

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'enseignement Supérieur
et de La Recherche Scientifique

Université Batna 1

Institut des Sciences Vétérinaires
et Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques

Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat en Sciences Agronomiques

Option : Entomologie Agricole et Forestière

Présentée par

Melle NACERI Ardjouna

Effet de la stimulation des défenses naturelles de la
tomate (Solanacées ; *Solanum lycopersicum* L.) induites
par la pulvérisation des métabolites primaires sur la gestion
de la mineuse de la tomate « *Tuta absoluta*, Meyrick, 1917 »

Soutenue Le

Devant le jury

Président :	Salah MERADI	Prof Université Batna1
Rapporteur	Smail CHAFAA	Prof Université Batna2
Co rapporteur	Nabil BERTELLA	Prof Université Batna1
Examineur	Mohamed seghir MEHAOUA	Prof Université Biskra
Examineur	Oussama Ali BENSACI	MCA Université Batna 1
Examineur	Ayache LAABASSI	MCA Université Batna 2
Invité	Imene BRAHIM	MCB Université Batna 1

Année universitaire 2025/2026

Dédicaces

JE DEDIE CE TRAVAIL :

A MES TRES CHERS DEFUNTS PARENTS

***QUI AURAIENT ETE FIERS DE MES
ACCOMPLISSEMENTS***

Remerciements

Au terme de ce travail, il m'est agréable de présenter :

*Mon respect et mes vifs remerciements à mon directeur de thèse, M. **Smail CHAFAA**, professeur à l'université Batna2, ainsi qu'à mon codirecteur, M. **Nabil BERTELLA**, professeur à l'université Batna 1, pour avoir accepté de m'encadrer.*

*Mes remerciements à Mr **Salah MERADI**, Professeur à l'université Batna1, pour avoir accepté de présider le jury.*

*Mes remerciements à Mr **Mohamed Seghir MEHAOUA**, Professeur à l'université de Biskra, Mr **Oussama Ali BENSACI**, Maître de conférence « A » à l'université Batna 1, et Mr **Ayache LAABACI**, Maître de conférence « A » à l'université Batna 2, d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Mes profonds, remerciements, reconnaissances et considération à Dr. **Imene BRAHIM**, Maître de Conférences 'B' à l'Université Batna 1 ; pour tout l'intérêt qu'elle a porté à ce travail, son engagement à le suivre et l'orienter et son soutien scientifique et ses recommandations attentives. Vous étiez pour beaucoup pour l'achèvement de cette thèse. Merci*

*Mes vifs remerciements fraternels et amicaux à Mr **Hamid BENAGGOUNE**, pour son accompagnement, sa disponibilité et patience le long de la période de l'expérimentation. Je prie Dieu pour son prompt rétablissement.*

*Estime et gratitude à Mr **Adnane MOKRANE**, pour son bon accueil au sein de son exploitation durant deux années.*

*Respect et remerciement à Melle **Nadia BOULELLOUAH**, enseignante à l'Université Batna 1, pour ses sincères encouragements.*

*Mes remerciements à mes amies **Rahma MERADI**, Doctorante ; **Laila BADA**, enseignante à l'Université Batna 1 et **Nadia MIHOUBI** (DSA Batna), pour leur soutien et encouragement dans ma quête de réussite.*

*Mes remerciements et sympathie à tout le personnel administratif du département d'Agronomie, particulièrement **Ouassila et Sahraoui**.*

*Merci infiniment à toute ma famille, tout particulièrement mon cher neveu **Sofiane** et ma chérie nièce **Yasmine**, pour leur implication dans les tâches ardues « Pulvérisations des traitements et l'instauration des références bibliographiques ».*

Je tiens à exprimer ma haute considération à toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail

SOMMAIRE	
Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale.....	1
PARTIE I	
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1. Aperçu général sur la tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	6
I.1.1. Origine et historique	6
I.1.2. Systématiques et caractéristiques générales de la Tomate.....	6
I.1.3. Situation économique de la tomate.....	8
I.1.3.1. À l'échelle mondiale.....	8
I.1.3.2. En Algérie.....	9
I.1.3.3. Au niveau de la wilaya de Batna.....	9
I.1.4. Problèmes phytosanitaires liés à la culture de la tomate.....	11
I.2. Aperçu général sur le ravageur Tuta absoluta (Meyrick, 1917).....	11
I.2.1. Généralités.....	11
I.2.2. Classification et désignation systématique.....	11
I.2.3. Origine et aire de distribution de Tuta absoluta.....	12
I.2.3.1. À l'échelle mondiale.....	12
I.2.3.2. À l'échelle nationale.....	13
I.2.4. Description morpho métrique du ravageur « Tuta absoluta ».....	13

I.2.5. Biologie de la mineuse de tomate.....	15
I.2.6. Plantes hôtes.....	16
I.2.7. Symptômes et dégâts.....	17
I.2.8. Méthode de gestion.....	18
I.3. Interaction plante insecte phytophage.....	18
I.3.1. Rôle des composés organiques volatiles « COV » dans la plante.....	19
I.3.2. Rôle des métabolites non-volatiles de la surface foliaire	20
I.4. Défenses naturelles des plantes.....	21
I.4.1. Mode d'action des défenses naturelles des plantes.....	21
I.4.1.1. La défense constitutive (passive).....	21
I.4.1.2. La défense active.....	21
I.4.1.3. Résistance spécifique induite.....	21
I.4.1.4. La résistance systémique acquise (SAR).....	22
I.4.1.5. Résistance systémique induite (RSI)	22
I.4.2. Processus de reconnaissance et d'établissement des défenses.....	23
I.4.2.1. La reconnaissance du parasite.....	23
I.4.2.2. La transduction du signal.....	23
I.4.2.3. L'exécution des mécanismes de défense.....	23
I.4.3. Stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN)	24
I.4.4. Utilisation des sucres solubles en protection des plantes.....	24
I.4.4.1. Rôles des sucres dans la plante.....	24
I.4.4.2. Concept de l'utilisation des sucres dans la gestion des bio agresseurs.....	25

I.4.4.3. Application des sucres solubles sur quelques modèles plantes/ravageur.....	26
Partie II	
ETUDE EXPERIMENTALE	
II.1. Aperçu général sur la wilaya de Batna.....	28
II.1.1. Situation géographique de la région d'étude.....	28
II.2. Caractéristiques climatiques.....	29
II.2.1. Températures.....	29
II.2.2. Pluviométrie	30
II.2.3. Synthèse climatique.....	30
II.2.4. Diagramme ombrothermique.....	30
II.2.5. Climagramme d'Emberger.....	31
II.3. Aperçu sur le site d'étude.....	33
II.4. Matériel et méthodes.....	34
II.4.1. Matériel expérimental.....	34
II.4.1.1 Matériel végétal.....	34
II.4.1.2. Matériel de piégeage.....	34
II.4.1.3. Matériel de pulvérisation.....	35
II.4.2. Méthodologie de travail.....	36
II.4.2.1. Objectifs.....	36
II.4.2.2. Critères de choix du site.....	36
II.4.2.3. Conduite culturale.....	36
II.4.2.3.1. Conduite en plein champ.....	36
II.4.2.3.2. Mise en place de la culture de tomate en pots.....	37
II.4.2.4. Traitements par les sucres.....	38
II.4.2.5. Présentation des paramètres testés.....	38
II.4.2.5.1. Types et doses des sucres.....	38

II.4.2.5.2. Variétés de tomate utilisée	39
II.4.2.6. Variables observées.....	39
II.4.2.6.1. Suivi de la bio-écologie du ravageur sur deux variétés.....	39
II.4.2.6.2. Observations et notations sur les plants traités avec les sucres.....	39
II.4.2.7. Méthodologie par paramètre.....	40
II.4.2.7.1. Suivi de la bio-écologie de T. absoluta sur deux variétés.....	40
II.4.2.7.2. Essai des traitements par les sucres sur les plants en plein champ.....	43
II.4.2.7.3. Essai des traitements par les sucres sur les plants en pots au laboratoire.	45
II.4.2.8. Paramètres étudiés.....	47
II.4.3. Analyse statistique.....	47
II.5. Résultats et discussion.....	47
II.5.1. Suivi de la bio-écologie du ravageur sur deux variétés.....	47
II.5.1.1. Nombre de mâles adultes de T. absoluta capturés.....	47
II.5.1.2. Durée des stades de développement de la mineuse.....	49
II.5.1.2.1. Durée d'incubation des œufs.....	49
II.5.1.2.2. Durée de développement des quatre stades larvaires.....	50
II.5.1.2.3. Longévité des chrysalides et des adultes.....	52
II.5.1.2.4. Durée de vie moyenne des quatre stades de développement.....	53
II.5.2. Discussion.....	55
II.5.3. Essai des traitements par les sucres sur les plants en plein champ.....	58
II.5.3.1. Evaluation des dégâts par modalité.....	58
II.5.3.1.1. Infestation totale moyenne.....	58
II.5.3.1.2. Evolution temporelle de l'infestation.....	59
II.5.3.2. Pourcentage moyen de surface foliaire attaquée global, par étage foliaire et par modalités.....	60
II.5.3.2.1. Pourcentage moyen global de surface foliaire attaquée par modalités.....	60

