

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieure et de la recherche scientifique



Département des sciences agronomiques

Mémoire De Fin D'études

Présenté par :

GHALEM Abdelghani Idriss

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité :

Protection des végétaux

Thème :

**Inventaire et bioécologie des syrphes (diptera)
dans la région de Mostaganem**

Soutenu le : 30/06/2025

Devant le jury

Présidente : Pr Boualem Malika Univ. ABB Mostaganem

Examinatrice : Dr. Saih Farida MCB Univ. ABB Mostaganem

Encadreur : Dr. Ghelamallah Amine MCA Univ. ABB Mostaganem

Co-encadreur : Dr. Arbaoui Mohammed MCA ABB Mostaganem

Année Universitaire 2024-2025

Remerciement

Avant tout, je rends grâce à **Dieu** Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la patience, la force et la santé nécessaires à la réalisation de ce travail. Sans Sa volonté, rien n'aurait été possible.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur, Dr. **GHELAMALLAH Amine**, pour sa disponibilité, ses précieux conseils, son accompagnement rigoureux et sa bienveillance tout au long de ce travail. Son encadrement m'a permis de progresser à la fois scientifiquement et humainement.

Mes sincères remerciements vont également à mon Co-encadreur, Dr. **ARBAOUI Mohamed**, pour son suivi attentif, ses remarques constructives et son soutien constant.

Je n'oublie pas de remercier Pr. **Boualem Malika** et Dr. **Sayah F.** ainsi que l'ensemble des enseignants qui m'ont accompagnée durant tout mon parcours universitaire. Leurs enseignements, leur implication et leur passion ont enrichi mon savoir et façonné ma démarche scientifique.

Enfin, je remercie chaleureusement toutes les personnes, de près ou de loin, qui ont contribué à la réussite de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce mémoire avec tout mon amour et ma reconnaissance à :

Ma chère maman, pour son soutien inconditionnel, ses prières et son amour sans limites.

Mes oncles, pour leur présence rassurante et leurs encouragements constants.

Mes amis **BOUSKHOURI Youcef**, **OUFFA Fayçal**, **BENDAHA Mohamed** et **SAIDI Massi**, pour leur amitié sincère, leur motivation, leurs mots d'encouragement et les moments précieux partagés tout au long de ce parcours.

Merci à chacun d'entre vous d'avoir contribué, d'une manière ou d'une autre, à l'accomplissement de ce travail.

Résumé

La culture du poivron représente une filière agricole de grande importance, notamment en conditions de culture protégée. Dans le but de limiter les dégâts causés par les pucerons, ravageurs majeurs de cette culture, cette étude s'est intéressée à l'évaluation des syrphes en tant qu'agents de lutte biologique. Cependant, les conditions climatiques défavorables rencontrées durant la période d'expérimentation ont limité l'observation directe, ce qui a conduit à une étude comparative basée sur trois travaux antérieurs. L'analyse de ces études a révélé que, bien que les syrphes présentent un potentiel prédateur non négligeable, leur efficacité réelle reste limitée. Ils se sont montrés très sensibles aux facteurs climatiques et leur apparition tardive dans la culture compromet leur rôle régulateur vis-à-vis des populations de pucerons. Ces résultats soulignent que la présence des syrphes à elle seule ne suffit pas pour assurer une lutte efficace et durable contre les pucerons, et qu'une synchronisation avec les pics d'infestation ou des interventions complémentaires restent nécessaires

Mots-clés : Lutte biologique, Poivron-Pucerons-Syrphes.

Abstract

Sweet pepper cultivation is an important agricultural sector, especially under protected cropping systems. To reduce the significant damage caused by aphids, major pests of this crop, this study focused on evaluating hoverflies (Syrphidae) as biological control agents.

However, unfavorable climatic conditions during the experimental period limited direct observations, leading to a comparative analysis based on three previous studies. These studies revealed that although hoverflies have notable predatory potential, their actual effectiveness remains limited. They are highly sensitive to climatic factors, and their late appearance in the crop undermines their regulatory role against aphid populations.

These findings highlight that the mere presence of hoverflies is not sufficient for effective and sustainable aphid control, and that synchronization with pest population peaks or additional interventions may be required.

Keywords : Sweet pepper-Aphids-Hoverflies-Biological control-Climatic conditions

المخلص:

تُعد زراعة الفلفل الحلو من الزراعات الزراعية المهمة، خاصةً في ظروف الزراعة المحمية. ونظرًا للأضرار الكبيرة التي تُسببها حشرة المنّ (المنّيّات)، والتي تُعد من الآفات الرئيسية لهذه الزراعة، ركزت هذه الدراسة على تقييم دور ذبابة الزهور (السيرفيد) كوسيلة للمكافحة البيولوجية لكن، وبسبب الظروف المناخية غير الملائمة خلال فترة التجربة، لم يكن بالإمكان إجراء ملاحظات ميدانية كافية، مما استدعى إجراء دراسة مقارنة بين ثلاث دراسات سابقة. وقد أظهرت النتائج أن السيرفيد، رغم امتلاكها لقدرة افتراضية معتبرة، إلا أن فعاليتها الفعلية تظل محدودة، حيث تُظهر حساسية كبيرة تجاه العوامل المناخية، كما أن ظهورها المتأخر في المحصول يقلل من قدرتها على التحكم في تجمعات المنّ. وتؤكد هذه النتائج أن مجرد وجود السيرفيد في النظام الزراعي لا يكفي لتحقيق مكافحة ناجعة ودائمة، ما لم يتم التنسيق مع فترات ذروة الآفة أو اعتماد تدخّلات تكميلية داعمة.

الكلمات المفتاحية: الفلفل الحلو-حشرة المنّ-ذبابة الزهور (السيرفيد)-المكافحة البيولوجية-الظروف المناخية

Liste des abréviations :

FAO : Food and agriculture organisation

PIB : produit intérieur brut

MAPAQ : Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection

TYLCV : Tomato yellow leaf curl virus

CMV : cucumber mosaic virus

T° : température

C° : degré Celsius.

Liste des figures :

Figure 1. feuille du poivron atteint de la maladie du milidou (Profert. 2024).....	4
Figure 2. feuilles du poivron atteint de la maladie de l'oïdium (Ephytia., 2025).....	4
Figure 3. feuille et fruit atteint de la maladie d'alternariose (Zahra.I., 2022).....	5
Figure 4. Fruit du poivron atteint de la maladie de l'antracnose (Solenne., 2022).....	6
Figure 5. Fruit et tige du poivron atteint de la maladie du gal bactérienne (D. Blancard. 2022).....	7
Figure 6. Fruit et feuille du proivron infecté par le chancre bactérien (Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection – MAPAQ).....	8
Figure 7. tige et racines du poivron atteint de la maladie de la pourriture molle (Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection – MAPAQ).....	9
Figure 8. fruit et feuilles du poivron infectés par la mosaïque du concombre (Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection – MAPAQ).....	9
Figure 9 : feuille du poivron infecté par la mosaïque de la luzerne(Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection – MAPAQ).....	10
Figure 10. cycle biologique des syrphes (Adama., 2020).....	16
Figure 11. Aile d'un Syrphidae (Syrphusribesii), montrant les éléments caractéristiques permettant d'identifier la famille. (Delsinne, 2018).....	16
Figure12. Schémab d'une tête de syrphe (Veen, 2010).....	17
Figure13. Schéma du corps d'un syrphe (Veen, 2010).....	17
Figure 14. Schéma d'une patte de syrphe (Veen, 2010).....	14
Figure 15. Abdomen d'un syrphe. (Djellab, 2013).....	15
Figure 16. Œufs d'un syrphidé blanchâtre, de forme allongée (Arcaya et al., 2017).....	19
Figure 17. Larves de syrphidae en plein action avec du puceron. (Arcaya et al.,2017).....	19

Figure 18. Illustration de quelques espèces de syrphes. De haut en bas et de droite à gauche: <i>Dasysyrphustricinctus</i> , <i>Syrphusvitripennis</i> , <i>Myathropaflorea</i> , <i>Sphaerophoria scripta</i> , <i>Helophiluspendulus</i> , <i>Temnostomavespiforme</i> , <i>Volucellapellucens</i> , <i>Episyrphusbalteatus</i> . (Delsinne, 2018)	21
Figure 19. Localisation géographique de la ferme expérimentale de Mazagran (Google Earth, 2025).....	24
Figure 20. image satellitaire de la serre expérimentale de la culture du poivron. (google earth., 2025).....	26
Figure 21. Préparation de la serre expérimentale de culture du poivron (originale, 2025)....	27
Figure 22. Parties de la plante dont le suivi pour des échantillonnages (Originale, 2025).....	26
Figure 23. Installation des pièges sous serre et près de la culture du poivron (originale, 2025).....	27
Figure 24. Éléments de laboratoire utilisés dans l'identification (Originale, 2025).....	28
Figure 25. Site d'échantillonnage dans la culture de poivron.....	28
Figure 26. Dénombrement des insectes au laboratoire.....	29
Figure 27. Culture du poivron sous serre expérimentale (originale, 2025).....	31
Figure 28. male, femelle et Tête, femelle, <i>Episyrphus Baleatus</i> (originale, 2025).....	32
Figure 29. <i>Episyrphus Rebisii</i> (originale, 2025).....	33
Figure 30. Stades pré-imaginaux de syrphe.....	41
Figure 31. Sensibilité du puceron au syrphe selon le stade larvaire.....	42
Figure 32. Sensibilité du puceron au syrphe selon le stade larvaire	42
Figure 33. Taux de prédation pour chaque espèce.....	44
Figure 34. Étapes du développement de syrphe de l'oeuf à l'adulte (Originale, 2019).....	46
Figure 35. Nombre de pucerons prédatés par les syrphes selon le stade larvaire.....	47
Figure 36. Efficacité du syrphe selon le stade larvaire du puceron.....	48

Figure 37. Sensibilité du puceron au syrphe selon le stade larvaire.....48

Liste des tableaux

Tableau 1. Calendrier d'échantillonnage.....29

Tableau 2. Cycle de vie des syrphes.....41

Tableau 3. Taux de prédation selon le stade larvaire par espèce.....44

Tableau 4. Cycle de vie de syrphe sous une température de $21\pm 2,5$ C°.....45

Tableau 5. Nombre de pucerons prédatés par les syrphes.....46

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des Matières

Introduction.....A

Première partie : Étude bibliographique

1.1.	Importance économique.....	1
1.1.1.	Dans le monde.....	1
1.1.1.	En Algérie.....	1
2.1.	Principales maladies cryptogamiques.....	4
2.1.1.	Mildiou (<i>Phytophthora capsici</i>).....	4
2.1.2.	Oïdium (<i>Leveillula taurica</i>)	4
2.1.3.	Alternariose (<i>Alternaria solani</i>).....	5
2.1.4.	Fusariose (<i>Fusarium solani</i>).....	5
2.1.5.	Verticilliose (<i>Verticillium Sp.</i>)	5
2.1.6.	Pourriture grise (<i>Botrytis cinera</i>)	6
2.1.7.	Anthraxose.....	6
2.2.	Principales maladies bactériennes.....	6
2.2.1.	Flétrissement bactérien (<i>Ralstonia solanacearum</i>).....	6
2.2.2.	Gale bactérienne (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>).....	7
2.2.3.	Chancre bactérien (<i>Corynebacterium michiganense</i>)	8
2.2.4.	Pourriture molle (<i>Erwinia carotovora</i>).....	8
2.3.	Maladies virales du poivron.....	9
2.3.1.	Mosaïque du concombre (CMV).....	9
2.3.2.	Mosaïque de la luzerne (AMV – Alfamovirus).....	9
2.3.3.	Virus du flétrissement de la fève (BBWV - <i>Fabavirus</i>).....	10

2.3.4.	Mosaïque du tabac.....	10
2.4.	Ravageurs du poivron.....	11
2.4.1.	Acariens	11
2.4.2.	Nématodes	12
2.5.	Insectes.....	12
2.5.1.	Thrips.....	12
2.5.2.	Aleurode des serres (<i>Trialeurodes vaporarium</i>)	13
2.6.	<i>Pucerons</i>	13
3.	<i>étude des syrphes</i>	15
3.1.	Définition	15
3.2.	Position systématique des syrphes.....	15
3.3.	Reconnaissance des syrphes.....	15
3.3.1.	Morphologie.....	15
3.3.2.	Biologie générale	15
3.3.2.1.	Cycle de vie.....	15
3.3.3.	Rôle écologique	16
3.3.4.	Caractéristiques morphologiques	17
3.3.5.	Régime alimentaire.....	19
3.4.	Rôles des syrphes.....	20
3.4.1.	Régulation des ravageurs de cultures.....	20
3.4.2.	Pollinisation des cultures.....	20
3.4.3.	Ennemis naturels des syrphes.....	21
3.4.4.	Syrphes comme bioaccumulateurs de polluants.....	22
3.5.	Syrphes en Algérie.....	23
3.5.1.	Diversité et répartition	23

Deuxième partie : étude expérimentale

1.	Objectif de l'étude	24
2.	Matériel et Méthode d'étude	
2.1.	Présentation de la zone d'études.....	24
2.2.	Matériel végétal.....	28
2.3.	Matériel expérimental.....	29
2.4.	Méthode d'échantillonnage.....	29
2.5.	Installation des pièges.....	30
2.6.	Matériel utilisé au niveau du laboratoire.....	31

Troisième partie résultats et discussion

1.	Caractéristiques botaniques du poivron (<i>Capsicum annuum</i> L.) (sous serre à la ferme expérimentale)	36
2.	Analyse de l'inventaire	38
2.1.	Identification des genres	38

3. Présentation comparative des résultats

(Synthèse des études)

3.1.	Étude bioécologique de la faune auxiliaire des aphides de poivron sous serre (Zitouni et Douar, 2017.....	41
3.2.	Étude de l'activité Syrphidienne dans la région de Mostaganem (Badani et Benfriha, 2022)	
3.3.	Étude bioécologique des aphides du poivron sous serres et leurs ennemis naturels à Mazagan (Mostaganem) (Haddadi, 2019).....	45
3.4.	Cycle biologique du syrphe.....	45
3.5.	Taux de prédation des syrphes.....	46
3.6.	Stade efficace des syrphes.....	47
3.7.	Stade sensible des pucerons vis-à-vis des syrphes.....	48

Discussion	49
-------------------------	----

Conclusion

Références bibliographiques

Introduction

La culture du poivron (*Capsicum annum L.*) occupe une place importante dans les systèmes maraichers en raison de sa forte valeur commerciale et de sa demande croissante sur le marché Algérien et international (FAO, 2023). Pour la toute première fois de l'histoire que la production mondiale de poivron dépasse les 34 millions de tonnes. Selon **FAO (2016)**, le record de production mondiale de poivron a été atteint en 2016 avec 34 497 460 T.

