif visuel constitue une stratégie optimisée de surveillance. Dans le verger multivariétal, une tendance similaire a été observée: l'ANOVA sur six pièges a révélé une variation significative ($F = 2,81$; $p = 0,030$), les pièges P1, P2 et P3 présentant les meilleures performances, surtout en 2022, année à forte pression parasitaire.

Le taux d'infestation dans le verger Chemlal a varié selon les saisons : 8 % la première année, 20,8 % la seconde, puis 4 % la troisième. Bien que l'ANOVA n'ait pas montré de différence significative au seuil de 5 % ($F = 4,16$; $p = 0,052$), la tendance suggère un effet marqué des variations climatiques sur la dynamique du ravageur. Les conditions automnales modérées (16–24 °C, humidité élevée) favorisent le développement de *B. oleae*, alors que les températures estivales supérieures à 32 °C réduisent la survie des stades immatures. Parallèlement, la lutte biologique par le parasitoïde *Psyllalia concolor* a montré un taux de parasitisme de 30 %. L'ANOVA comparant l'émergence des adultes entre *B. oleae* et *P. concolor* a révélé une différence hautement significative ($F = 15,50$; $p = 0,000815$), confirmant l'efficacité du parasitoïde dans la régulation naturelle du ravageur.

En conclusion, cette étude met en évidence la nécessité d'une approche intégrée combinant un choix variétal approprié, un piégeage rationnel et des interventions ciblées, adaptée aux conditions arides de Biskra.

Mots clés : *Bactrocera oleae*, Biskra, piégeage de masse, perte, *Psyllalia concolor*, infestation, lutte intégrée, *Olea europaea*.

Title: Effects of the Application of Different Control Strategies on the Integrated Management of the Olive Fruit Fly *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae); Case of the Biskra Region

Abstract

The olive fruit fly *Bactrocera oleae* is the main pest of the olive tree, causing significant economic losses and a marked deterioration in the quality of both olives and olive oil.

This study, conducted in the olive orchards of the El Outaya region (Biskra) between October 2021 and January 2024, aimed to assess the effectiveness of different control strategies against this pest. The traps used, which included visual, food-based, and sex attractants, allowed the evaluation of their impact on reducing adult populations and infestation levels.

Results showed that the population dynamics of *B. oleae* were strongly influenced by local climatic conditions and the type of trapping system. In the monovarietal orchard (Chemlal), one-way ANOVA on cumulative captures revealed a highly significant difference between trap types ($F = 3.89$; $p = 0.021$). Trap P1 recorded the highest capture rate, followed by P2, while P3 and P4 showed lower performance. These results suggest that a system combining pheromone and visual attractants provides an optimized monitoring strategy. In the multivarietal orchard, a similar trend was observed: ANOVA on six traps revealed a significant variation ($F = 2.81$; $p = 0.030$), with traps P1, P2, and P3 showing the best performance, particularly in 2022, a year characterized by high pest pressure.

The infestation rate in the Chemlal orchard varied across seasons: 8% in the first year, 20.8% in the second, and 4% in the third. Although ANOVA did not show a statistically significant difference at the 5% level ($F = 4.16$; $p = 0.052$), the trend suggests that interannual climatic variations strongly affect pest dynamics. Moderate autumn conditions (16–24 °C, high humidity) favoured the development of *B. oleae*, whereas summer temperatures above 32 °C reduced the survival of immature stages.

In parallel, biological control using the parasitoid *Psyllalia concolor* showed a parasitism rate of 30%. ANOVA comparing adult emergence between *B. oleae* and *P. concolor* revealed a highly significant difference ($F = 15.50$; $p = 0.000815$), confirming the effectiveness of the parasitoid in the natural regulation of the pest.

In conclusion, this study highlights the need for an integrated management approach combining an appropriate varietal choice, rational trapping, and targeted interventions adapted to the arid conditions of Biskra.

Keywords: *Bactrocera oleae*, Biskra, mass trapping, loss, *Psyllalia concolor*, infestation, integrated pest management, *Olea europaea*.