II.5.3.2.2.Pourcentage moyen de surface foliaire attaquée par étage et par Modalités.....	60
II.5.3.3. Abondance des stades larvaire.....	61
II.5.3.3.1.Abondance totale des stades larvaire par modalités.....	61
II.5.3.3.2.Abondance relative des stades larvaires par étage foliaire et par Modalités.....	62
II.5.4. Discussion.....	63
II.5.5.Essai des traitements par les sucres sur les plants en pots au laboratoire.....	66
II.5.5.1. Évaluation des dégâts de la mineuse de la tomate par modalité.....	66
II.5.5.1.1. Évolution temporelle des infestations de T. absoluta sur les folioles de tomate.....	66
II.5.5.1.2. Taux moyen total d'infestation.....	67
II.5.5.2. Répartition du taux d'infestation par étage foliaire et par modalité.....	68
II.5.5.3. Abondance des stades larvaires et des nymphes.....	69
II.5.5.4. Efficacité Abbott des traitements.....	70
II.5.5.5. Discussion.....	71
Conclusion générale et perspectives.....	74
Références bibliographiques.....	79
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1. Cycle de vie de la tomate	7
Tableau 2. Évolution des rendements de la tomate au cours de la période 2013-2023	8
Tableau 3. Développement de la superficie cultivée, de la production et des rendements de la tomate en Algérie au cours de la période 2013-2023	9
Tableau 4. Développement de la superficie cultivée, de la production et du rendement de la tomate au niveau la wilaya de Batna durant la période 2000-2024	10
Tableau 5. Températures mensuelles moyennes (°C) enregistrées sur la période 1980- 2019 dans la région de Batna.	29
Tableau 6. Pluviométrie mensuelles moyennes (mm) Enregistrées dans la région (1980-2019).	30
Tableau 7. Modalités testées et doses appliquées.....	44
Tableau 8. Calendrier des traitements	44
Tableau 9. Modalités testées et doses appliquées.....	46
Tableau 10. Calendrier des traitements	46
Tableau 11. Effectif de captures par génération en fonction des températures	48
Tableau 12. Variation de l'abondance des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4)	62
Tableau 13. Taux moyen d'infestation verticale	69

Liste des figures

Figure 1. Carte théorique de la propagation de la tomate dans le monde.....	6
Figure 2. Développement de la superficie cultivée et de la production globale de tomates entre 2013 et 2023.....	8
Figure 3. Distribution géographique de <i>Tuta absoluta</i>	13
Figure 4. Morphologie des papillons (a): mâle, (b) femelle de <i>T. absoluta</i>	14
Figure 5. Œufs de <i>T. absoluta</i> sur feuilles de tomate.....	14
Figure 6. Stades larvaires : (a) Vue latérale d'une larve, (b) Vue dorsale d'une larve,.....	15
Figure 7. Cycle de développement de <i>Tuta absoluta</i> (Photo originale).....	16
Figure 8. Dégâts larvaires sur : (a) Feuille (b) Tige (c et d) Fruits (Photos originale).	17
Figure 9. Différentes étapes dans la sélection de l'hôte chez les femelles adultes phytophages avec les stimuli associés.....	19
Figure 10. Les différentes défenses possibles mises en place par une plante	22
Figure 11. Schéma des mécanismes de défenses induits chez les plantes	23
Figure 12. Localisation et situation géographique de la wilaya de Batna	28
Figure 13. Diagramme Ombrothermique de la région de Batna pour la période 1980/2019. ...	30
Figure 14. Emplacement de la région de Batna dans le Climagramme d'Emberger.....	32
Figure 15. Localisation du site d'étude (Carte et photo satellitaire	33
Figure 16. Localisation de la parcelle expérimentale ,	33
Figure 17. Piège à eau à phéromone (Photo originale)	35
Figure 18. Matériel de traitement (Photo originale).	35
Figure 19. Semis de tomate sous abri : a/ Abris en plastique, b/ semis en alvéoles début de germination, c/ semis en alvéoles stade 5-6 feuilles (Photo originale).....	37
Figure 20. Semis et transplantation des plantules de tomate «Saada F1»	38
Figure 21. Emplacement des pièges à eau à phéromone sexuelle	40
Figure 22. Folioles utilisées pour la collecte et le suivi de la durée de développement des stades (Photo originale).....	41
Figure 23. D iffereents stades de developpement de la mineuse.....	42
Figure 24. Dispositif expérimental (Variété Seyhan F1).....	43
Figure 25. Schéma du dispositif expérimental (Variété Saada F1).....	45
Figure 26. Déroulement du vol de <i>Tuta absoluta</i> pour les deux variétés.	48
Figure 27. Durée moyenne d'incubation des œufs de <i>T. absoluta</i> en.....	49
Figure 28. Durée moyenne d'incubation des œufs de <i>T. absoluta</i> en.....	50

Figure 29. Durée des stades larvaires de <i>T. absoluta</i> en fonction.....	51
Figure 30. Durée des stades larvaires de <i>T. absoluta</i> en fonction.....	51
Figure 31. Durée des stades larvaires de <i>T. absoluta</i> en fonction de la.....	52
Figure 32. Longévité des chrysalides de <i>T. absoluta</i> en fonction.....	53
Figure 33. Longévité des adultes de <i>T. absoluta</i> en fonction	53
Figure 34. Cycle de vie de <i>Tuta absoluta</i> sur Seyhan F1.	54
Figure 35. Cycle de vie de <i>Tuta absoluta</i> sur Lamantin F1.	54
Figure 36. Diagramme biplot ACP de la matrice de corrélation du taux de développement des différents stades de <i>Tuta absoluta</i> chez les deux variétés Seyhan F1 et Lamantin F1.....	55
Figure 37. Taux moyen d'infestation des folioles par les larves de <i>Tuta absoluta</i>	59
Figure 38. Evolution temporelle du taux des infestations foliaires.....	59
Figure 39. Pourcentage moyen global de surface foliaire attaquée.	60
Figure 40. Pourcentage moyen de surface foliaire attaquée par étage.....	61
Figure 41. Abondance relative des stades évolutifs par modalité et par étage foliaire.	63
Figure 42. Évolution temporelle du taux d'infestation de <i>Tuta absoluta</i>	67
Figure 43. Taux moyen d'infestation par <i>T. absoluta</i> sur les folioles de tomate.	68
Figure 44. Effet de la pulvérisation de sucres à faible dose sur l'abondance des stades larvaires de <i>T. absoluta</i>	70

INTRODUCTION GÉNÉRALE

En dehors des cultures céréalières, les cultures légumières que sont la pomme de terre et la tomate sont des cultures pivot sur lesquelles repose la sécurité alimentaire mondiale (Qamar et al., 2020). La tomate est particulièrement indispensable nutritionnellement, mais elle l'est aussi sur le plan économique et culturel. Selon les dernières données de la **FAO (2022)**, la production mondiale de tomates a atteint 186 millions de tonnes en 2022, ce qui la place au deuxième rang des légumes les plus produits, derrière la pomme de terre (375 millions de tonnes). Cette culture, qui peut être conduite sous abri ou en plein champ, présente une distribution géographique très large, avec des bassins de production majeurs répartis sur tous les continents. L'analyse de la répartition géographique de la production tomatique révèle la prédominance de trois pays : la Chine (36,72%), l'Inde (11,11%) et les États-Unis (5,48%), qui totalisent à eux seuls 53,32% de la production mondiale. Le continent africain contribue pour 12,31% à cette production, avec des pays leaders comme l'Égypte (3,44%), l'Algérie (0,89%), le Maroc (0,76%) et la Tunisie (0,63%). En Europe méditerranéenne, l'Italie (3,36%), l'Espagne (2,00%) et la France (0,39%) constituent également des producteurs significatifs (**FAO, 2022**). Une telle dispersion géographique atteste de la plasticité agroécologique de la tomate et confirme sa place significative au sein des systèmes agricoles à travers le monde.

Le secteur agricole algérien accorde une place prépondérante à la tomate, une culture à haute valeur ajoutée aussi bien pour le marché de détail que pour l'industrie de conditionnement. L'augmentation progressive des superficies emblavées et des tonnages récoltés durant les dernières campagnes agricoles reflète la consolidation de son poids socio-économique. Ainsi, selon la **FAO (2022)**, les surfaces consacrées à la tomate sont passées de 22 556 hectares en 2016, pour une production de 1 280 570 tonnes, à 25 050 hectares en 2022, avec une production atteignant 1 661 664,37 tonnes. Cette progression significative, tant en superficie qu'en rendement, s'inscrit dans le cadre des politiques nationales visant à renforcer la sécurité alimentaire du pays et à réduire la dépendance aux importations.