La culture du poivron sous serre représente une stratégie de plus en plus adoptée pour répondre aux exigences de rendement, de qualité et de durabilité face aux pressions climatiques et aux pressions abiotiques (**Raiola et al., 2022**). Le poivron (*Capsicum annum L.*) est l'une des cultures légumières les plus répandues à l'échelle mondiale, tant pour sa valeur nutritionnelle que pour sa diversité d'usages culinaires et industriels. En 2022, la production mondiale de poivron a dépassé 38 millions de tonnes, avec la Chine, le Mexique et la Turquie parmi les principaux producteurs (**FAOSTAT, 2023**). En Algérie, cette culture connaît un essor important, notamment en milieu protégé, où elle contribue significativement à l'approvisionnement du marché national en légumes frais, en particulier durant les périodes de faible production en plein champ.

Les syrphes (Syrphidae) sont des insectes pollinisateurs importants dans les cultures de poivrons (*Capsicum annum*). Leurs larves se nourrissent souvent de pucerons, contribuant ainsi à la lutte biologique contre les ravageurs (**Speight et al., 2022**). Les adultes, attirés par les fleurs, favorisent la pollinisation et augmentent le rendement des poivrons (**Sadeghi et al., 2020**). Intégrer les syrphes dans les pratiques agricoles peut donc améliorer la production de poivrons.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail, ayant pour objet de mettre en évidence l'activité des syrphes en présence des pucerons dans la culture du poivron.

Première partie
Étude bibliographique

Première partie : Étude bibliographique

1. Étude de la culture du poivron

1.1. Importance économique

1.1.1. Dans le monde

Le poivron est cultivé sur tous les continents, avec des pays comme la Chine, l'Inde, le Mexique, la Turquie et les États-Unis en tête de la production mondiale (FAO, 2023). En 2022, la production mondiale de poivrons a atteint environ 38 millions de tonnes, avec la Chine représentant près de 50 % de ce volume. La variété des types de poivrons cultivés, incluant les poivrons doux, les piments forts et les poivrons destinés au paprika, reflète la diversité des besoins culinaires et industriels à travers le monde. La demande est notamment tirée par l'augmentation de la consommation dans les pays développés et émergents, où l'accent est mis sur les régimes alimentaires riches en légumes. (FAO, 2023).

La culture du poivron génère des revenus substantiels pour les agriculteurs, en particulier dans les régions rurales des pays en développement. À l'échelle mondiale, l'industrie du poivron est valorisée à plusieurs milliards de dollars. Les exportations jouent un rôle crucial, avec des pays comme le Mexique exportant massivement vers les États-Unis. En Europe, l'Espagne est un leader en matière d'exportation vers les marchés européens et au-delà. Les revenus tirés de la production de poivrons contribuent de manière significative au PIB agricole de nombreux pays producteurs. (Smith et al., 2021).

Les poivrons sont consommés crus, cuits, grillés ou transformés en sauces, conserves et épices comme le paprika. Dans la cuisine asiatique, ils sont souvent intégrés aux plats épicés, tandis qu'en Europe, ils agrémentent des plats mijotés et des salades. L'industrie agroalimentaire utilise également les poivrons dans la fabrication de sauces piquantes, de condiments et de plats préparés (Brown et al., 2020).

1.1.2. En Algérie

Contextes climatique et agricole, L'Algérie bénéficie d'un climat favorable à la culture des poivrons, notamment dans les régions du nord. Les plaines de la Mitidja, de Guelma et des Hauts Plateaux sont propices en raison de la fertilité des sols et de la disponibilité en eau (Bensaid et al., 2022). La production sous serre se développe également pour maximiser les rendements tout au long de l'année.

La culture du poivron est essentielle pour l'agriculture algérienne, particulièrement dans les régions rurales où elle constitue une source importante de revenus. En 2023, la production nationale a atteint près de 1,5 million de tonnes, en partie grâce aux nouvelles techniques d'irrigation et à l'utilisation de variétés résistantes aux maladies (Abdelkader et

al., 2021). Les coopératives agricoles jouent un rôle clé en favorisant la commercialisation sur les marchés locaux et régionaux.

La culture du poivron représente un enjeu majeur pour l'agriculture mondiale et algérienne. Son rôle économique, nutritionnel et culinaire justifie des investissements accrus dans la recherche variétale et les techniques de culture durable. Pour pérenniser cette filière, l'Algérie doit poursuivre ses efforts d'innovation agricole et de valorisation des produits locaux

2. Étude des maladies du poivron

2.1. Principales maladies cryptogamiques

2.1.1. Mildiou (*Phytophthora capsici*)

Le mildiou, causé principalement par l'oomycète *Phytophthora capsici*, représente l'une des maladies les plus redoutables affectant les cultures de poivron (*Capsicum annuum*) et de piment, aussi bien en plein champ qu'en serre. Cette maladie est particulièrement redoutée en raison de sa capacité à infecter toutes les parties de la plante : racines, tiges, feuilles et fruits (Ristaino & Lamour, 2021).



Figure 1. Feuille du poivron atteint de la maladie du mildiou (Profert, 2024)

2.1.2. Oïdium (*Leveillula taurica*)

L'oïdium causé par *Leveillula taurica* est une maladie fongique aérienne qui touche fréquemment le poivron (*Capsicum annuum*), notamment en culture sous serre. Contrairement à d'autres oïdiums, *L. taurica* est un champignon endophyte qui pénètre les tissus foliaires. Les premiers symptômes apparaissent sous forme de taches jaunâtres diffuses sur la face supérieure des feuilles, tandis qu'un feutrage blanchâtre à grisâtre se développe sur la face inférieure. Ces lésions s'étendent rapidement, provoquant un dessèchement et une chute prématurée des feuilles, ce qui affaiblit la plante et réduit la photosynthèse. L'infection est favorisée par des conditions de chaleur modérée et d'humidité fluctuante, ce qui rend sa gestion complexe en environnement protégé. (kiss et al., 2023)



Figure 2. Feuilles du poivron atteint de la maladie de l'oïdium (Ephytia, 2025)

2.1.3. Alternariose (*Alternaria solani*)

L'alternariose, connue également sous le nom de brûlure alternarienne, L'alternariose est une maladie fongique causée par des espèces de champignons des genres *Alternaria* ou *Ulocladium*. Elle touche principalement les légumes tels que la tomate et la pomme de terre, et peut détruire une culture entière si elle n'est pas gérée correctement. Cette maladie est favorisée par des conditions climatiques humides et peut également affecter d'autres plantes au potager (Solenne, 2022)



Figure 3. Feuille et fruit atteint de la maladie d'alternariose (Zahra, 2022)

2.1.4. Fusariose (*Fusarium solani*)

La fusariose causée par *Fusarium solani* est une maladie fongique du sol affectant le poivron (*Capsicum annuum*), souvent observée dans les systèmes de culture intensifs. Ce pathogène opportuniste provoque des pourritures racinaires et des nécroses au collet, entraînant un affaiblissement général de la plante. Les premiers symptômes incluent un flétrissement partiel ou total des feuilles pendant les heures chaudes, un brunissement du système racinaire, suivi de la pourriture des racines principales. La plante peut présenter une croissance ralentie, un jaunissement foliaire et, dans les cas sévères, une mort prématurée. *F. solani* survit longtemps dans le sol et se développe particulièrement dans des conditions de stress hydrique ou de blessures racinaires. (Hosseini, S et al., 2023)

2.1.5. Verticilliose (*Verticillium Sp.*)

C'est une maladie cryptogamique qui affecte les plantes, notamment les poivrons. Elle est causée par deux champignons, *Verticillium dahliae* et *Verticillium albo-atrum*. Ces champignons pénètrent dans les racines des plantes et bloquent la circulation de la sève, entraînant le dépérissement et la mort de la plante (Clair, 2019).

2.1.6. Pourriture grise (*Botrytis cineria*)

La pourriture grise, causée par le champignon *Botrytis cinerea*, est l'une des maladies les plus dévastatrices affectant le poivron (*Capsicum annuum*). Cette maladie fongique se développe particulièrement dans des conditions humides et tempérées, ce qui en fait une menace majeure dans les serres et les cultures sous abris. Les symptômes de la pourriture grise sur le poivron incluent l'apparition de taches aqueuses sur les feuilles, les tiges et les fruits. Ces taches évoluent rapidement en lésions nécrotiques couvertes d'un mycélium grisâtre et duveteux. Les fruits touchés présentent des zones molles et décolorées, souvent recouvertes de spores grises (Dupont et al., 2024).

2.1.7. Anthracnose

L'anthracnose est une maladie fongique provoquée principalement par des espèces du genre *Colletotrichum*, notamment *Colletotrichum gloeosporioides* et *C. truncatum*, qui affectent le poivron (*Capsicum annuum*) à différents stades de croissance. Elle se manifeste par des lésions humides, circulaires et enfoncées sur les fruits, souvent de couleur brun foncé à noire, avec parfois la présence de fructifications rosées (acervules) en leur centre. Les feuilles et les tiges peuvent également présenter des taches nécrotiques. Cette maladie est favorisée par une forte humidité et des températures chaudes, conditions fréquentes en cultures sous abri. L'anthracnose entraîne une réduction importante de la qualité et du rendement des fruits, en particulier à la récolte et en post-récolte. (Islam, M et al., 2023)



Figure 4. Fruit du poivron atteint de la maladie de l'anthracnose (Solenne., 2022)

❖ **Ne pas confondre :** Les premiers symptômes de la maladie peuvent être confondus avec de l'insolation.

2.2. Principales maladies bactériennes

2.2.1. Flétrissement bactérien (*Ralstonia solanacearum*).

Le flétrissement bactérien, causé principalement par *Ralstonia solanacearum*, est une maladie dévastatrice qui affecte de nombreuses cultures, y compris le poivron (*Capsicum annuum*). Cette maladie est particulièrement répandue dans les régions tropicales et subtropicales, où les conditions chaudes et humides favorisent son développement (Nguyen et al., 2023). Les symptômes typiques du flétrissement bactérien chez le poivron incluent le flétrissement soudain des feuilles, souvent suivi d'un jaunissement et d'une nécrose des tissus. Les plantes infectées présentent également un brunissement vasculaire caractéristique lorsque la tige est sectionnée (Wang et al., 2024).

2.2.2. Gale bactérienne (*Xanthomonas vesicatoria*)

La gale bactérienne du poivron est causée par plusieurs espèces de *Xanthomonas*, notamment *X. vesicatoria* et *X. gardneri* (Blancard, 2022).

• Symptômes :

- 3 Petites lésions graisseuses et translucides apparaissant au hasard sur les folioles ou en bordure du limbe, évoluant en taches brunes à noires irrégulières, localement angulaires car délimitées par certaines nervures. Elles mesurent généralement quelques millimètres de diamètre, parfois plus si la présence d'eau persiste sur le limbe, et sont auréolées d'un halo jaune. Leur centre se dessèche, et les tissus dégradés peuvent finir par tomber. Ces taches peuvent s'étendre et confluer, altérant de larges secteurs du limbe qui finissent par se nécroser et se dessécher.
- Les feuilles fortement affectées jaunissent, se dessèchent. Lésions comparables mais souvent plus étendues sur pétioles, tige, pédoncules et sépales. Chute de fleurs.
- Lésions graisseuses, de couleur vert sombre à noire sur fruits verts (figure 3) donnant lieu à des pustules plus ou moins liégeuses et en relief, craquelées, pouvant atteindre 1 cm de diamètre. Un halo graisseux les entoure parfois (Blancard, 2022).



Figure 5. Fruit et tige du poivron atteint de la maladie du gal bactérienne (Blancard, 2022).