الملخص

تُعدّ ذبابة الزيتون *Bactrocera oleae* الآفة الرئيسية التي تصيب شجرة الزيتون، حيث تتسبب في أضرار اقتصادية كبيرة وتدور ملحوظ في جودة الشمار والزيت.

أجريت هذه الدراسة في بساتين الزيتون بمنطقة الوطاطية (ولاية بسكرة) خلال الفترة الممتدة من أكتوبر 2021 إلى يناير 2024، وهدفت إلى تقييم فعالية استراتيجيات مختلفة لمكافحة هذه الآفة. استُخدمت عدة أنواع من المصادر، تضمنت جاذبات بصرية وغذائية وجنسية، لتقدير تأثيرها في خفض أعداد الحشرات البالغة ومستوى الإصابة بالثمار.

أظهرت النتائج أن ديناميكية تطور ذبابة الزيتون تتأثر بشكل كبير بالظروف المناخية المحلية ونوع نظام الاصطياد المستخدم. في البستان أحادي الصنف (شمال)، أظهرت نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) فروقاً معنوية عالية بين أنواع المصادر ($F = 3.89; p = 0.021$)، حيث سجلت المصيدة P1 أعلى معدل اصطياد، تلتها P2 ، بينما أظهرت المصيدتان P3 و P4 أداءً أقل. وتشير هذه النتائج إلى أن النظام الذي يجمع بين الفيرومون والجاذب البصري يُعدّ استراتيجية المصيدتان P3 و P4 أفضل. وفي البستان متعدد الأصناف، لوحظ اتجاه مشابه، إذ كشف تحليل التباين لستة أنواع من المصادر مثلّ للرصد والمتابعة. وفي البستان متعدد الأصناف، لوحظ اتجاه مشابه، إذ كشف تحليل التباين لستة أنواع من المصادر عن فروق معنوية ($F = 2.81; p = 0.030$)، وسجلت المصائد P1 و P2 و P3 أفضل أداء، خاصة في موسم 2022 الذي تميّز بضغط حشري مرتفع. تباين معدل الإصابة في بستان شمال بين المواسم: 8 % في السنة الأولى، و 20.8 % في الثانية، ثم انخفض إلى 4 % في الثالثة.

وعلى الرغم من أن تحليل التباين لم يُظهر فروقاً معنوية عند مستوى دلالة 5 % ($F = 4.16; p = 0.052$)، إلا أن الاتجاه العام يشير إلى تأثير واضح للتغيرات المناخية الموسمية على ديناميكية الآفة.

فقد تبيّن أن ظروف الخريف المعتدلة (16-24 ° م مع رطوبة مرتفعة) تحفز نموذج تطور الذبابة، في حين أن درجات الحرارة الصيفية التي تتجاوز 32 ° م تقلّل من بقاء الأطوار غير البالغة.

أما في ما يخصّ المكافحة الحيوية، فقد أظهر الطفيلي *Psyllalia concolor* نسبة تطفل بلغت 30 %. وكشف تحليل التباين للمقارنة بين بزوع البالغات من الذبابة والطفيلي عن فروق معنوية عالية جداً ($F = 15.50; p = 0.000815$) ، مما يؤكّد فعالية هذا الطفيلي في التنظيم الطبيعي لأعداد الآفة.

ختاماً، تُبرز هذه الدراسة ضرورة تبني نهج متكامل للمكافحة يجمع بين اختيار الأصناف المناسبة، واستخدام أنظمة اصطياد عقلانية، وتنفيذ تدخلات موجهة تتناسب مع الديناميكية الموسمية لآفة وظروف المناخ الجافة السائدة في منطقة بسكرة.

الكلمات المفتاحية : ذبابة الزيتون *Bactrocera oleae*، بسكرة، الاصطياد الجماعي، الخسارة، *Psyllalia concolor*، الإصابة، المكافحة المتكاملة، *Olea europaea*.