Cependant, cette dynamique nationale contraste avec la situation de la wilaya de Batna. En effet, malgré son potentiel important, avec une Surface Agricole Utile (SAU) de 422 677 ha et des caractéristiques climatiques propices similaires à celles des régions productrices, la culture de la tomate n'y a connu qu'un développement limité. La surface qui lui est réservée n'a fluctué, pendant 24 ans (2000-2024), qu'entre 195 et 805 ha seulement. Cette faible mobilisation des terres est due à plusieurs contraintes, notamment les aléas climatiques (précipitations), la maîtrise insuffisante des techniques culturales et surtout l'insuffisance

d'eau pour l'irrigation (**DSA Batna, 2025**). Cette dernière contrainte est primordiale, cette culture étant réalisée dans la wilaya en mode maraîcher en plein champ durant la saison (Avril–Août), alors qu'elle nécessite un volume important d'eau (4000-5000 m³/ha) (**Snouci, 2010**). C'est ce qui explique en grande partie la faiblesse des rendements, qui n'atteignent pas les standards des autres régions productrices et dépassent rarement les 260 Qx/ha (**DSA Batna, 2025**).

Au-delà des défis liés à l'eau et au climat, la production tomatière en Algérie, comme dans la plupart des autres pays producteurs, est également confrontée à une susceptibilité accrue aux contraintes biotiques, notamment les attaques parasitaires et fongiques (**Kennedy, 2003**). Cette vulnérabilité trouve son origine dans la diversité des milieux pédoclimatiques des régions productrices, de même que dans l'intensification des modèles cultureux.

Parmi les bioagresseurs s'attaquant à la tomate, la mineuse sud-américaine *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae), récemment reclassée comme *Phthorimaea absoluta* (**Chang et Metz, 2021**), représente une menace particulièrement préoccupante. Ce ravageur est originaire de la région andine en Amérique du Sud. En 2005, il a été ajouté à la liste des organismes de quarantaine de l'Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP). Son expansion géographique rapide à l'échelle mondiale illustre parfaitement les risques phytosanitaires associés à la globalisation des échanges commerciaux (**El Shafei, 2020**). La chronologie de l'invasion de *Tuta absoluta* témoigne de sa capacité d'expansion exceptionnelle. Entre 2006 et 2010, le ravageur a successivement conquis l'Europe et le bassin méditerranéen (**Desneux et al., 2011 ; Guenaoui et al., 2013**), avant de se propager en Asie et en Afrique (**EPPO, 2013**). En Algérie, cet insecte a été observé pour la première fois au printemps 2008 dans des serres contenant des cultures de tomates, à Mostaganem (Guenaoui, 2008 ; INPV, 2008). Le ravageur s'est rapidement propagé le long du littoral algérien. (**Guenaoui, 2008 ; INPV, 2008**). La progression du ravageur a été rapide le long du littoral algérien, et dans la wilaya de Batna, sa présence a été officiellement enregistrée en 2009 par le réseau de surveillance de la SRPV Ain Touta, aussi bien en culture de plein champ que sous abri.

La nuisibilité de *Tuta absoluta* se manifeste par des dégâts d'une intensité telle qu'ils peuvent anéantir complètement le rendement sans méthodes de contrôle appropriées. Ce sont les larves qui, en creusant des galeries dans les feuilles et en consommant le parenchyme assimilateur, diminuent radicalement l'efficacité photosynthétique des plants. Elles s'attaquent également aux tiges et aux fruits, provoquant des dégâts directs sur la production et altérant la

Qualité des fruits commercialisables. La polyphagie relative du ravageur, qui peut se développer sur différentes espèces de Solanacées, complique encore sa gestion à l'échelle des systèmes de culture.

Sous l'impulsion du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) et avec le soutien technique de l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV), les autorités algériennes ont instauré une stratégie de contrôle intégré face à cette menace phytosanitaire, mobilisant un ensemble d'approches complémentaires : suivi des populations par piégeage sexuel, piégeage de masse, et lutte biologique utilisant des auxiliaires tels que les punaises prédatrices *Nesidiocoris tenuis* et *Macrolophus caliginosus*. Cependant, la gestion de *Tuta absoluta* reste problématique en raison de plusieurs facteurs : sa forte capacité de reproduction, son potentiel de dispersion, et surtout le développement de résistances aux insecticides conventionnels (Biondi *et al.*, 2018 ; Mansour *et al.*, 2018). La lutte chimique, initialement privilégiée (Illakwahhi et Srivastava, 2017), montre ses limites face à ces résistances (Guedes, 2017) tout en générant des impacts environnementaux et sanitaires préoccupants (Hassaan et El Nemr, 2020). Cette situation souligne l'urgence de développer des stratégies de protection innovantes et durables (Dufour, 2011). Une approche prometteuse consiste à booster les défenses immunitaires des plantes en utilisant des substances naturelles. Appelée SDN, cette technique écologique et performante se développe activement.

De nombreux essais réalisés dans plusieurs pays tels que la France, l'Italie, la Grèce et l'Algérie ont suggéré que l'application foliaire de sucrose ou de fructose à faible dose pourrait constituer une alternative aux pesticides pour la défense des plantes (Arnault *et al.*, 2015 ; 2016 ; Brahim, 2022). Ces sucres jouent désormais un rôle régulateur essentiel et émergent comme d'importantes molécules de signalisation chez les plantes, où ils participent à la modulation de l'expression génique liée au métabolisme, à l'adaptation aux stress et aux processus développementaux. Cette approche ouvre également la possibilité de priming - Ce processus physiologique induit un état de vigilance dans la plante, lui permettant une réponse défensive à la fois accélérée et amplifiée lors d'un stress ultérieur, sans nécessiter de surplus d'énergie (Arnault *et al.*, 2015 ; Ceusters *et al.*, 2017). Ce nouveau concept, "l'immunité douce" ou défense médiée par les sucres (Arnault *et al.*, 2015), repose sur l'application foliaire de faibles doses de sucres pour induire la résistance des plantes aux stress biotiques. Le mécanisme de l'immunité douce opère selon plusieurs phases : pré-attaque, il agit par un renforcement des défenses basales de la plante ; puis, lors de la reconnaissance primaire de

l'hôte, il intervient via des interactions au niveau de la surface foliaire; et lors du défi pathogène, par l'induction de voies de défense (Arnault *et al.*, 2021).

Cette approche a été confirmée par Derridj *et al.* (2011) et Lambion et Marollien (2016), qui ont démontré que l'application exogène de ces phytohormones en sous-doses conférait une résistance des plantes contre la ponte des insectes. Ce phénomène de résistance est obtenu grâce à deux mécanismes : d'une part, une action locale caractérisée par l'altération de la signature chimique foliaire perturbant l'oviposition des femelles ; d'autre part, un effet systémique induisant des cascades de signalisation qui modulent l'expression génique et activent globalement les mécanismes de défense naturels (Morkunas et Ratajczak, 2014 ; Formela-Luboińska *et al.*, 2020).

L'application de sucres s'est avérée particulièrement bénéfique dans plusieurs cas : Pommier et Poirier/Carpocapse (*Cydia pomonella* L.), Vigne/Mildiou (*Plasmopora viticola* Schwein.), Maïs/Pyrale (*Ostrinia nubilalis* Hbn.), Melon/Oïdium (*Oidium neolycopersici* L. Kiss), Poireau/Thrips (*Thrips tabaci* Linde.), et Tomate/Oïdium (*O. neolycopersici* L. Kiss) (Ferré *et al.*, 2008 ; Derridj *et al.*, 2012 ; Arnault *et al.*, 2021, Brahim, 2022, Zaaboubi *et al.*, 2025a ; 2025b).

Le saccharose et le fructose, en tant que substances naturelles de base, sont d'ailleurs approuvés au niveau européen pour des usages phytopharmaceutiques (Règlement CE 1107/2009). Cependant, concernant les effets des sucres sur le modèle Tomate/mineuse, les résultats en plein champ ont été variables après les essais menés de 2016 à 2018 (Arnault *et al.*, 2021). Au regard du statut de la mineuse en tant que ravageur majeur de la tomate, les résultats de ces essais doivent être considérés comme préliminaires, reste insuffisamment documentée et présente une variabilité, justifiant des recherches plus approfondies. Cette variabilité pourrait être liée à plusieurs facteurs : le type de sucre utilisé, la concentration appliquée, heure d'application, le stade de développement de la plante, les conditions d'application, ou encore les interactions avec les conditions pédoclimatiques (Brahim, 2022).