2.2.3. Chancre bactérien (*Corynebacterium michiganense*) :

Le chancre bactérien est une maladie végétale causée par des bactéries pathogènes appartenant principalement aux genres *Xanthomonas* et *Pseudomonas*. Il affecte diverses plantes, notamment les arbres fruitiers tels que le cerisier, l'abricotier et le pêcher, provoquant des pertes économiques significatives (Smith et al., 2024).

- **Symptômes et Diagnostic**

Les symptômes du chancre bactérien incluent des lésions nécrotiques sur les branches, les tiges et les fruits. Ces chancres peuvent exsuder un liquide visqueux en cas d'infection avancée. L'identification précoce est cruciale pour la gestion de la maladie, car une infection étendue peut entraîner la mort de l'arbre (Jones et al., 2023).

Facteurs de Propagation : Les conditions climatiques humides et les blessures mécaniques favorisent la propagation du chancre bactérien. Les pratiques culturales telles que la taille pendant la saison humide augmentent également le risque d'infection (Brown et al., 2022).

Stratégies de Gestion : La gestion du chancre bactérien repose sur des pratiques culturales appropriées, y compris la taille en période sèche et l'application de traitements bactéricides. De nouvelles approches biocontrôlées, utilisant des bactéries antagonistes, montrent également des résultats prometteurs (Green et al., 2024).



Figure 6. Fruit et feuille du proivron infecté par le chancre bactérien

2.2.4. Pourriture molle (*Erwinia carotovora*)

Les principales bactéries responsables sont *Pectobacterium carotovorum* et *Dickeya dadantii*. Ces agents pathogènes se développent principalement dans des conditions chaudes et humides, souvent favorisées par des blessures mécaniques ou des attaques d'insectes. La transmission peut se faire par l'eau d'irrigation contaminée, les outils agricoles ou lors de la manipulation des fruits (Smith et al., 2024).

Les symptômes incluent des lésions aqueuses, un ramollissement des tissus et une odeur désagréable. Les fruits infectés deviennent visqueux et peuvent montrer des

suintements liquides. Le diagnostic se base sur l'observation visuelle des symptômes, complétée par des tests microbiologiques pour identifier les agents pathogènes (Zhang et al., 2023).



Figure 7. Tige et racines du poivron atteintes de la maladie de la pourriture molle

2.3. Maladies virales du poivron

2.3.1. Mosaïque du concombre (CMV)

Les plantes infectées par le CMV présentent des symptômes variés tels que le jaunissement des feuilles, des motifs en mosaïque, des déformations foliaires et un retard de croissance. Les fruits peuvent également être déformés et présenter des marbrures. La transmission se fait principalement par les pucerons de manière non persistante, mais elle peut également se produire par les semences et le contact mécanique (Jones, 2024). La mosaïque du concombre peut entraîner des pertes de rendement importantes, en particulier dans les régions où les conditions favorisent la prolifération des vecteurs tels que les pucerons. Les pratiques culturales intensives et l'absence de mesures de lutte augmentent également les risques d'infection (Smith et al., 2023).



Figure 8. Fruit et feuilles du poivron infectés par la mosaïque du concombre

2.3.2. Mosaïque de la luzerne (AMV – Alfamovirus)

Le virus de la mosaïque de la luzerne (Alfalfa mosaic virus, AMV) est très polyphage et ubiquiste ; il a été signalé sur salade de plein champ dans de nombreux pays, en particulier

sur laitue. En fait, des épidémies graves ne sont rapportées que dans des parcelles situées à proximité de luzernières, la luzerne étant un hôte de prédilection de ce virus (Lot, 2023).

En France, l'AMV est régulièrement isolé de laitues et de chicorées, mais ses dégâts sont insignifiants, en général moins de 1% des plantes révèlent des symptômes. Cette situation est assez surprenante car l'AMV peut provoquer de graves épidémies chez d'autres espèces maraîchères comme le poivron, sur lequel des pertes non négligeables sont enregistrées localement certaines années (Lot, 2023).



Figure 9. Feuille du poivron infecté par la mosaïque de la luzerne.

2.3.3. Virus du flétrissement de la fève (BBWV - *Fabavirus*)

Ce virus affecte une gamme d'hôtes importante qui comprend plus de 200 espèces de plantes appartenant à 41 familles. Des cultures légumières (artichaut, haricot, laitue, pois, poivron, tomate, etc.), des plantes ornementales (bégonia, campanule, héliénie, iris, lisianthus, pervenche (vinca), pétunia, poivron d'ornement comestible, verveine, etc.) et des mauvaises herbes (amarante, laiteron, linaira vulgaire, plantain lancéolé, plantain majeur, etc.) sont principalement affectées. BBWV comprend deux espèces virales distinctes reconnaissables à la divergence de leur génome : BBWV-1 et BBWV-2.

Au Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection du MAPAPQ, la distinction entre ces deux virus n'est pas encore réalisée lors du test sérologique ELISA. Néanmoins, en Amérique du Nord, BBWV-2 serait observé plus fréquemment que BBWV-1. Ce virus est observé principalement en champ et en pépinière et plus rarement en serre. Chez les plantes ornementales, il est occasionnel et mineur et les pertes sont généralement minimales. Sur certaines plantes, il a été démontré que l'alternance de températures très contrastées entre le jour et la nuit avait une relation directe avec la gravité des symptômes (Chase et al., 2018).

2.3.4. Mosaïque du tabac

La mosaïque du tabac (TMV) est un virus appartenant au genre Tobacco virus, qui infecte de nombreuses cultures, dont le poivron (*Capsicum annuum*). En production sous serre, le virus peut se propager rapidement par contact mécanique, provoquant des symptômes

tels que des marbrures, des déformations foliaires et une réduction de la production fruitière. Les pratiques culturales intensives et la manipulation fréquente des plants favorisent la transmission (**Zhang et al., 2023**).

Des stratégies de gestion intégrée, incluant l'utilisation de variétés résistantes et de mesures d'hygiène strictes, sont recommandées pour limiter les pertes économiques (**Kim et al., 2022**).

2.4. Ravageurs du poivron

La culture du poivron est soumise à des attaques régulières des ravageurs (acariens et nématodes) et d'insectes (thrips, aleurodes et pucerons).

2.4.1. Acariens

Les acariens constituent un groupe diversifié d'arachnides qui peuvent causer des dommages importants aux cultures de poivron (*Capsicum annuum*). Parmi les acariens nuisibles aux poivrons, on trouve principalement les tétranyques tels que *Tetranychus urticae* (**Bolland et al., 2022**).

Les acariens, notamment les tétranyques, se nourrissent en perforant les cellules végétales et en aspirant leur contenu, ce qui provoque une décoloration, une déformation des feuilles et une réduction de la photosynthèse (**Smith et al., 2023**). Les infestations sévères peuvent entraîner des pertes significatives de rendement et réduire la qualité des fruits (**Gonzalez et al., 2024**).

La lutte contre les acariens sur le poivron comprend des approches intégrées combinant l'utilisation de prédateurs naturels comme *Phytoseiulus persimilis*, la rotation des cultures et l'application de produits acaricides spécifiques. Des études récentes ont montré que l'application d'huiles essentielles, notamment de neem, peut réduire significativement les populations d'acariens sans nuire aux insectes bénéfiques (**Garcia et al., 2024**).

Les recherches récentes se concentrent sur la sélection de variétés de poivron résistantes aux acariens et sur l'utilisation de biopesticides. Par exemple, des travaux ont démontré que l'introduction de gènes de résistance issus d'espèces sauvages de *Capsicum* pourrait renforcer la tolérance aux acariens (**Lee et al., 2023**).

Les acariens représentent une menace importante pour la culture du poivron. Une gestion intégrée basée sur la lutte biologique et l'utilisation raisonnée des acaricides est essentielle pour maintenir la production tout en minimisant les impacts environnementaux.

2.4.2. Nématodes

Les principales espèces de nématodes qui attaquent le poivron sont les nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*), les nématodes des lésions racinaires (*Pratylenchus spp.*) et les nématodes à kyste (*Heterodera spp.*). Les nématodes à galles provoquent la formation de galles sur les racines, ce qui interfère avec l'absorption des nutriments (Jones et al., 2023). Les nématodes des lésions racinaires pénètrent et endommagent les tissus racinaires, tandis que les nématodes à kyste forment des kystes résistants dans le sol (Smith et al., 2024).

Les nématodes provoquent un affaiblissement général de la plante, se traduisant par une diminution de la croissance, une réduction de la fructification et parfois la mort de la plante dans les cas sévères. Les attaques de nématodes à galles réduisent la biomasse racinaire de près de 40 %, compromettant l'absorption d'eau et de nutriments (Lee et al., 2024)

La gestion intégrée des nématodes inclut la rotation des cultures, l'utilisation de variétés résistantes, l'application de nématicides biologiques et chimiques, ainsi que la solarisation des sols. L'adoption de pratiques culturales appropriées, telles que l'utilisation d'engrais organiques, peut également réduire l'infestation (Martinez et al., 2023). Les nématodes représentent un défi majeur pour la culture du poivron, mais des stratégies de gestion efficaces peuvent réduire leur impact. La recherche continue est nécessaire pour développer des solutions durables face à ces parasites.

2.5. Insectes

2.5.1. Thrips

Les thrips (Thysanoptera) sont de petits insectes ravageurs qui causent des dommages importants aux cultures de poivron (*Capsicum annuum* L.) à travers le monde. Ces insectes se nourrissent en perçant les cellules végétales pour en extraire le contenu, provoquant ainsi des lésions, des déformations et une diminution de la qualité des fruits. Les thrips sont également des vecteurs de virus, tels que le virus de la flétrissure bronzée de la tomate (Tomato Spotted Wilt Virus - TSWV), qui peuvent entraîner des pertes économiques significatives (Smith et al., 2023).

Les dommages causés par les thrips sur les poivrons incluent la décoloration des feuilles, des taches argentées, des cicatrices et des déformations des fruits. En cas d'infection virale transmise par les thrips, les plants peuvent présenter des symptômes de flétrissement, de marbrures ou de nécroses (Lopez et Garcia, 2025).

Les méthodes de lutte contre les thrips incluent l'utilisation de pièges collants bleus ou jaunes, la lutte biologique avec des prédateurs naturels comme *Amblyseius swirskii*, ainsi que

l'application de biopesticides à base d'extraits végétaux (Kumar et al., 2024). L'approche intégrée vise à réduire la population de thrips tout en minimisant l'impact environnemental.

Les thrips représentent une menace sérieuse pour les cultures de poivron. La mise en place de stratégies de gestion intégrée est essentielle pour limiter les pertes économiques et préserver la qualité des récoltes.

2.5.2. Aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*)

Les aleurodes des serres (*Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*) sont des insectes ravageurs majeurs en agriculture sous serre. Ils causent d'importants dégâts sur de nombreuses cultures horticoles, notamment le poivron (*Capsicum annuum* L.). Leur présence entraîne des pertes économiques significatives en raison de la baisse de la productivité et de la qualité des fruits (Smith et al., 2023).

Les aleurodes causent des dommages directs en affaiblissant les plantes et en réduisant la photosynthèse. De plus, ils produisent du miellat, favorisant le développement de fumagine, ce qui altère la qualité des fruits (Lopez et al., 2023). Ces insectes sont également vecteurs de virus phytopathogènes, notamment le Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV), qui affecte gravement le rendement des cultures de poivron (Gonzalez et al., 2023).

La gestion intégrée est essentielle pour limiter les infestations. Les méthodes incluent l'utilisation de filets anti-insectes, la libération d'ennemis naturels comme *Encarsia formosa*, et l'application raisonnée d'insecticides (Thompson et al., 2024). Des stratégies biologiques, telles que l'introduction de prédateurs naturels, montrent une efficacité prometteuse dans les systèmes de culture sous serre (Martinez et al., 2023).

2.6. Pucerons

Les pucerons, notamment *Myzus persicae* et *Aphis gossypii*, sont des ravageurs fréquents en culture de poivron sous serre. Ils se nourrissent de la sève, provoquant un affaiblissement des plants, des déformations foliaires et l'apparition de miellat favorisant le développement de fumagine. De plus, ils sont vecteurs de virus tels que le virus de la mosaïque du concombre (CMV) (Garcia et al., 2023).

Les stratégies de lutte intégrée incluent l'utilisation d'auxiliaires comme *Aphidius colemani* et l'application d'huiles essentielles pour réduire les populations (Lee et al., 2022). La lutte biologique contre les ravageurs est le moyen le plus sûr pour la protection des végétaux car il permet de réduire l'usage des pesticides et de préserver la biodiversité dans les cultures agricoles.

Dans cette étude nous allons voir l'activité des syrphes en présence des pucerons dans la culture du poivron sous serres.