Dans ce contexte, la présente thèse vise à contribuer au développement d'une stratégie de lutte durable contre *Tuta absoluta* en Algérie, grâce à une approche intégrée combinant une meilleure compréhension de la bio-écologie du ravageur dans les conditions spécifiques de la région de Batna, l'évaluation de l'efficacité des sucres foliaires comme alternative aux insecticides conventionnels, et l'analyse des mécanismes d'action de ces traitements à différentes échelles. Plus spécifiquement, les objectifs de ce travail sont :

- Le premier objectif de cette étude est de caractériser la bio-écologie de *Tuta absoluta*. Pour cela, nous chercherons à comprendre sa dynamique populationnelle sur les variétés Seyhan F1 et Lamantin F1, à définir la durée de son cycle de développement selon la température, et à évaluer l'impact du cultivar sur sa biologie.
- Le deuxième objectif consiste à évaluer l'efficacité des sucres foliaires en conditions de plein champ en testant l'effet de pulvérisations de sucrose et de fructose à deux concentrations (10 et 100 ppm), en mesurant l'impact sur le taux d'infestation et les dégâts foliaires, et en évaluant l'effet sur l'abondance des différents stades larvaires.
- Le troisième objectif vise à préciser les mécanismes d'action en conditions ambiantes de laboratoire en analysant l'effet des pulvérisations sucrées sur le développement larvaire, et en évaluant la distribution verticale de l'infestation sur la plante.

Cette étude s'articule autour de trois parties principales. La première partie, l'introduction présente un état de l'art complet sur *Tuta absoluta* (biologie, écologie, moyens de lutte) et sur le concept d'immunité induite par les sucres, en s'appuyant sur les travaux les plus récents dans le domaine. La deuxième partie est consacrée pour présenter la région d'étude et décrire le matériel et la méthodologie adoptée. La troisième partie présente les résultats de la caractérisation des paramètres bio-écologiques du ravageur dans les conditions de la région de Batna, avec une attention particulière portée à l'influence de la variété et des conditions thermiques, des essais menés en plein champ et en laboratoire pour évaluer l'efficacité et comprendre les mécanismes d'action des pulvérisations de sucres foliaires.

PARTIE I :

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Aperçu général sur la tomate (*Solanum lycopersicum*)

I.1.1. Origine et historique

La tomate (*Solanum lycopersicum*), une plante dicotylédone de la famille des Solanacées, est originaire des Andes et tire son nom du terme inca Tomalt (Naika et al., 2005). Elle a été domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe par les Espagnols en 1544 (Shankara, 2005), puis s'est diffusée en Asie, Afrique et Moyen-Orient via des facteurs historiques, culturels et économiques (Figure1) (Elise et al., 1989 ; Gilgenkrantz, 2012 ; FAO, 2025). En Algérie, sa culture débute en 1905, lorsqu'elle a été introduite dans la région d'Oran par des cultivateurs espagnols. Par la suite, sa culture s'est répandue vers le centre, particulièrement le long de la côte d'Alger (Latigui, 1984).

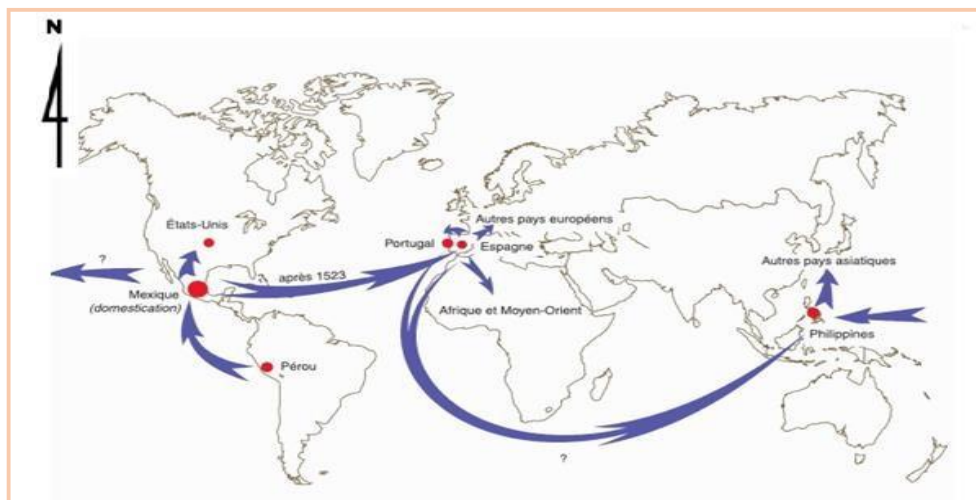


Figure 1. Carte théorique de la propagation de la tomate dans le monde (FAO, 2015).

I.1.2. Systématiques et caractéristiques générales de la Tomate

En 1753, Linné classa la tomate sous le nom *Solanum lycopersicum*, avant que Miller (1754, 1768) ne la reclasse comme *Lycopersicon esculentum*, et la réintègre finalement au genre *Solanum*. Ce genre compte 13 espèces et plus de 4 000 variétés, différenciées par leurs caractéristiques physiologiques (Spooner et al., 1993 ; Van Eck et al., 2006 ; Peralta et al., 2008 ; Blancard, 2009).


La tomate présente deux types de variétés selon la fécondation : les variétés fixes, conservant les caractères parentaux mais souvent sensibles aux maladies, et les hybrides, plus résistantes grâce à l'hétérosis. Elle se distingue aussi par deux formes de croissance (indéterminée et déterminée) (Naika et al., 2005).

Ses feuilles alternées et composées, ainsi que ses fleurs (en inflorescences de 5 à 12 unités), donnent des fruits charnus, lisses ou striés, généralement rouges, oranges ou jaunes

(Perron, 1999 ; Frusciante *et al.*, 2007 ; Bernard *et al.*, 2009 ; Nichols et Hilmi, 2009). Son cycle court dure 3,5 à 4 mois, réparti en cinq phases (Gallais et Bannerot, 1992) (Tableau 1).

La tomate a des besoins spécifiques, elle a une faible tolérance au froid, redoute particulièrement le gel et les courants d'air chaud. La plante prospère idéalement dans une température oscillante entre 21 et 23°C. Elle est insensible à la durée du jour et peut produire des fruits sous des photopériodes de 7- 19 heures (Grubben *et al.*, 2004 ; Naika *et al.*, 2005). Comme elle peut s'adapter dans les régions tropicales et tempérées, préfère sols fertiles et bien drainés (pH= 6) et elle est modérément sensible à la salinité du sol (Naika *et al.*, 2005).

Tableau 1. Cycle de vie de la tomate

Stade	Caractéristiques
Germination	Sous une température de sol idéale (20-25°C), les graines commencent à germer au bout de 6 jours après avoir été semées.
Croissance	Se réalise en deux étapes distinctes, à la pépinière et en plein air ou sous serre.
Floraison et Pollinisation	Contribue à l'émergence et à la croissance des bourgeons floraux, se manifestant par la conversion du méristème apical de l'état végétatif à l'état reproducteur.
Fructification et Nouaison des fleurs	L'intervalle entre la pollinisation et la fécondation dure de 2 à 3 jours. Un nouage optimal se produit lorsque la température nocturne varie entre 13°C et 15°C.
Développement et Maturation de fruit	Caractérisés par le grossissement du fruit et le changement de couleur, du vert au rouge, et exigent une température de 18 °C la nuit et de 27 °C le jour.
	

(Grubben *et al.*, 2004 ; Rey et Costaes, 1965).

I.1.3. Situation économique de la tomate

I.1.3.1. À l'échelle mondiale

La tomate est le deuxième légume le plus consommé au monde, après la pomme de terre (Camara *et al.*, 2013). Elle est cultivée sur 5,4 millions d'hectares dans des conditions diverses. Selon la FAO (2023), la production mondiale est passée de 118 millions de tonnes en 2003 à 166 millions de tonnes en 2013, pour atteindre finalement 192 millions de tonnes en 2023. Cependant, l'évolution de sa production au cours des dix dernières années montre une progression relativement faible par rapport aux périodes précédentes (Figure 2). Cette stagnation est liée à la stabilité des rendements, dont la variation n'a pas dépassé 28 tonnes (Tableau 2) (FAO, 2023). Plusieurs problèmes phytosanitaires, notamment l'invasion de la mineuse *Tuta absoluta*, ont contribué à cette situation (Blancard, 2009). Ce ravageur, grâce à sa grande capacité de propagation, s'est étendu pratiquement partout dans le monde, entraînant des réductions importantes de production, voire son élimination totale dans certains cas.

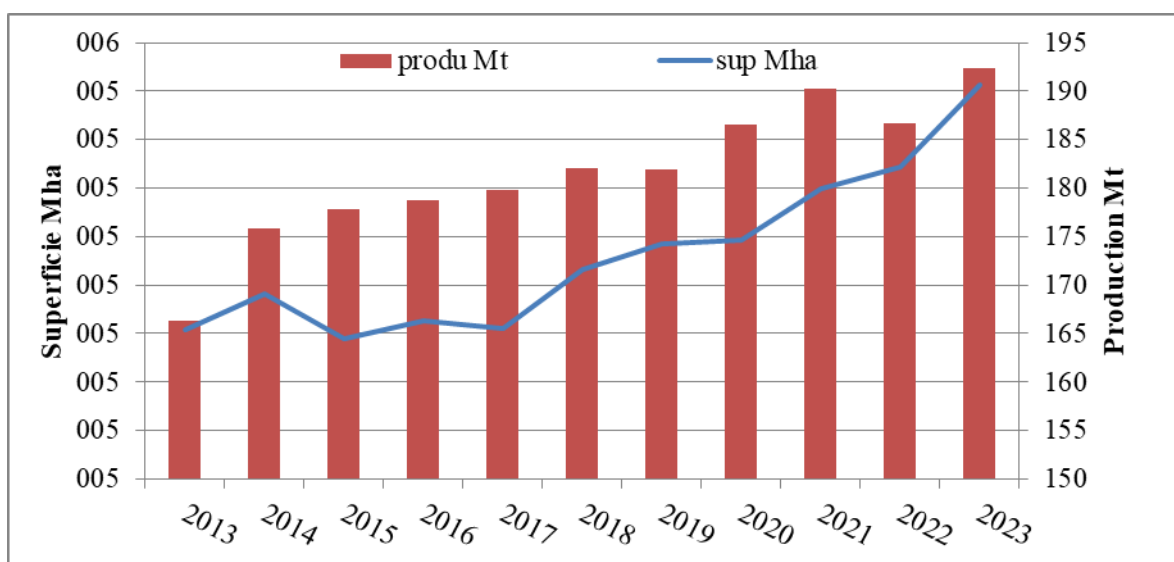


Figure 2. Développement de la superficie cultivée et de la production globale de tomates entre 2013 et 2023 (FAO, 2023)

Tableau 2. Évolution des rendements de la tomate au cours de la période 2013-2023.

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Rdt (Qx/Ha)	339	353	363	363	366	361	358	366	366	356	355

(FAO, 2023)

I.1.3.2. En Algérie

Grâce à un climat propice et aux réformes agricoles engagées depuis 2008 (irrigation goutte-à-goutte, techniques culturales innovantes et plasticulture), le secteur maraîcher algérien a connu un essor remarquable, boostant la production annuelle (MADR, 2021). Les données de la FAO (2023) révèlent une nette progression de : 975 075 tonnes en 2013 à 1,68 million de tonnes en 2023, avec une extension des surfaces cultivées (>24 000 has) et une amélioration des rendements (Tableau 3). Toutefois, d'après FAO (2023) ces performances restent modestes face aux standards méditerranéens (Égypte, Maroc, Espagne, Italie), où les rendements atteignent 398 à 1100 Qx/ha.

Tableau 3. Développement de la superficie cultivée, de la production et des rendements de la tomate en Algérie au cours de la période 2013-2023

Années	Superficie (Ha)	Production (Mt)	Rendement (Qx/Ha)
2013	22497	975075	433,42
2014	22646	1065609	470,55
2015	24065	1163766	483,59
2016	22556	1280570	567,72
2017	23977	1286286	536,46
2018	22323	1309745	586,72
2019	24996	1477878	591,24
2020	26311	1635616	621,64
2021	25755	1641636	637,40
2022	24928	1653903	663,47
2023	24186	1.682041	695,47

(FAO, 2023)

I.1.3.3. Au niveau de la wilaya de Batna

Le tableau (4), révèle que la culture de tomate en plein champ est timide dans la wilaya de Batna, avec des superficies oscillantes entre 195 et 805 ha (2000-2024), loin du potentiel des 422 677 ha de SAU (DSA Batna, 2025). Deux pics de production émergent : 2010 et 2012 avec ~182 500 Qx, portés par des rendements atteignant exceptionnellement 250 qx/ha. Cependant, la tendance post-2016 montre une ascension, avec des rendements plafonnant à 263 qx/ha en 2024 – performance modeste face aux standards méditerranéens.

L'invasion de *Tuta absoluta* et d'autres bio-agresseurs explique en partie cette volatilité (DSA Batna, 2025). Malgré des efforts ponctuels (rendement entre 2000 et 2008), la production reste cyclique, soulignant un besoin criant d'optimisation agronomique.

Tableau 4. Développement de la superficie cultivée, de la production et du rendement de la tomate au niveau la wilaya de Batna durant la période 2000-2024.

Année	Superficies (ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx/ha)
2000	395	46 510	117,74
2001	477	57 400	120,33
2002	470	97 770	208,02
2003	432	72 900	168,75
2004	662	85 600	129,31
2005	670	79 685	118,93
2006	395	46 510	117,74
2007	661	104 145	157,56
2008	722	162 240	224,71
2009	500	100 000	200,00
2010	730	182 500	250,00
2011	565	98 627	174,56
2012	805	181 875	225,93
2013	796	175 850	220,92
2014	744	154 280	207,37
2015	722	133 637	185,11
2016	511	117 300	229,47
2017	386	71 796	185,82
2018	286	68 250	230,18
2019	280	61 139	218,17
2020	280	69 879	249,48
2021	279	58 057	207,53
2022	273	64 648	236,77
2023	195	45 570	233,45
2024	282	74 460	263,62

(DSA Batna, 2025)

I.1.4. Problèmes phytosanitaires liés à la culture de la tomate

Selon **Nechadi et al. (2002)**, la culture de la tomate est particulièrement sensible aux bioagresseurs. Les pathogènes incluent des bactéries (*Pseudomonas syringae*, *Clavibacter michiganensis*), champignons (*Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria spp.*) et virus (Nécrose Brune, TYLCV) transmis par insectes (**Hilmi et al., 2020**), causant des pertes de rendement (**Blancard, 2009**). Les désordres physiologiques, liés à des carences nutritionnelles ou à des conditions climatiques défavorables, se manifestent par des nécroses apicales, des fissures de croissance ou des brûlures causées par le soleil (**Ramasamy et Ravishankar, 2018**). Dans le groupe des arthropodes phytophages, les insectes (*Helicoverpa armigera*, *Liriomyza sp.*), (*Bemisia tabaci*) et acariens (*Tetranychus sp.*), causent des dégâts directs ou transmettent des maladies virales, tandis que les nématodes (*Meloidogyne sp.*) réduisent la productivité d'environ 30% (**Claude et Claude, 1994**). En Algérie, les principaux ravageurs incluent *Helicoverpa armigera*, *Bemisia tabaci*, *Frankliniella occidentalis* et particulièrement *Tuta absoluta*, détectée en 2008 (**Guenaoui, 2008**) et devenue un problème majeur pour les solanacées et d'autres cultures comme la betterave et l'épinard (**INPV, 2020**).

I.2. Aperçu général sur le ravageur *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)

I.2.1. Généralités

Communément désignée *Tuta absoluta* (Meyrick 1917), un petit lépidoptère appartenant à la famille des Gelechiidae, de mineuse sud-américaine de la tomate ou encore de mineuse des feuilles de la tomate. Nuisible exclusif des solanacées (**Germain et al., 2009**). Cette espèce polyphage, qui s'attaque préférentiellement à la tomate, a enregistré une mondialisation de l'invasion. Elle est reconnue comme une menace majeure dévastatrice entraînant d'importantes pertes économiques dans cette culture. (**Germain et al. 2009**). Suite de ses invasions difficiles à contrôlées, elle constitue un obstacle majeur à l'expansion de la culture, provoquant des dégâts allant de 70 % et 100 % (**Desneux et al., 2011 ; Biondi et al., 2018 ; Verheggen et Fontus, 2019**).

I.2.2. Classification et désignation systématique

Au fil des temps, le genre *Tuta* a connu de nombreuses transformations. En 1917, Meyrick l'a décrite pour la première fois sous le nom de *Phthorimaea absoluta*, à partir d'un seul mâle qu'il a capturé au Pérou puis ; Clarke en 1962, l'a décrit sous le nom de *Gnorimoschema absoluta* (**Clarke, 1965**). En 1964, Povolny a identifié cette espèce en l'appelant *Scrobipalpula absoluta* (**Povolny, 1964**). Plus tard, en 1987. Elle a été requalifiée

en *Scrobipalpuloides absoluta* (Povolny, 1987). Finalement, la classification de cette espèce a été modifiée en 1994 sous le nom de *Tuta absoluta* (Povolny, 1994). D'un point de vue taxonomique, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) appartient à l'embranchement des Arthropodes, à la classe des Insectes, à l'ordre des Lépidoptères et à la famille des Gelechiidés. Son genre est *Tuta* (Muniappan, 2013).