3. Étude des syrphes

3.1. Définition

Les syrphes sont des insectes de l'ordre des diptères (mouches) appartenant à la famille des **Syrphidae**. Ils sont souvent appelés mouches des fleurs en raison de leurs habitudes fréquentes de butiner les fleurs. Les syrphes sont connus pour leur mimétisme avec les abeilles ou les guêpes, bien qu'ils soient inoffensifs, n'ayant pas de dard (**Mengual et al., 2023**)

3.2. Position Systématique des Syrphidae

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Diptera

Sous-ordre : Brachycera

Infra-ordre : Muscomorpha (ou Cyclorrhapha)

Super-famille : Syrphoidea

Famille : Syrphidae (**Mengual et al., 2023**)

3.3. Reconnaissance des Syrphes

Les syrphes sont souvent reconnus par leur mimétisme avec les abeilles ou les guêpes. Cependant, ils présentent plusieurs caractéristiques distinctives :

3.3.1. Morphologie

Corps souvent rayé de jaune et noir. Deux ailes membraneuses (caractère typique des diptères). Grands yeux souvent contigus chez les mâles (holoptiques) et séparés chez les femelles (dichoptiques). Antennes courtes avec un arista souvent visible (**Mengual et al., 2023**)

- **Comportement de vol** : Vol stationnaire fréquent (capacité de rester en suspension dans l'air). Déplacements rapides et précis entre les fleurs (**Mengual et al., 2023**)
- **Habitat**

Milieus variés : jardins, prairies, forêts. Fréquentation des fleurs pour se nourrir de nectar et de pollen (**Mengual et al., 2023**)

3.3.2. Biologie Générale

Les syrphes jouent un rôle écologique important en tant que pollinisateurs et régulateurs biologiques (**Rotheray et al., 2024**)

3.3.2.1. Cycle de vie

- **Œuf** : Déposé sur les plantes infestées de pucerons (pour les espèces aphidiphages).
- **Larves** : Syrphinae sont prédatrices de pucerons, Eristalinae sont saprophages dans les milieux humides, Microdontinae sont myrmécophiles (associées aux fourmilières).

- **Pupe** : Transformation en pupes dans le sol ou sur la végétation.
- **Adulte** : Vie courte (quelques semaines), consacrée à la reproduction et à la nutrition (Rotheray et al., 2024)

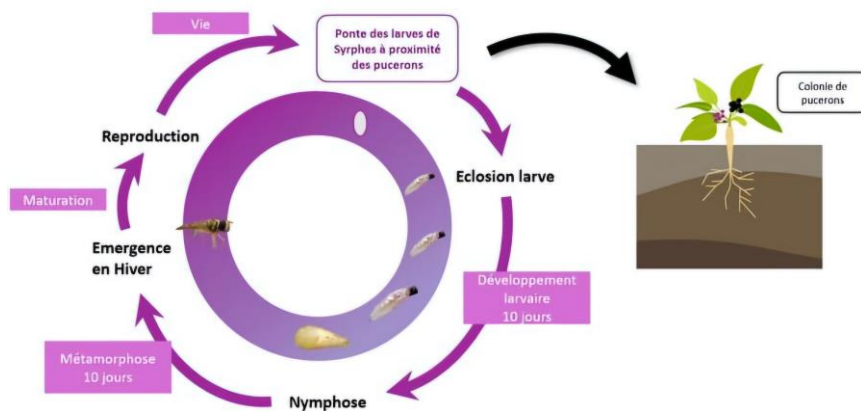


Figure 10. Cycle biologique des syrphes (Adama, 2020)

3.3.3. Rôle écologique

- **Pollinisation** : Contribuent à la reproduction de nombreuses plantes.
- **Lutte biologique** : Les larves aphidiphages régulent les populations de pucerons (Speight, 2024)

La majorité des syrphes présentent une particularité sur les ailes, à savoir une fausse veine ou venaspuria, localisée près du centre de l'aile et plus ou moins parallèle à l'axe longitudinal de celle-ci. Cette fausse veine est la caractéristique principale permettant de distinguer les syrphes des autres Diptères. Les syrphes possèdent une autre caractéristique qui leur est propre, à savoir la présence d'un faux bord, c'est-à-dire qu'aucune nervure n'atteint l'extrémité de l'aile (Dor et al., 2011).



Figure 11. Aile d'un Syrphidae (*Syrphus ribesii*), montrant les éléments caractéristiques permettant d'identifier la famille (Delsinne, 2018).

Leur taille est très variée suivant les espèces. On peut rencontrer de tous petits spécimens qui ne mesurent pas plus de quelques millimètres et également des espèces beaucoup plus

imposantes pouvant atteindre jusqu'à 3,5 cm de long comme *Milesiacraboniformis* qui est la plus grande espèce d'Europe (Chapelin-Viscardi et al., 2015).

Ils ressemblent pour la plupart à de petites guêpes, et présentent une grande variété de modes de développement. D'autre part, ils sont souvent qualifiés de mimétiques de par leur ressemblance avec certains apiformes (guêpes, abeilles et frelons...) (Dor et al., 2011).

3.3.4. Caractéristiques morphologiques

- **Adultes :** La tête est complètement dégagée du thorax, distincte et mobile. La plus grande partie de la tête est prise par les yeux, qui sont composés par un très grand nombre d'ommatidies. Les yeux peuvent être glabres ou velus sous le microscope, on aperçoit souvent des cils courts et épars (Djellab, 2013). Les syrphes ont deux antennes divisées en quatre parties, la quatrième partie (l'arista) est fixée sur la troisième. Les deux premières parties sont de petites tailles alors que la troisième est grande, l'arista ressemble à un cheveu (fine et longue). Au-dessus de la base des antennes se trouvent des lunules qui ont une forme de lune (Veen, 2010).

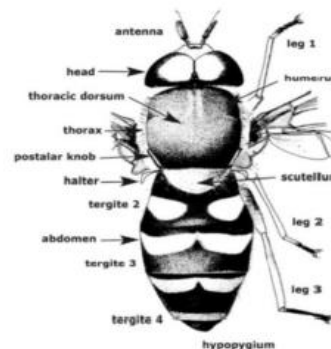
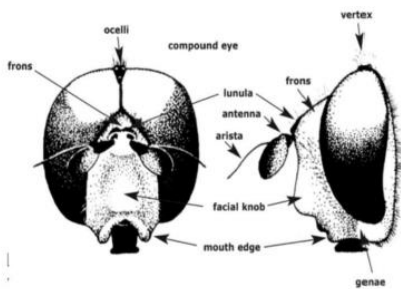


Figure 12. Schéma d'une tête de syrph (Veen, 2010).

Figure 13. Schéma du corps d'un syrph (Veen, 2010).

- Le thorax est composé d'un dos thoracique et à sa base il y a un scutellum semicirculaire. Sur les parties latérales, la présence de poils ou de poussières sont des caractéristiques utiles pour le diagnostic;
- Les segments de l'abdomen sont composés en deux parties, une ventrale (sternite) et une dorsale (tergite). A l'extrémité de l'abdomen des mâles, se trouve le segment pré-génital (hypopygion) ;
- La forme des organes génitaux est la caractéristique principale pour différencier les espèces. Mais pour cela, il faut dérouler ces organes ;
- Le thorax porte les ailes et les pattes, éléments importants pour l'identification. Les ailes des syrphes sont très utiles, pour les différencier de toutes, les autres familles de Diptères. Le plus caractéristique est la présence d'une « spuriavena », qui est un pli veineux dans l'aile ;

- Les pattes sont divisées en cinq parties (coxa, trochanter, fémur, tibia et tarse).

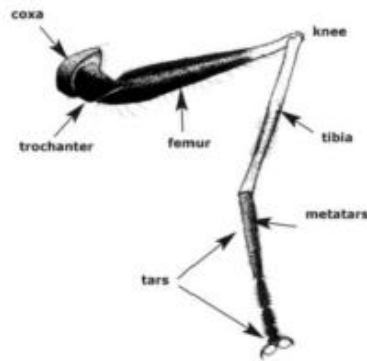


Figure 14. Schéma d'une patte de syrphe (Veen, 2010).

L'abdomen est la plus volumineuse partie du corps de l'insecte. Il renferme tous les viscères et les portions les plus importantes des divers appareils. L'abdomen des Syrphidés peut être de formes diverses, court et triangulaire ou allongé et lanciforme. Il est composé de trois ou quatre, parfois cinq tergites bien visibles. Le nombre de segments visibles dépend de la sous famille.

Il est important de signaler des variations de taches abdominales chez les individus de la même espèce comme *Episyrphus balteatus*, *Eristalisarbastorum* et *Eristalistenax* (Sarhou et Speight, 2013).



Figure 15. Abdomen d'un syrphe (Djellab, 2013)

A: *Helophilus trivittatus* (Vue dorsale). B: *Chrysotoxum intermedium* (Vue ventrale).

- **Œufs** : Les œufs sont blancs, ovoïdes et facilement visibles à l'œil nu. Ils mesurent 1mm de long (INRA, 2014). À l'œil nu, l'œuf ressemble à un grain de riz. Vu à fort grossissement, sa surface révèle des projections ponctuelles. Parfois aussi, l'œuf est tapissé de rangs serrés de fins traits longitudinaux (*Aphis farinosa*) (figure). Arcaya et al. (2017) ont présenté une excellente photo de ce type d'œuf.



Figure 16. Œufs d'un syrphidé blanchâtre, de forme allongée (Arcaya et al., 2017)

- **Larves :** Les larves sont vermiformes, d'un blanc sale, mesurent entre 10 et 20 mm de long, avec l'intestin visible au travers du tégument (INRA, 2014). Les larves ressemblent à une chenille sans patte, la tête n'étant pas différenciée du corps et elles sont aveugles. Leur couleur va du vert vif au blanc translucide laissant apparaître des colorations non uniformes à l'intérieur (CIVAM, 2020). Le stade larvaire est le stade le plus efficace. La larve consomme de 400 à 700 pucerons durant les 10 jours de son développement. Elle s'attaque à tous les stades de pucerons y compris les ailés (Nicolas et Regal, 2009). Au dernier stade de leur développement, les larves laissent une déjection caractéristique, noire et brillante sur les végétaux (CIVAM, 2020).



Figure 17. Larves de syrphidae en plein action avec du puceron (Arcaya et al., 2017)

- **Pupes :** La reconnaissance de la pupa est très caractéristique par sa forme de grosses gouttelettes, elles mesurent 7.5 mm de long, sont marron-orangées plus ou moins pâles, avec des bandes foncées ondulées. La nymphose a lieu sur la face inférieure des feuilles (INRA, 2014). A l'intérieur, la larve se transforme en adulte ailé (CIVAM, 2020).

3.3.5. Régime alimentaire

L'adulte est floricole. Il visite un grand nombre de fleurs principalement blanches et jaunes (surtout Apiacées et Astéracées), se déplaçant des arbres aux plantes rampantes. Les fleurs pauvres en nectar et certaines fleurs roses comme le cirse « *Cirsium sp.* » et la succise « *Succisa sp.* » sont également visitées (Dor et al., 2010). Près de 250 espèces de la sous-famille des Syrphinae et Melisiinae consomment des pucerons. Certaines larves sont très polyphages comme *Episyrphus balteatus* qui peut consommer plusieurs dizaines d'espèces différentes. D'autres sont au contraire

très spécialisées comme *Tryglyphus primus* qui n'exploite qu'une seule espèce d'aphide sur l'armoise ou bien *Herengia heringi* qui ne se développe que sur des pucerons galligènes (**Turpeau et al., 2016**).

3.4. Rôles des syrphes

3.4.1. Régulation des ravageurs de cultures

Les syrphes sont des auxiliaires précieux, tant dans les jardins que dans les cultures. Ils participent à la régulation des ravageurs de cultures, et sont notamment utilisés dans les serres en cultures légumières, pour lutter contre les pucerons. Des prédateurs très efficaces au stade larvaire que les syrphes sont des agents de lutte biologique performants. Les larves consomment majoritairement des pucerons mais aussi des cochenilles, des psylles et des cicadelles. Elles peuvent tuer une quantité de pucerons bien supérieure à leurs besoins (jusqu'à 300 en une nuit) mais n'en mangent que 30 à 40 par jour (**Sebioref, 2017**).

3.4.2. Pollinisation des cultures

Les syrphes jouent un rôle essentiel dans la pollinisation. Les adultes, en butinant de fleur en fleur, participent activement à la pollinisation des plantes à fleurs. 70 % des plantes cultivées sont pollinisées par les insectes : presque tous les fruitiers, légumes, oléagineux et protéagineux dépendent des pollinisateurs, ce qui correspond à 35 % de tout ce que nous mangeons. Ce sont des agents de pollinisation très efficace avec une grande capacité de dispersion (**Sebioref, 2017**).

Les syrphes peuvent avoir aussi plusieurs rôles :

- Ce sont d'excellents indicateurs de la biodiversité et de l'état de santé des milieux naturels. Ils ont colonisé tous les types de milieux naturels, du sol à canopée en passant par les milieux aquatiques pour certaines larves (**Haffaressas, 2018**).



Figure 18. Illustration de quelques espèces de syrphes. De haut en bas et de droite à gauche : *Dasysyrphus tricinctus*, *Syrphus vitripennis*, *Myathropa florea*, *Sphaerophoria scripta*, *Helophilus pendulus*, *Temnostoma vespiforme*, *Volucella pellucens*, *Episyrphus balteatus* (Delsinne, 2018).

3.4.3. Ennemis naturels des syrphes

Les syrphes, malgré leur mimétisme avec les abeilles et les guêpes, ont plusieurs ennemis naturels à différents stades de leur cycle de vie.

- **Œufs**

- **Prédateurs** : Les coccinelles et les chrysopes consomment parfois les œufs de syrphes déposés sur les plantes infestées de pucerons (Speight, 2024)
- **Parasite** : Les araignées qui tissent des toiles sur la végétation peuvent piéger les œufs. (Rotheray et Gilbert, 2023).