I.2.3. Origine et aire de distribution de *Tuta absoluta*

I.2.3.1. À l'échelle mondiale

Originaire d'Amérique du Sud (Siqueira *et al.*, 2000), la mineuse de la tomate a été initialement identifiée au Pérou avant de se disperser à travers le continent. Sa propagation à l'échelle de l'Amérique latine a débuté dans les années 60 depuis le Chili, atteignant l'Argentine dès 1964 (García et Espul, 1982). Après avoir été signalée au Brésil en 1980, l'insecte a également touché d'autres pays de la région, notamment la Colombie, l'Équateur, le Paraguay, l'Uruguay et le Venezuela (Ghaderi *et al.*, 2020). Ce ravageur envahissant s'est ensuite acclimaté aux climats chauds et a conquis d'autres continents. Il a fait son apparition en Europe, observé pour la première fois dans l'est de l'Espagne fin 2006, puis s'est rapidement étendu à d'autres pays méditerranéens, ainsi qu'en Afrique et en Asie (Campos *et al.*, 2017 ; Mansour *et al.*, 2018 ; Han *et al.*, 2019). Considéré comme une menace, il a été classé insecte de quarantaine en Australie et en Amérique du Nord (Salas Gervassio *et al.*, 2016). Son arrivée en Chine est plus récente (Zhang *et al.*, 2020), une préoccupation majeure étant donné le statut de ce pays parmi les premiers producteurs mondiaux de tomates (Figure 3) (FAO, 2023).

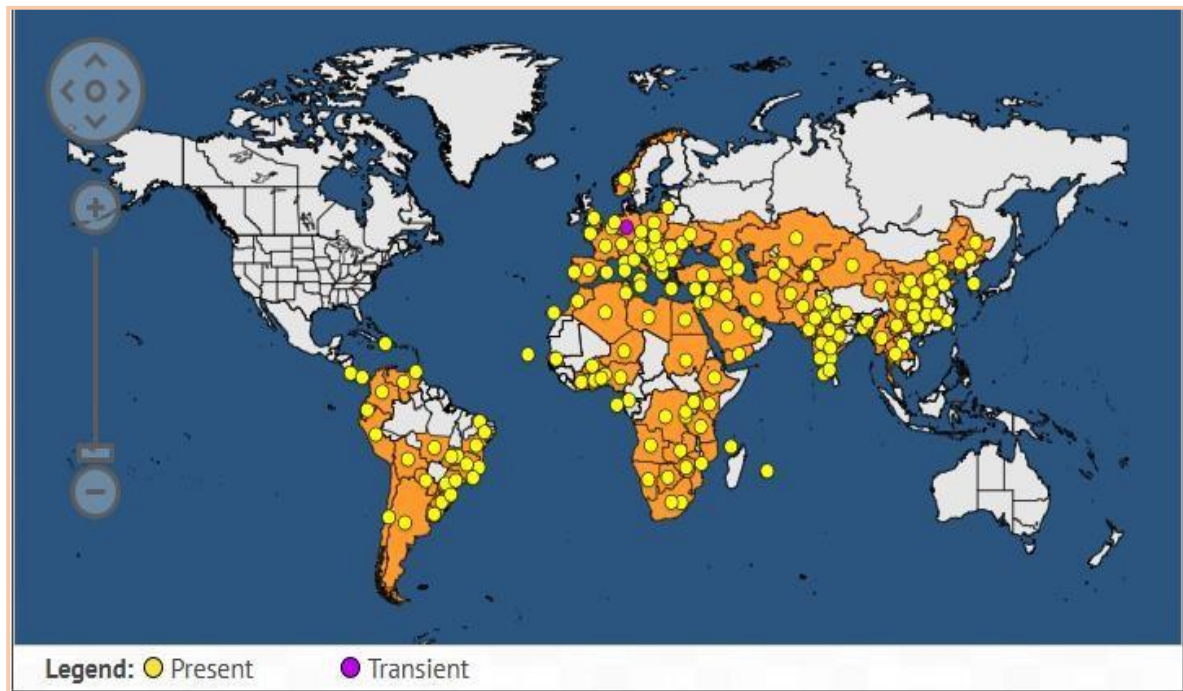


Figure 3. Distribution géographique de *Tuta absoluta* (EPPO, 2025).

I.2.3.2. À l'échelle nationale

Depuis son apparition en Algérie en 2008, la mineuse de la tomate a progressivement infesté le pays, initialement les serres situées à l'Ouest, puis celles du Centre, de l'Est, du littoral et du sub-littoral (Tipaza, Jijel, etc.), avant de se propager vers l'intérieur et le Sud (Blida, Ouargla, Adrar) (INPV, 2009). Dès son apparition, ce ravageur a causé des dégâts majeurs en plein champ et sous abris (Guénaoui, 2008 ; INPV, 2010, 2015), entraînant des pertes de 50 à 80 % à Boumerdès, Biskra et El Oued, poussant certains maraîchers à abandonner la culture. Signalé à Batna en 2009, sa dispersion rapide a conduit à son classement comme ravageur majeur (SRPV Ain Touta, 2009).

I.2.4. Description morpho métrique du ravageur « *Tuta absoluta* »

La mineuse de la tomate englobant quatre stades distincts : œuf, larve, chrysalide et adulte; Chaque stade présente des caractéristiques morphologiques et comportementales uniques.

Les adultes ont une longueur de 6 à 7 mm et une envergure variant de 8 à 10 mm. Ils présentent une couleur allant du gris argenté au marron, dotés d'écailles brunes à noires sur leurs ailes avant et de franges sur leur partie distale. Les ailes postérieures ont une forme lancéolée, un apex pointu de couleur grise et sont entièrement bordées de franges. Les nervures des ailes correspondent à celles de la famille des Gelechiidae (Ramel et Oudard, 2008 ; Sannino et Espinosa, 2010). Les individus mâles sont légèrement plus sombres et plus

petits que leurs homologues femelles (Desneux *et al.*, 2010 ; Shashank *et al.*, 2015 ; Zhang *et al.*, 2020). Les antennes sont filiformes et mesurent les 5/6^{ème} des ailes (Figure 4).

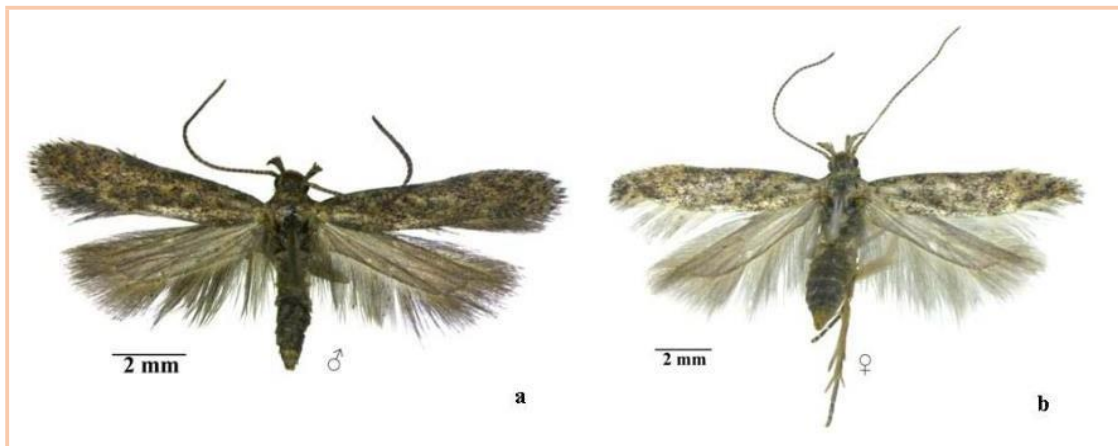


Figure 4. Morphologie des papillons (a): mâle, (b) femelle de *T. absoluta* (Shashank *et al.*, 2015).

Les œufs, qui mesurent approximativement 1 mm, présentent une forme cylindrique et une teinte allant du crème au jaunâtre (Molla *et al.*, 2008) (Figure 5).



Figure 5. Œufs de *T. absoluta* sur feuilles de tomate (Anonyme, 2017).

Les chenilles au premier stade, sont de teinte crème, puis elles prennent une nuance verdâtre et rosée à l'ultime stade (du deuxième au quatrième stade). Elles ont une taille de 0,6 à 0,8 mm au stade initial, puis grandissent pour atteindre 7,3 à 8 mm au quatrième stade. Les chenilles de *T. absoluta* se distinguent par la présence de deux fines bandes noires sur la tête, l'une latérale et l'autre ventrale, ainsi que par une fine bande noire sur le pronotum (Rey *et al.*, 2014 ; Colmenárez *et al.*, 2022).