- **Larves**

- **Prédateurs** : Les fourmis peuvent attaquer les larves, surtout si elles partagent la même source de nourriture (pucerons) (Stahl et a., 2023). Les oiseaux insectivores les repèrent facilement sur les plantes (Speight, 2024)

- **Parasitoïdes :** Les guêpes parasites (notamment les Hyménoptères de la famille des Ichneumonidae) pondent leurs œufs dans les larves de syrphes (**Rotheray et Gilbert, 2023**). Les nématodes parasites peuvent également infester les larves.
- **Pupes**
 - **Prédateurs :** Les coléoptères prédateurs du sol, comme les carabes, peuvent attaquer les pupes. Les rongeurs fouillant le sol peuvent également les consommer.
 - **Parasitoïdes :** Certains diptères, comme les tachinaires, pondent sur les pupes (Rotheray et Gilbert, 2023).
- **Adultes**
 - **Prédateurs :** Les oiseaux insectivores, comme les mésanges. Les araignées sauteuses qui capturent les adultes sur les fleurs (Speight, 2024).
 - **Parasitoïdes :** Les acariens phorétiques peuvent s'accrocher aux adultes et affaiblir leur santé (Stahl et al., 2023).

3.5. Syrphes en Algérie

L'Algérie possède une riche diversité de syrphes (famille des Syrphidae) grâce à sa variété de climats et d'écosystèmes, notamment dans les zones méditerranéennes, steppiques et sahariennes (Baba Ahmed et al., 2022).

3.5.1. Diversité et répartition

Les syrphes se trouvent principalement dans les zones boisées du nord, les milieux agricoles et les zones humides (Ouakid et al., 2024). Les genres les plus couramment observés incluent : *Eristalis*, *Syrphus*, *Eupeodes*, et *Merodon* (Benzaama et Rahmani, 2023). Les espèces pollinisatrices jouent un rôle important dans les écosystèmes agricoles (Ouakid et al., 2024).

Deuxième partie :
Étude expérimentale

Deuxième partie : Étude expérimentale

1. Objectif de l'étude

L'objectif de ce travail est d'étudier l'activité des syrphes en présence des pucerons dans culture du poivron et leurs contributions primordiales dans la lutte biologique.

2. Matériel et méthode d'étude

2.1. Présentation de la zone d'étude

Le site retenu pour notre étude est situé entre la commune de Mostaganem au nord, Mazagran à l'ouest, Hassi Mamèche au sud et Douar Djedid à l'est. Cette zone est caractérisée par un climat semi-aride avec une hygrométrie comprise entre 60 et 70% pendant la période estivale, les températures moyennes oscillent entre 25 et 30°C en été et de 6 à 13°C pendant l'hiver.

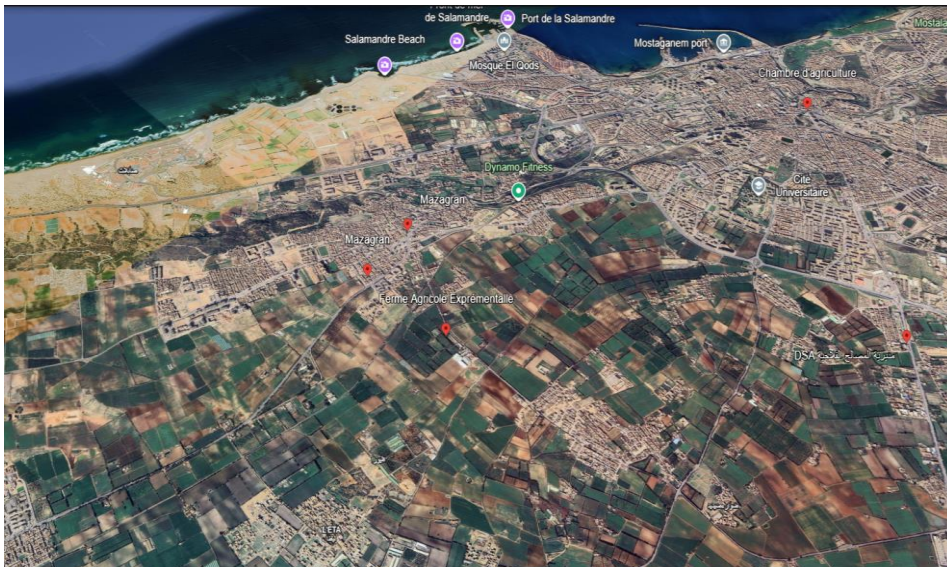


Figure 19. Localisation géographique de la ferme expérimentale de Mazagran (Google Earth, 2025).

La ferme expérimentale de Mazagran, située dans la wilaya de Mostaganem (Algérie), est une infrastructure de recherche relevant de l'université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. Mazagran bénéficie d'un climat méditerranéen avec : Précipitations modérées, concentrées entre novembre et mars. Avec un été chaud et sec, favorable à certaines cultures rustiques et tests de résistance au stress abiotique.

Elle est localisée à environ 7 km au sud-ouest du centre-ville de Mostaganem et à proximité de la route nationale N11 reliant Mostaganem à Oran.

Au nord-est : la ville de Mostaganem (chef-lieu de wilaya), connue pour ses quartiers comme Tigditt, Hay Salem, El Houria.

À l'ouest : la commune de Kheïr Eddine, avec plusieurs exploitations agricoles.

Au sud : la commune de Sayada, une zone semi-rurale en développement.

À l'est : les quartiers périphériques de Mostaganem comme Hai Essalam et Tobna.

2.2. Matériel végétal

La variété utilisée est Magister correspond à une variété hybride F1, c'est une variété très plastique à bon rendement, elle est caractérisée par une tige haute, vigoureuse, avec de grande feuille de couleur vert foncé, les fruits sont de forme allongée avec une taille de 8 à 9 cm de largeur et de 20 à 22 cm de longueur.

Tableau 10 – Caractéristiques du matériel végétal.

Feuilles	Une forme ovoïde de couleur verte avec une longueur de 07 à 12 cm et couverte par des poils.
Tige	Elle est ligneuse à la base et herbacée avec longueur de 50 à 75 cm.
Système racinaire	Le système racinaire est pivotant et peut atteindre 7 à 80 cm. Le développement horizontal des racines.
Fleurs	Blanchâtres, pendante sous-dressées avec de largeur 2 à 3 cm.
Fruits	La couleur est verte avec une forme allongée avec une taille de 8 à 9 cm de largeur et de 20 à 22 cm de longe.
Maladies et ravageurs	La mouche mineuse, Les aleurodes, mouches blanches, Les acariens, Thrips, puceron la mosaïque du tabac (T.M.V), nécroses, L'oïdium.

C'est une variété à bon rendement, elle est très appréciée dans la région, enfin, elle est cultivée en serre ou en plein champs.

• La culture du poivron

La plantation a eu lieu le 11/12/2024, dans une serre en plastique de 50 m longueur, 8 m de largeur et 5 m de hauteur. Avec 290 plants sur 6 lignes.



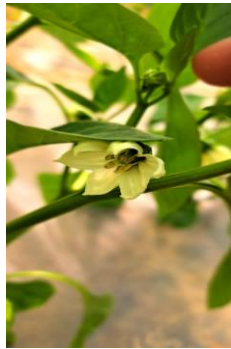
Figure 20. Image satellitaire de la serre expérimentale de la culture du poivron (google earth, 2025).



Figure 21. Préparation de la serre expérimentale de culture du poivron (Originale, 2025).



Fruit



Fleur



Tige



Feuille

Figure 22. Parties de la plante dont le suivi pour des échantillonnages (Originale, 2025)

2.3. Matériel expérimental

L'expérience a été menée durant la période qui s'étale entre le mois de février et le mois de juin 2025. Le travail a consisté à suivre la culture de poivron sous serre et le choix des échantillons sur le terrain et les ramenés au laboratoire pour des observations d'identification des parasites.

2.4. Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage consiste à mettre des pièges de façon aléatoire, 10 pièges sous serre localisés à la ferme expérimentale.

2.4.1. Échantillonnage in vivo

L'échantillonnage a été réalisé chaque semaine au total 3 échantillonnages par piège.

Tableau 1. Calendrier d'échantillonnage

Mois	Mars	Avril	Mai	Juin
Date d'échantillonnage	02/03/2025	09/04/2025	13/05/2025 19/05/2025 26/05/2025	1/06/2025 7/06/2025
Taches réalisées	Installation des pièges	Échantillonnage		

2.5. Installation des pièges

Les pièges ont été installés dès le mois de Mars (Figure 26), ils sont préparés en utilisant des bouteilles vides d'eau minérales. Ces bouteilles ont été coupées en deux puis ils sont remplis d'eau jusqu'à la moitié avec quelques gouttes de détergent afin de diminuer la tension superficielle de l'eau et dans le but d'agir sur les téguments des insectes ce qui provoque la noyade des insectes piégés.

Les pièges sont laissés une semaine, après ils sont vidés de leur contenu, ce dernier sera filtré avec une passoire. Les insectes sont ramassés dans des boîtes avec soin puis ramenés aux laboratoires pour une identification ultérieure. Le contenu des pièges est renouvelé après chaque échantillonnage.



Figure 23. Installation des pièges sous serre et près de la culture du poivron (originale, 2025)

2.6. Échantillonnage in vitro

Les échantillons de la faune capturée sont ramenés au laboratoire pour un dénombrement et un tirage de spécimens sous une loupe binoculaire est nécessaire. Chaque individu est placé dans un tube Eppendorf de 1,5 ml étiqueté rempli d'alcool 70% à moitié, où est mentionnée la date de prélèvement et l'espèce végétale sur laquelle a été trouvé.

L'identification des espèces a été réalisée sous une loupe binoculaire au laboratoire et à l'aide des clés d'indentifications.

2.7. Matériel de laboratoire

Les échantillons récoltés dans les différents pièges ont été ramenés au laboratoire pour l'identification. Le matériel utilisé est affiché dans la figure 27.



Binoculaire

Eau distillée

Tube Eppendorf

Thermomètre

Figure 24. Éléments de laboratoire utilisés dans l'identification (Originale, 2025).



Figure 25. Site d'échantillonnage dans la culture de poivron.

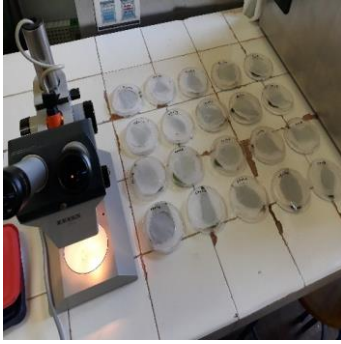


Figure 26. Dénombrement des insectes au laboratoire

Troisième partie : Interprétation des résultats

2.1. Caractéristiques botaniques du poivron (*Capsicum annuum* L.) (sous serre à la ferme expérimentale) :

- **Famille botanique**

- Solanacées (comme la tomate, l'aubergine et la pomme de terre)
- Plante adaptée aux climats chauds et tempérés.

- **Morphologie**

- **Port de la plante** : Herbacée, érigée, ramifiée, atteignant 60 cm à 1,5 m sous serre.
- **Système racinaire** : Pivotant, développé ; sensible à l'asphyxie racinaire.
- **Tige** : Anguleuse, creuse chez les jeunes plants, devient ligneuse à la base avec l'âge.
- **Feuilles** : Simples, entières, de couleur vert foncé, alternes, légèrement pubescentes.
- **Fleurs** : Blanches, solitaires, à l'aisselle des feuilles. Floraison continue sous serre.
- **Fruit** : Baie creuse, variable en forme (long, carré, conique) et en couleur (vert, rouge, jaune, orange selon le stade de maturité).

- **Durée de culture**

Environ 5 à 7 mois selon la variété et les conditions.

Plantation souvent entre novembre et février, récolte de mars à juillet.

- **Température optimale :**

- **Germination** : 25–30 °C
- **Croissance végétative** : 20–27 °C
- **Floraison et fructification** : 22–28 °C
- **Sensible au froid** (<15 °C) et aux températures élevées (>35 °C).

- **Exigences écologiques**

- **Lumière**

Plante photophile : nécessite une lumière abondante pour une bonne floraison.

Sous serre, il faut veiller à une bonne aération et orientation pour maximiser la lumière naturelle.

- Sol

Léger à moyennement lourd, riche en matière organique.

pH entre 6 et 7.5.

Bien drainé (le poivron redoute l'excès d'humidité).

- Arrosage

Régulier mais non excessif, goutte-à-goutte recommandé.

Besoin élevé en eau au stade de floraison et de fructification.

Particularités agronomiques sous serre à Mostaganem-Mazagran

Climat méditerranéen avec hivers doux et ensoleillement favorable.

Production sous serre permet une meilleure protection contre les vents et la salinité côtière.

Fertilisation raisonnée recommandée (apports équilibrés en azote, phosphore, potassium).

Surveillance phytosanitaire nécessaire (thrips, pucerons, oïdium, botrytis...).



Figure 27. Culture du poivron sous serre expérimentale (originale, 2025)

2.2. Analyse de l'inventaire :

Les syrphes (famille syrphidae, ordre diptères) sont des insectes d'intérêt agronomique majeur en raison de leur double rôle :

- Les adultes sont des pollinisateurs importants.
- (femelle) Les larves de nombreuses espèces sont prédatrices de pucerons et des ravageurs

2.2.3. Identification des genres :

Famille : syrphidae

Genre : episyrphus

Sexe : mal

Espèce : *Episyrphus balteatus*



(male)



(femelle)



Tete (femelle)

Figure 28. male, femelle et Tête, femelle, *Episyrphus Baleatus* (originale, 2025)

- ***Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776)**

Episyrphus balteatus possède des anneaux orange délimités par du noir sur l'abdomen, le premier étant séparé en deux. Il possède deux paires de fines bandes noires en forme de moustache sur les tergites 3 et 4. Le thorax est brun luisant à bandes longitudinales gris-pâle. Les mâles ont les yeux qui se touchent. Les femelles ont les yeux espacés.



Figure 29. *Episyrphus Rebisii* (originale, 2025)

Famille : Syrphidae

Genre : Episyrphus

Sexe : femelle

Espèce : *Episyrphus Rebisii*

Taille : Environ 7 à 10 mm de long (semblable à *E. balteatus*)

- **Corps :** Fin, allongé, de coloration brune à noire avec des motifs jaunes sur l'abdomen.
- **Abdomen :** Présente des bandes jaunes mais moins obliques que chez *E. balteatus*.

Les bandes sont plus larges et régulières, parfois moins interrompues.

- **Thorax :** Glabre, métallique brun à bronze, parfois avec une légère pubescence dorée.
- **Yeux :** Bruns, gros et composés.
- **Mâle :** yeux jointifs.
- **Femelle :** yeux écartés par le front.

- La serre expérimentale de la ferme de Mazagran avait pour objectif initial l'observation du comportement des syrphes en conditions contrôlées, notamment leur interaction avec les pucerons dans un contexte de lutte biologique. Cependant, les conditions climatiques de cette année, en particulier la température, se sont révélées défavorables à l'installation et à l'activité des syrphes dans cet environnement fermé. Cette contrainte a empêché la réalisation des observations prévues sur leur activité biologique en présence des ravageurs. En conséquence, notre travail s'appuie sur une revue des recherches antérieures traitant du rôle des syrphes en tant qu'agents de biocontrôle, afin de poser les bases d'une meilleure compréhension de leur potentiel en milieu agricole protégé

Présentation comparative des résultats (synthèse des études)

1. ÉTUDE BIOÉCOLOGIQUE DE LA FAUNE AUXILIAIRE DES APHIDES DE POIVRON SOUS SERRE : réalisé par ZITOUNI Dehbia et DOUAR Kheira, année 2017.

1.1. Cycle biologique de syrphe

D'après notre expérimentation, nous avons remarqué que la durée de développement de stade larvaire de syrphe est différente selon le stade larvaire (Tableau 4). Dans les mêmes conditions climatiques, le stade le plus long est L1 avec 8 jours, alors que le développement du cycle complet du syrphe de l'œuf au stade nymphal est de 21 jours.

Tableau 2. Cycle de vie des syrphes

Syrphe	Stade Œuf	Stade larvaire	Stade adulte	Cycle complet
Durée (Jours)	8	7	6	21

1.2. Taux de prédation des syrphes

La moyenne de longévité de syrphe est presque de 21 jours, pendant cette période les syrphes consomment environ 170 pucerons.

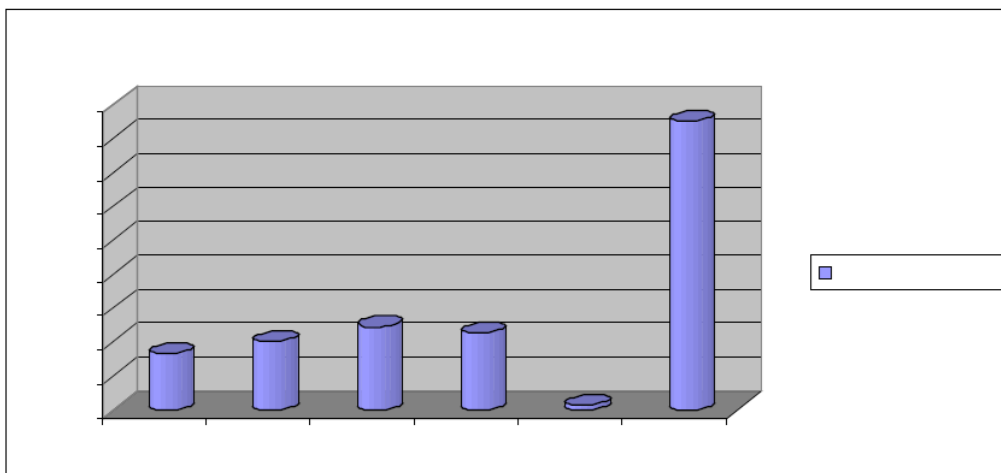


Figure 30. Stades pré-imaginaux de syrphe

1.3. Efficacité selon le stade larvaire

La figure 37 montre une efficacité du syrphe qui varie selon le stade larvaire du puceron. Ainsi, le stade le plus efficace est le stade L2 avec 43%, puis vient L3 pour 36% et enfin, L1 avec un pourcentage de 21.

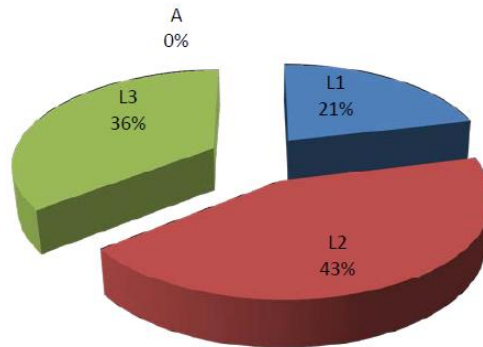


Figure 31. Sensibilité du puceron au syrphe selon le stade larvaire

1.4. Le stade Sensible de puceron vis-à-vis les syrphes

La figure 38 exprime une évolution du taux de mortalité des pucerons sous la prédation des syrphes avec 33 en L1, 40 en L2 et 49 en L3, puis ce taux de mortalité marque une baisse de 45 au stade L4. Nous remarquons aussi, que le taux de mortalité des pucerons devient très faible au stade adulte pour donner 3 individus.

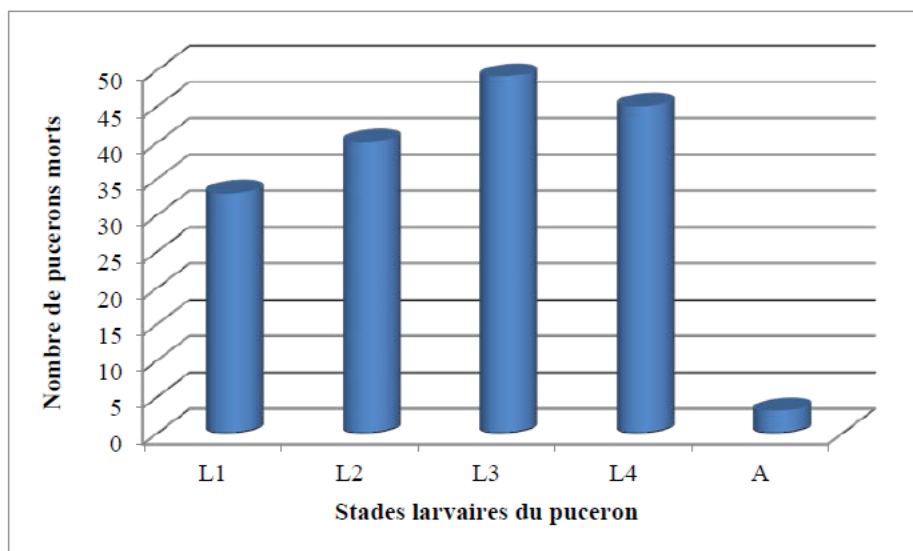


Figure 32. Sensibilité du puceron au syrphe selon le stade larvaire

1.5. Discussion :

L'activité des syrphes observée au cours de cette expérimentation s'est révélée particulièrement faible, surtout lorsqu'on la compare au niveau d'infestation élevé des colonies de pucerons dans la culture. Cette faible présence a fortement limité l'effet régulateur attendu des syrphes en tant qu'auxiliaires de lutte biologique. L'apparition des premiers individus a été tardive, survenant bien après l'établissement des colonies de pucerons, ce qui a réduit considérablement leur capacité à jouer un rôle de contrôle efficace. Ce décalage phénologique, probablement influencé par les conditions climatiques de la saison, notamment les températures inadéquates, a compromis l'équilibre biologique recherché dans la culture. Ces observations suggèrent que la simple présence des syrphes dans un agroécosystème ne garantit pas leur efficacité, celle-ci dépendant étroitement de leur synchronisation avec les pics de population des ravageurs. Une telle asynchronie pourrait remettre en question leur intégration autonome dans les stratégies de lutte biologique en conditions protégées, à moins qu'elle ne soit compensée par des aménagements spécifiques visant à favoriser leur installation précoce, comme la mise en place de plantes attractives précoces, ou le recours à des lâchers dirigés.

2. Étude de l'activité Syrphidienne dans la région de Mostaganem présenté par BADANI Radjaa et BENFRIHA Kaouter (année 2022) :

2.1. Cycle de développement des syrphidae

Les syrphes passent un temps variable sous forme imaginaire, fonction bien sûr de l'espèce considérée. La femelle choisit un site où pondre ses œufs (isolément ou en petit amas selon différents critères). Les œufs de couleur blanchâtre sont allongés et mesurent approximativement 1 millimètre de long pour les espèces aphidiphages.

Généralement, la maturation des œufs ne dure pas plus d'une semaine et donne naissance à une larve, le plus souvent de couleur transparente, vert pâle, jaunâtre ou brune.

La larve est apode et acéphale, Cette dernière peut se développer en deux semaines seulement (c'est le cas pour *Episyrphus balteatus*).

Toutes les espèces de syrphes présentent trois stades larvaires bien différenciés. On observe la présence d'une « queue » postérieure constituée de deux tubes fusionnés qui portent les spiracles postérieurs. La forme des larves diffère de façon importante dans leur morphologie. Chez les syrphes, les tubes peuvent être réduits, comme chez la plupart des espèces aphidiphages, ou au contraire extrêmement longs comme chez les Eristalinae. Chez les espèces aphidiphages, la larve en

fin de développement mesure environ 1,5 cm et sécrète une déjection noire très visible, le méconium.

La larve au troisième stade se métamorphose ensuite en pupes qui chez les espèces aphidiphages mesure en général aux alentours de 8 mm et peut prendre plusieurs formes : gouttelette restant accrochée au végétal (*Episyrphus balteatus* et *Sphaerophoria scripta*), tonnelet ayant tendance à tomber au sol (*Eupeodes corollae*), ou autre. Au bout de 10 à 15 jours, la pupes donne un adulte et après fécondation entre mâle et femelle le cycle recommence.

2.2. Taux de prédation

La moyenne de longévité de syrphes est presque de 21 jours, pendant cette période les syrphes consomment environ 170 pucerons.

Tableau 3. Taux de prédation selon le stade larvaire par espèce.

Espèces	Stades larvaires		
	L1	L2	L3
<i>Episyrphus balteatus</i>	14%	25%	61%
<i>Sphaerophoria scripta</i>	9%	28%	63%
<i>Eupeodes corollae</i>	17%	33%	50%

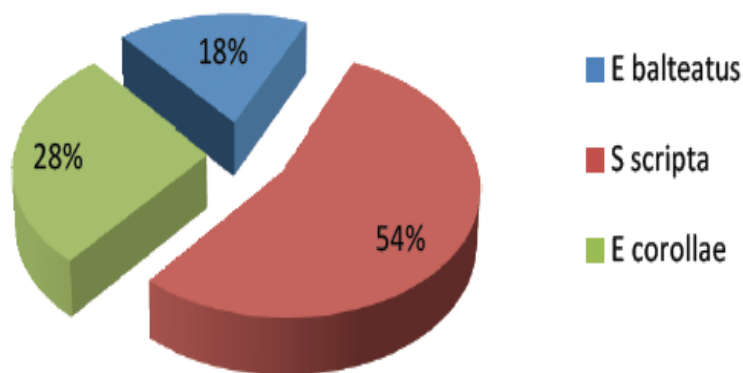


Figure 33. Taux de prédation pour chaque espèce.

2.3. Discussion :

La figure exprime les proportions des taux de prédation pour chaque espèce, il s'avère que l'espèce *Sphaerophoria scripta* a consommé le plus grand nombre de puceron avec une moyenne de 549,17 pucerons, suivis par *Eupeodes corollae* (283 pucerons) et *Episyrphus balteatus* (182,75 pucerons).

3. Etude bioécologique des aphides du poivron sous serres et leurs ennemis naturels à Mazagan (Mostaganem), HADDADI Bilal (2019).

3.1. Cycle biologique du syrphe

Les résultats obtenus du cycle biologique des syrphes montrent que la durée de développement de stade larvaire de syrphe est différente selon le stade larvaire (Tableau 14).

Dans les mêmes conditions climatiques, le stade le plus long est le L3 puis le stade L2, et enfin, Le L1 respectivement s'affichent après 8, 5 et 3 jours. Alors que le développement du cycle complet des syrphes de l'œuf au stade pupes est de 33 jours.

Tableau 04. Cycle de vie de syrphe sous une température de $21 \pm 2,5$ C°.