La chrysalide, mesure entre 4 et 5 mm et est initialement verte, change progressivement de couleur pour devenir brune. Ce stade peut se manifester soit dans les galeries, soit sur la surface de l'hôte, ou encore sur le sol (Krechmer et Forester, 2015) (Figure 6).



Figure 6. Stades larvaires : (a) Vue latérale d'une larve, (b) Vue dorsale d'une larve, et la chrysalides (c) de *T. absoluta* (Anonyme 2, 2023).

I.2.5. Biologie de la mineuse de tomate

Tuta absoluta est une espèce multivoltine dont le cycle de vie varie généralement entre 29 et 38 jours, en fonction des conditions thermiques (Tropea Garzia *et al.*, 2012). Selon Moussa mahamat (2010), ce cycle s'étend à 39 jours à 20 °C, tandis que Guenaoui *et al.* (2008) observent une durée d'un mois à 25 °C et de trois semaines à 27 °C en zones méditerranéennes. En revanche, à basse température, le développement ralentit : plus de deux mois à 15 °C (Rey *et al.*, 2014) et jusqu'à quatre mois à 10 °C (Krechmer et Forester, 2015). La reproduction des adultes débute un à deux jours après leur émergence, principalement le matin (CSAN Niger, 2016). La phase reproductive dure environ 7,9 jours, avec une fécondité pouvant atteindre 141 œufs par femelle (Erdogan et Babaroglu, 2014 ; Vivekanandhan *et al.*, 2024). Cependant, l'OEPP (2005) rapporte un potentiel supérieur, estimant jusqu'à 260 œufs par femelle. La longévité adulte dépend du sexe et de la température : les mâles vivent environ une semaine, tandis que les femelles survivent deux semaines (Rey *et al.*, 2014). Ces variations influencent fortement le développement des populations de ce ravageur (Figure 7).

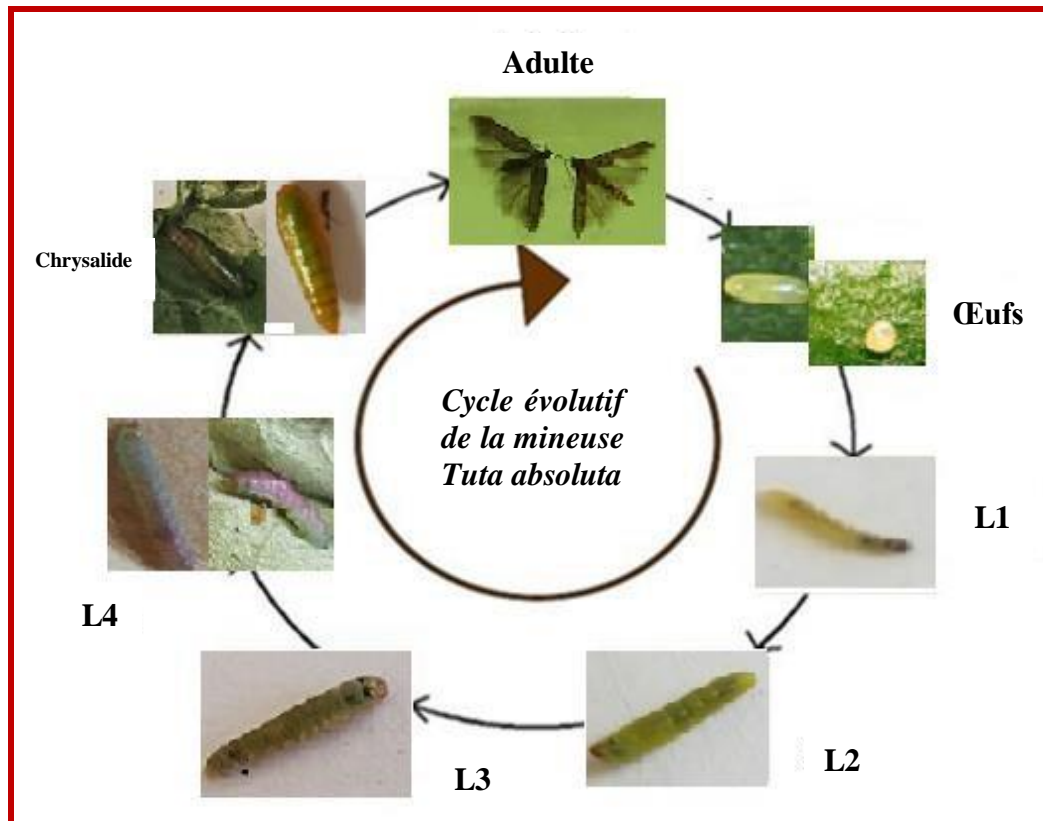


Figure 7. Cycle de développement de *Tuta absoluta* (Photo originale).

I.2.6. Plantes hôtes

Outre la tomate, hôte principal de *T. absoluta*, cet insecte peut se développer et causer des dégâts sur diverses plantes cultivées et sauvages appartenant à différentes familles botaniques (Cherif *et al.*, 2019 ; Sylla *et al.*, 2019). Au total, 68 espèces hôtes ont été recensées, réparties en 11 familles botaniques distinctes, avec une prédominance des Solanacées (45 espèces), suivies des Fabacées (5 espèces), des Chénopodiacées (4 espèces) et des Amaranthaceae (3 espèces). Les Malvaceae, Asteraceae, Convolvulaceae et Cucurbitaceae comptent quant à elles deux espèces chacune. Les Euphorbiaceae, Poaceae et Geraniaceae ne sont représentées que par une seule espèce (Bal *et al.*, 2022).

Selon Desneux *et al.* (2010), l'aubergine (*Solanum melongena*) et la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), deux Solanacées cultivées, ne sont attaquées que dans leurs parties aériennes, ce qui pourrait influencer indirectement leur production en conditions climatiques propices. Selon Cherif *et al.* (2019), d'autres plantes telles que le poivron doux (*Solanum muricatum*), le poivron (*Capsicum annuum*), le tabac (*Nicotiana tabacum*) et la vigne de Judée (*Solanum lyratum*) sont également affectées.

En ce qui concerne les Solanacées sauvages, on note particulièrement la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium*), la morelle noire (*Solanum nigrum*), la morelle de Buenos Aires (*Solanum bonariense*) et la morelle de Balbis (*Solanum sisymbriifolium*) (Sylla, 2018).

I.2.7. Symptômes et dégâts

Tuta absoluta est un insecte ravageur qui attaque toutes les parties aériennes de la tomate à différents stades de croissance (Tropea Garzia *et al.*, 2012). Après une phase de déplacement, les larves pénètrent dans les feuilles, tiges, bourgeons, boutons floraux et fruits (mûrs ou en développement), épargnant uniquement les racines (Biondi et Desneux, 2019). Sur les feuilles, l'infestation forme des zones claires correspondant aux galeries creusées par les larves, qui consomment les tissus foliaires et laissent l'épiderme exposé (Figure 9), entraînant une nécrose totale des folioles atteintes (Germain *et al.*, 2009). Une seule larve peut créer de nombreuses mines sur plusieurs feuilles avant de se propager à la plante entière (Rey *et al.*, 2014).

Les fruits, qu'ils soient mûrs ou non, sont également ciblés (Figure 8). Les attaques provoquent des nécroses au niveau du calice ou des perforations superficielles ce qui rend les fruits impropres à la consommation (Ramel et Oudard, 2008). Les larves creusent également des galeries dans les tiges, perturbant ainsi la croissance (Pereira *et al.*, 2008). Les dégâts se concentrent principalement sur les parties jeunes : apex, jeunes fruits et fleurs (Germain *et al.*, 2009).

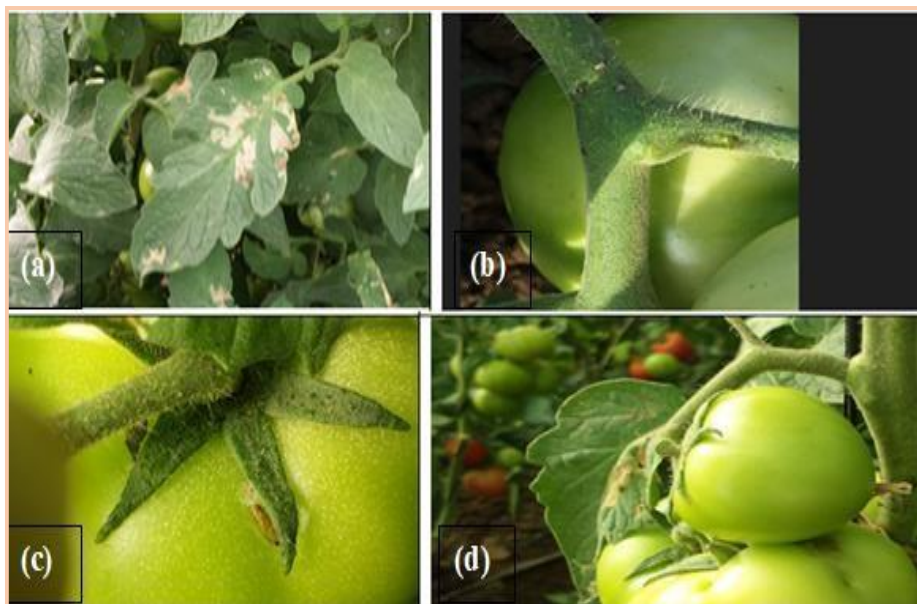


Figure 8. Dégâts larvaires sur : (a) Feuille (b) Tige (c et d) Fruits (Photos originale).