Syrphe	Oeuf	L1	L2	L3	Pupe	Adulte	Cycle complet
Durée (Jours)	5	3,4	5,2	8	11	/	32,6

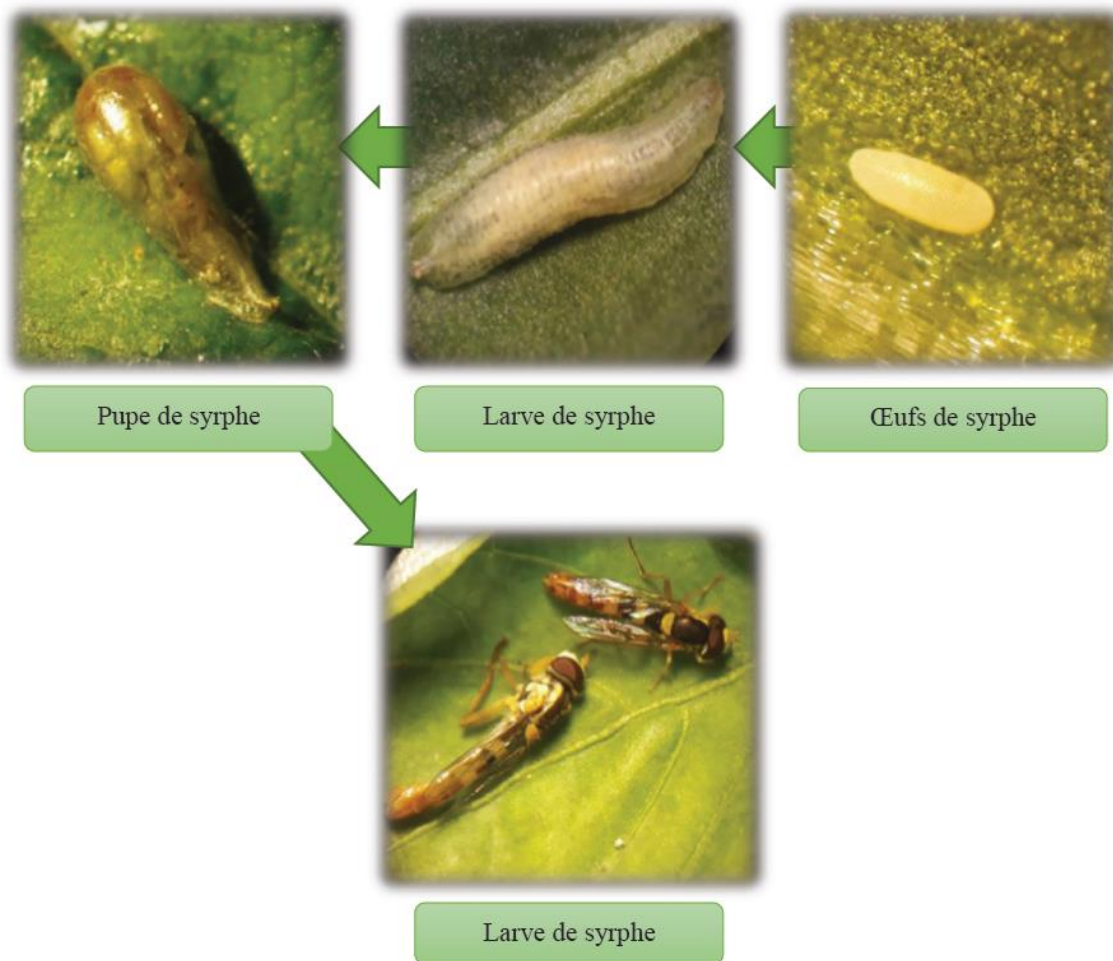


Figure 34. Étapes du développement de syrpe de l'œuf à l'adulte (Originale, 2019).

3.2. Taux de prédation des syrphes

A travers tous les stades larvaires, les cinq se nourrissent de pucerons, sauf pour le stade adulte.

Tableau 5. Nombre de pucerons prédatés par les syrphes.

		Syrphe (5 individus de chaque stade)			
		L1	L2	L3	Adulte
Puceron	L1	79	99	144	0
	L2	62	90	145	0
	L3	67	87	179	0
	L4	71	76	138	0
	Adulte	5	34	48	0

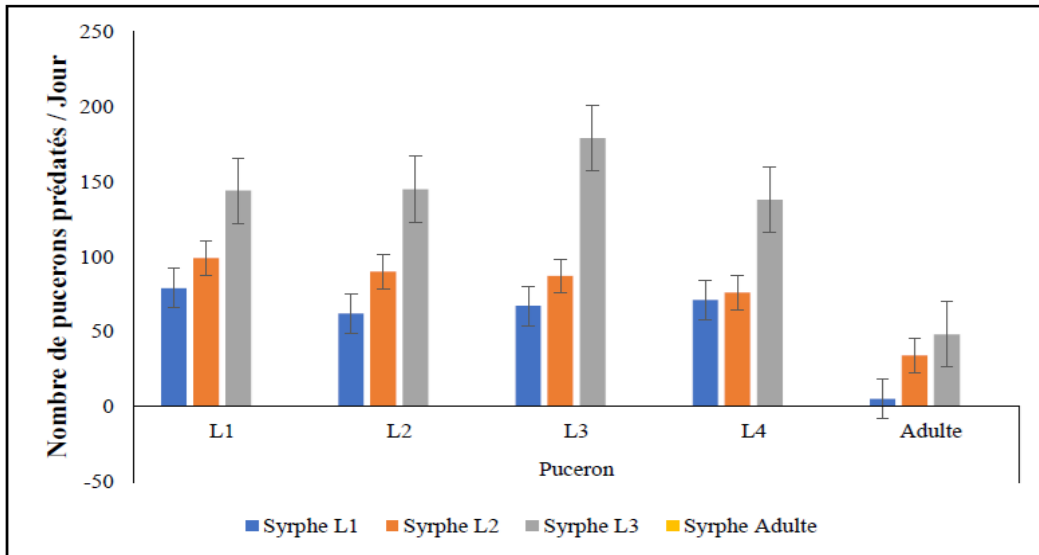


Figure 35. Nombre de pucerons prédatés par les syrphes selon le stade larvaire.

La moyenne de longévité de syrphe est presque de 33 jours, pendant cette période les syrphes consomment environ 265 pucerons (Figure 42).

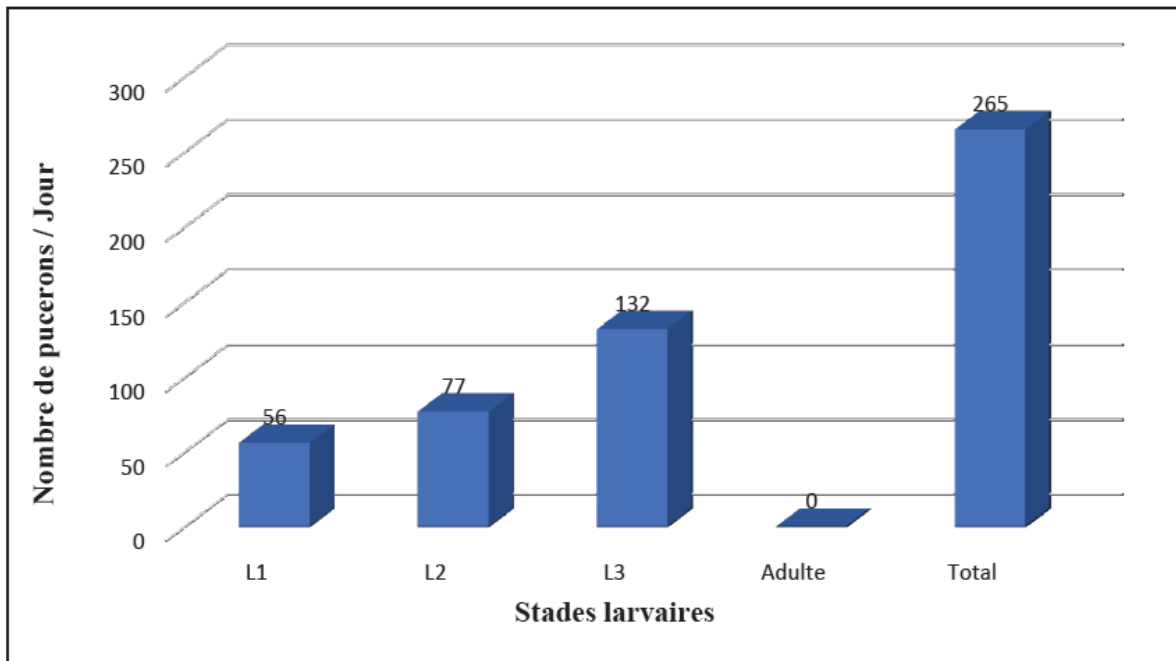


Figure 42. Nombre de pucerons éliminés par les larves de syrphe selon la durée de chaque stade (moyenne de 5 syrphes).

3.3. Stade efficace des syrphes

La figure 44 montre une efficacité du syrphe qui varie selon le stade larvaire du puceron. Ainsi, le stade le plus efficace est le stade L3 avec 50%, puis, vient L2 pour 29%, et enfin, L1 avec un pourcentage de 21%.

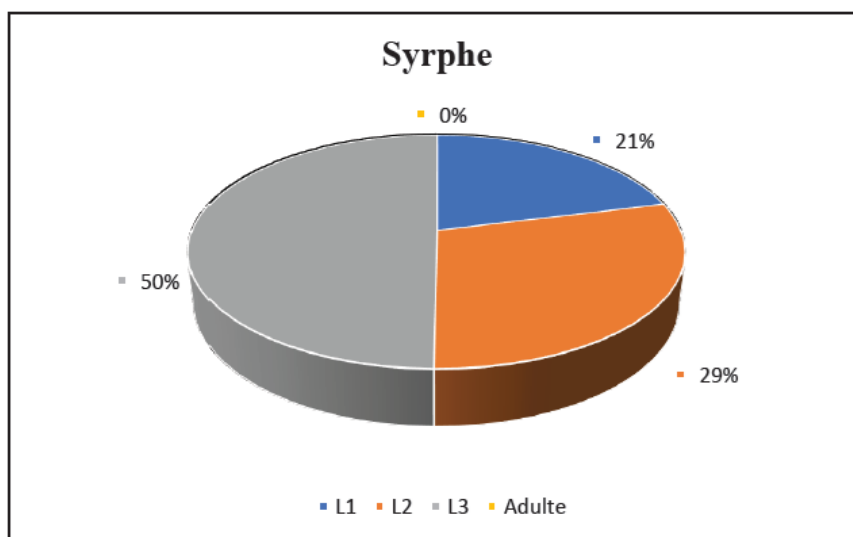


Figure 36. Efficacité du syrphe selon le stade larvaire du puceron.

3.4. Stades sensibles du puceron vis-à-vis des syrphes

La figure 45 exprime une évolution du taux de mortalité des pucerons sous la prédation des syrphes qui affiche un chiffre de 65 en L1, 59 en L2, 66 en L3, et 57 au stade L4. Ces observations indiquent que le taux de mortalité des pucerons devient très faible au stade adulte, puisqu'il enregistre un nombre de 18 individus.

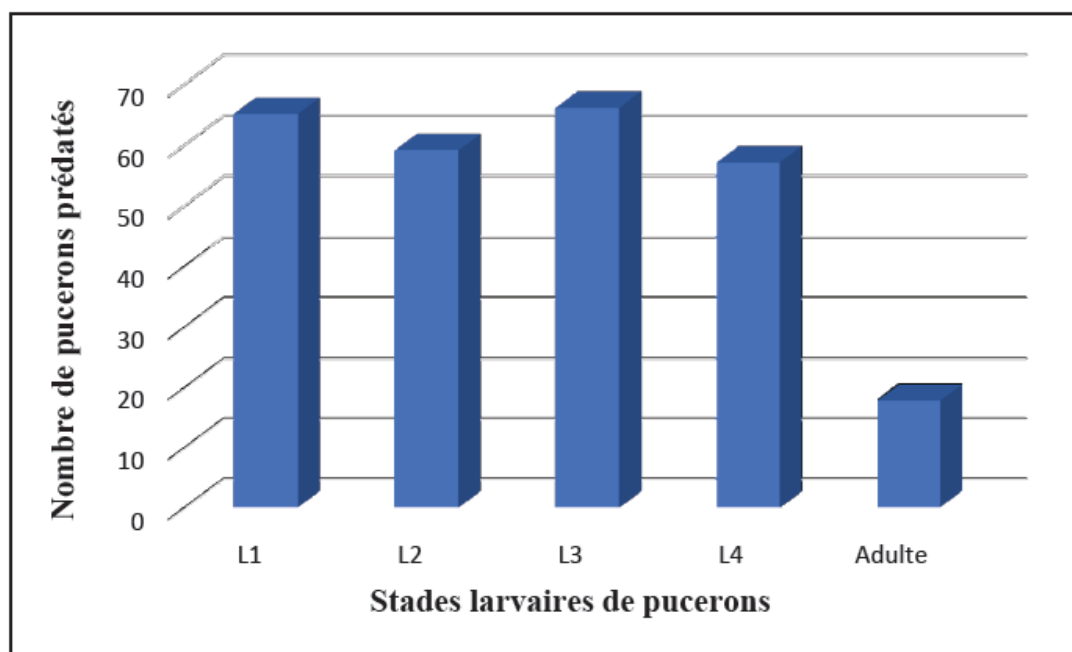


Figure 37. Sensibilité du puceron au syrphe selon le stade larvaire.

3.5. Discussion :

L'activité des syrphes au sein de la culture s'est révélée nettement inférieure à l'ampleur de l'infestation par les colonies de pucerons. Leur apparition tardive, observée bien après l'établissement des foyers de pucerons, a limité leur efficacité en tant qu'auxiliaires de lutte biologique. Cette dynamique est en accord avec les observations de Bakroune (2012), qui indique que les syrphes figurent parmi les prédateurs secondaires, n'intervenant qu'en troisième position, avec un décalage moyen d'environ un mois par rapport à l'apparition initiale des ravageurs. Ce décalage temporel remet en question leur rôle immédiat dans la régulation des populations de pucerons, notamment en culture protégée, où la rapidité d'intervention des auxiliaires est cruciale pour prévenir les dégâts.

CONCLUSION :

L'ensemble des observations issues de ces trois études met en évidence les limites de l'efficacité des syrphes en tant qu'auxiliaires de lutte biologique contre les pucerons, particulièrement en conditions de culture protégée. Malgré leur potentiel prédateur avéré (comme le montre la performance notable de *Sphaerophoria scripta* avec une consommation moyenne de 549,17 pucerons) leur impact réel dans le champ est fortement compromis par leur apparition tardive et leur décalage phénologique par rapport à l'établissement précoce des colonies de ravageurs. Ce décalage, souvent influencé par les conditions climatiques, limite leur synchronisation avec les pics d'infestation, et donc leur capacité de régulation immédiate.

Ces résultats suggèrent que la présence naturelle des syrphes ne suffit pas à garantir une protection efficace des cultures. Leur intégration dans une stratégie de lutte biologique durable nécessite des aménagements ciblés, tels que l'installation de plantes attractives précoces ou le recours à des lâchers dirigés, afin d'assurer une installation anticipée et une meilleure efficacité fonctionnelle contre les pucerons dès les premières phases d'infestations.

Références bibliographiques

Abdelkader, M., Benhammou, R., & Soufi, N. (2021). Importance économique et sociale de la culture maraîchère en Algérie. *Journal Algérien d'Économie Agricole*, 12(1), 45-58.

Anonyme. 'La pourriture fusarienne de la tige et des fruits chez le poivron de serre'. Ontario. 20 juin 2024. Site : [La pourriture fusarienne de la tige et des fruits chez le poivron de serre | ontario.ca](https://www.ontario.ca/fr/la-pourriture-fusarienne-de-la-tige-et-des-fruit-chez-le-poivron-de-serre) . consulté le 15 janvier 2025.

Arcaya, E., Pérez-Bañón, C., Mengual, X., Zubcoff-Vallejo, J. J., et Rojo, S. (2017). Life table and predation rates of the syrphid fly *Allograpta exotica*, a control agent of the cowpea aphid *Aphis craccivora*. *Biological Control*, 115(July 2016), 74–84.

Baba Ahmed, A. et al. (2022). Inventaire des Syrphidae dans la région du Tell algérien. *African Entomology*, 30(1), 45-58.

Bensaid, A., Cherif, M., & Lakhdari, Y. (2022). Culture du poivron en Algérie Pratiques agricoles et perspectives de développement. *Revue Algérienne d'Agronomie*, 14(2), 85-97

Benzaama, M. & Rahmani, A. (2023). Rôle écologique des syrphes dans les vergers méditerranéens d'Algérie. *Journal of Mediterranean Biodiversity*, 19(3), 312-325.

Blancard, D. Gale bactérienne. *Phytia*. 04 juillet 2022. Site : [Tropilég - Symptômes/Piment](#). Consulté le 13 mai 2025.

Bolland, H. et al. (2022). "Tetranychidae in Vegetable Crops: Challenges and Management." *Journal of Agricultural Sciences*, 58(3), 210-218.

Brown, P., Miller, A., & Davis, R. (2020). Culinary and industrial applications of bell peppers (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Science and Technology*, 58(3), 210-225.

Brown, A., et al. (2022). "Climatic Factors Influencing Bacterial Canker." *Journal of Plant Pathology*, 154(3), 456-468.

Chase A. R., Daughtrey M. L. & Cloyd R. A. (Ed) (2018). Broad Bean Wilt. Dans *Compendium of Bedding Plant Diseases and Pests*. APS Press, The American Phytopathological Society, St-Paul, Minnesota. p. 87.

CIVAM. (2020). Guide technique de la: Les Syrphes. Réseau agriculture durable. Colbach, N.,

Clair Geslot. 'verticilliose'. *Jardin secret*. 19 janvier 2019. Site : [Verticilliose \(Verticillium dahliae\) : symptômes, traitement et prévention](#). Consulté le : 15 janvier 2025.

Delsinne, T., (2018). Inventaire et diagnostic des syrphes (Diptera : Syrphidae) des forêts anciennes des Monts de la Madeleine et des Bois Noirs (03, 42).

Djellab, S., (2013). Les Syrphidés (Diptera : Syrphidae) du Nord-est algérien : Inventaire et Écologie. Thèse Doctorat En Sciences de La Nature et de La Vie. Université de Batna, 13.

Dor, C., Maillet-Mezera, J., et Sarthou, V., (2011). Biologie et Ecologie des principales espèces de syrphes aphidiphages rencontrées en grandes cultures.

Dupont, J., & Martin, L. (2024). Impact de la pourriture grise sur les cultures de poivron : stratégies de gestion intégrée. *Journal de Pathologie Végétal*.

El Bakouri, H. et al. (2023). Les syrphes comme bioindicateurs de métaux lourds dans les zones agricoles. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(6), 450-461.

Garcia., 2023. Aphids pepper greenhouse integrated management

Gardarin, A., Granger, S., Guillemin, J. P., et Munier-Jolain, N., (2008). La modélisation au service de l'évaluation et de la conception des systèmes de culture intégrés. 61–73.

Global production of peppers and capsicum. *Fao agricultural statistics*. Consulté en 2025 sur le site de la fao : www.fao.org

Gonzalez, P. et al. (2024). "Yield Losses in Bell Pepper due to Mite Infestation." *Crop Health*, 39(2), 112-119.

Green, L., et al. (2024). "Biocontrol Strategies for Bacterial Canker Management." *Biological Control Journal*, 82(1), 75-82.

Haffaressas B., (2018). Inventaire et écologie des Syrphidés (Ordre : Diptera) de la région de Guelma.

INRA., (2014). Biocontrol - Cycle, conditions de développement Ephytia. *ITAFV.,* (2012). Méthode et technique de multiplication en pépinière : le greffage. *Jacquemond.,* (2013). Les clémentiniers.

Islam, M. T., Liu, Y., & Zhang, C. (2023). Current status and management of anthracnose disease caused by *Colletotrichum* spp. in chili and sweet peppers. *Crop Protection*, 169, 106603

Johnson, D. et al. (2023). "Biological Control of Mites in Vegetable Crops." *Biological Control Science*, 27(4), 299-306.

Jones, A. et al. (2023). "Nematode-induced gall formation in Capsicum: A threat to productivity." *Plant Pathology Journal*, 42(2), 101-110.

Jones, P. et al. (2024). Life Cycle and Environmental Adaptation of Greenhouse Whiteflies. *Agricultural Entomology*, 42(1), 22-29.

Jones, T., et al. (2023). "Diagnostic Techniques for Bacterial Canker in Fruit Trees." *Plant Disease Journal*, 165(4), 321-330.

Jones, A. (2024). Epidemiology and control of cucumber mosaic virus. *Plant Pathology Journal*, 12(3), 245-258.

Lee., 2022. Biocontrol aphids pepper greenhouse

Lee, H., et al. (2023). Breeding for resistance to mites in Capsicum spp. *Plant Breeding Innovations*, 18(3), 219-233.

Lee, H. et al. (2024). "Economic impact of root-knot nematodes on bell pepper yield." *Crop Protection*, 79, 22-28.

Lot H. (INRA). Virus de la mosaïque de Luzerne (AMV). *Phytia*. 08 décembre 2023. Site : [Salades - Virus de la mosaïque de la luzerne \(AMV\)](#) . consulté le 13/05/2025.

- Lopez, M. et al.** (2023). Honeydew Production and Sooty Mold Development on Bell Pepper. *Journal of Plant Path*
- Lopez, M. & Garcia, P.** (2025). 'Viral Diseases Transmitted
- Martinez, R. et al.** (2023). "Integrated nematode management in vegetable crops
- Mengual, X., Ståhls, G., & Rojo, S.** (2023). Advances in the Systematics of Syrphidae (Diptera) with a Focus on Phylogeny and Classification. *Zootaxa*, 5291(1), 1-50.
- Nguyen, T., et al.** (2023). Bacterial wilt of pepper: Recent advances in management strategies. *Crop Protection*, 58(2), 215-223.
- Nicolas, D., et REGAL, S.,** (2009). Les Auxiliaires en verger de fruits à pépins Les.
- Ouakid, M. et al.** (2024). Impact des pratiques agricoles sur les populations de syrphes en Algérie. *North African Journal of Entomology*, 5(2), 120-134
- Kherbouche, M. et al.** (2022). Utilisation des syrphes pour le suivi de la pollution dans les zones urbaines d'Algérie. *North African Journal of Environmental Sciences*, 12(2), 110-123.
- Kim.**2022., TMV management strategies pepper greenhouse "
- Kiss, L., Bardin, M., & Szentiványi, O.** (2023). *Leveillula taurica*: an overlooked and emerging powdery mildew pathogen in protected crops. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1170420.
- Kumar, P., et al.** (2022). Management of bacterial wilt in solanaceous crops. *Plant Pathology Journal*, 38(4), 401-410.
- Ristaino, J. B., & Lamour, K. H.** (2021). Advances in understanding and managing *Phytophthora* diseases in vegetable crops. *Annual Review of Phytopathology*, 59, 1–22.
- Rotheray, G.E., & Gilbert, F.** (2024). The Functional Morphology and Ecology of Syrphid Larvae. *Journal of Dipterology*, 45(2), 135-160.
- Rivière, P. et al.** (2024). Accumulation de pesticides chez les Syrphidae dans les vergers européens. *Journal of Environmental Toxicology*, 68(3), 203-219.
- Sadeghi, R., Mohammadi, A., & Rasekh, A.** (2020). Pollination efficiency of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in vegetable crops. *Journal of Agricultural Science*.
- Sarthou, J.-P., et Speight, M. C. D.,** (2013). StN keys for the identification of adult European Syrphidae 2013. *Syrph the Net: The Database of European Syrphidae (Diptera)*, 74, 1–139.
- Sebioref.,** (2017). Syrphes : Leur rôle dans la régulation des ravageurs de cultures. *Connaître La Biodiversité Utile à l'agriculture Pour Raisonner Ses Pratiques - Fiche 5 : Syrphes*, 1–4.
- Site 1. (n.d.). <https://fr.tutitempo.net>. Climat MOSTAGANEM (Année 2021) – Données climatiques
- Smith, J., Brown, P., & Johnson, T.** (2021). The economic and commercial importance of bell peppers in global agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, 45(2), 123-135.
- Solenne.** 'maladies et ravageurs du poivron'. *Promesse de fleurs*. 13 juin 2022. Site : [Maladies et ravageurs du poivron - Promesse de Fleurs](#). Consulté le 11 janvier 2025.

- Speight, M. C. D., Castella, E., & Sarthou, J. P.** (2022). Hoverflies of Europe: Identification and monitoring.
- Smith, B., et al.** (2023). Economic impacts of CMV in horticulture. *Agricultural Economics Review*, 19(1), 45-60.
- Smith, R. et al.** (2023). "Photosynthetic Inhibition by Spider Mites on Capsicum Species." *Plant Protection Journal*, 45(1), 33-41.
- Smith, R., et al.** (2024). "Economic Impact of Bacterial Canker on Stone Fruits." *Agricultural Sciences Review*, 178(2), 201-210.
- Smith, R., & Jones, T.** (2024). Soft Rot in Pepper Crops: Challenges and Management. *Plant Pathology Journal*, 43(2), 98-105.
- Speight, M.C.D.** (2024). The Role of Syrphidae in European Agroecosystems. *Syrph the Net*, Vol. 102.
- Smith, J., et al.** (2023). 'Impact of Thrips on Pepper Crops: A Global Perspective', *Agricultural Entomology Journal*, 58(3), pp. 150-162.
- Smith, J. et al.** (2023). Impact of Greenhouse Whiteflies on Horticultural Crops. *Journal of Horticultural Science*, 58(2), 145-153.
- Smith, P. et al.** (2024). "Root lesion nematodes and their effects on pepper crops." *Journal of Agricultural Science*, 58(1), 45-52.
- Turpeau, E., Hullé, M., et Chaubet, B.,** (2016). *Encyclop'Aphid : l'encyclopédie des pucerons - Diptera : Syrphidae.*
- Veen, M. P. Van.,** (2010). *Hoverflies of Northwest Europe: Identification Keys to the Syrphidae.*
- Zahra ijaz.** 'early blight'. El ardh el khadra agricultural. 21 septembre 2022. Site: [Early Blight in Tomato and Potato - Al Ardh Alkhadra](#)
- Zhang, Y., et al.** (2023). *Impact of Environmental Factors on Bacterial Soft Rot of Caps
- Zhang.** 2023., Tobacco mosaic virus pepper greenhouse.