I.2.8. Méthode de gestion

La prophylaxie est la base des stratégies de protection de *Tuta absoluta*. L'efficacité des produits chimiques est limitée par la biologie de l'insecte. Ainsi que sa capacité rapide a développé des résistances aux insecticides (Siqueira et al., 2000 ; OEPP, 2005). Par conséquent différentes alternatives à la lutte chimique en particulier la lutte biologique ont été testé dans plusieurs pays (Parra et Zucchini, 2004).

En Algérie, depuis l'identification de *Tuta absoluta* en 2008, des actions phytosanitaires urgentes ont été instaurées, incluant la quarantaine des zones affectées et l'interdiction d'utiliser du matériel Végétal provenant de zones infestées (MADR, 2024). Initialement, la lutte chimique fut la seule méthode recommandée (OEPP, 2008), appliquant les mêmes protocoles que pour les noctuelles, pucerons et aleurodes, mais avec une efficacité limitée (INPV, 2010). Face à cette situation, le MADR et la FAO ont mis en œuvre un plan intégré combinant : (1) des méthodes biotechnologiques (piégeage massif via phéromones sexuelles), (2) des lâchers d'auxiliaires (*Nesidiocoris tenuis*, *Macrolophus pygmaeus* importés d'Espagne), et (3) un appui technique aux agriculteurs (MADR, 2009 ; INPV, 2013).

Etant donné la difficulté de contrôler *Tuta absoluta*, la recherche depuis longtemps a mis l'accent sur des solutions durables intégrant :

- L'analyse des interactions plantes-ravageurs (Huffaker et Croft, 1976),
- L'utilisation des signaux végétaux pour modifier le comportement des insectes (Bjostad et Hibbard., 1992),
- Et particulièrement le développement de méthodes d'induction de résistance systémique (Lateur, 2002).

Ces travaux ont permis des avancées significatives dans la compréhension des mécanismes de défense des plantes, ouvrant la voie à des stratégies innovantes de stimulation végétale (Benhamou, 2009). Les Stimulateurs de Défenses Naturelles (SDN) en sont une illustration concrète : ces intrants agissent soit en déclenchant immédiatement les défenses immunitaires (stimulateurs directs), soit en potentialisant la réponse future de la plante face aux agressions. Cette approche représente ainsi une alternative prometteuse aux méthodes conventionnelles de protection des cultures.

I.3. Interaction plante insecte phytophage

Les interactions entre la plante et l'agent pathogène impliquent l'échange d'informations. Initialement, l'agent pathogène est capable de reconnaître la plante via des facteurs spécifiques fournis par l'hôte (Thordal-christensen, 2003). Pour assurer leur

reproduction (Foster et Harris, 1997). Et ensuite modifie son métabolisme afin de créer un environnement favorable à la pathogénicité (Alfano et Collmer 2004 ; Chang et al., 2004). Les insectes phytophages sélectionnent leurs plantes hôtes selon un processus en deux phases (Visser, 1988 ; Schoonhoven et al., 2005). La phase de recherche/découverte implique d'abord la détection à distance des composés organiques volatils (COV) émis par la plante via les sensilles olfactives des antennes (Visser, 1988), complétée par des repères visuels (taille, couleur des feuilles) à courte distance (Thiéry et al., 2012). Le contact tactile avec les cires épicuticulaires et trichomes affine cette identification (Schoonhoven et al., 1998). Lors de la phase d'évaluation, la femelle examine la plante grâce à des récepteurs gustatifs localisés sur les pièces buccales, pattes et ovipositeur (Chapman, 2003), intégrant à la fois des stimuli positifs et négatifs pour décider d'accepter ou rejeter l'hôte (Figure 9) (Machado et al., 2021). Ce mécanisme sensoriel complexe, impliquant olfaction, vision et contact (Kalaisekar et Patil, 2017), présente des variations interspécifiques, comme chez les Orthoptères où les pièces buccales participent également à la détection (Bland, 1991).

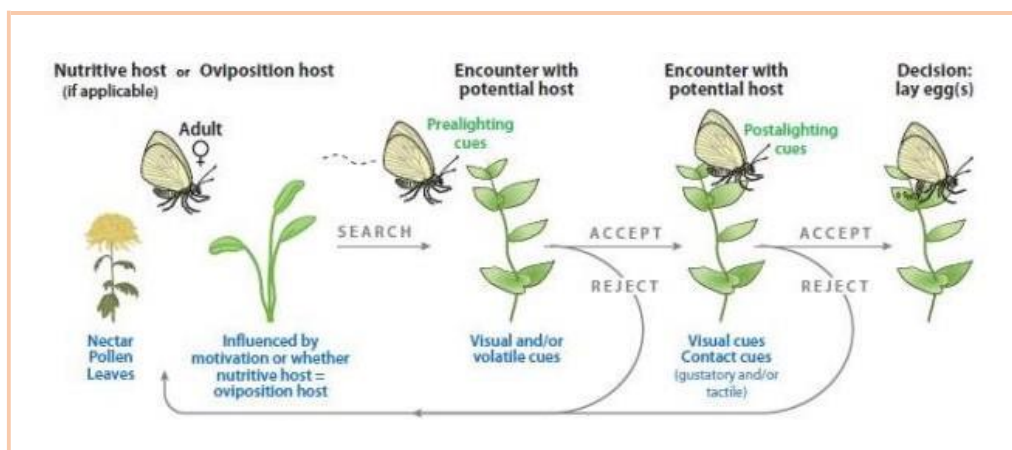


Figure 9. Différentes étapes dans la sélection de l'hôte chez les femelles adultes phytophages avec les stimuli associés (Knolhoff et Heckel, 2014).

I.3.1. Rôle des composés organiques volatiles « COV » dans la plante

Les composés organiques volatils (COV), principalement des terpénoïdes et C6-aldéhydes, sont émis par les plantes via les trichomes et les stomates (Guenther et al., 2000). Leur composition et quantité varient selon les espèces, génotypes et caractéristiques des organes végétaux (Niinemets et al., 2010). Bien que souvent associés aux mécanismes de défense - comme les sesquiterpènes (E)- β -caryophyllène et le monoterpène β -phellandène aux propriétés antimicrobiennes (Alfaro et al., 2002) - ces composés remplissent également des fonctions écologiques clés. Ils interviennent dans la reproduction végétale (attraction des

pollinisateurs par le linalool (Raghava *et al.*, 2010 ; Raguso, 2016) et la communication chimique inter-plantes et plante-insecte (Bruce *et al.*, 2005). Certains COV attirent les ennemis naturels des ravageurs, comme les émissions de α -pinène, β -myrcène et autres terpènes chez la tomate qui favorisent le parasitisme par *Aphidius ervi* (Corrado *et al.*, 2007). Leur action peut être synergique avec les composés de surface (Braccini *et al.*, 2015) et influencer directement le comportement des insectes, modulant l'oviposition (Damodaram *et al.*, 2014 ; Feng *et al.*, 2017). Ces molécules facilitent ainsi l'identification des signaux spécifiques à chaque étape de sélection de l'hôte (Müller et Hilker, 2001), tout en participant à la défense indirecte par l'attraction de prédateurs et parasitoïdes (Arimura *et al.*, 2000 ; Kappers *et al.*, 2005).

I.3.2. Rôle des métabolites non-volatiles de la surface foliaire

La surface foliaire abrite deux types spécifiques de composés organiques ou métabolites: d'un côté les métabolites primaires dérivés directement de la photosynthèse (sucres, acides aminés libres, acides organiques et composés phénoliques), et de l'autre les métabolites secondaires spécialisés tels que les alcaloïdes pyrrolizidiniques et les glucosinolates (Thiéry *et al.*, 2012 ; Sharma *et al.*, 2022).

Les métabolites primaires, qui constituent la plus grande partie de la biomasse végétale, ont un rôle crucial dans des processus fondamentaux tels que la photosynthèse, la respiration, ainsi que la croissance et le développement (Schoonhoven *et al.*, 1998 ; Zhao *et al.*, 2021). Intégrés dans les cires cuticulaires, ces composés sont détectés par les insectes phytophages au contact (Cassier *et al.*, 2000). La plupart de ces insectes privilégient les carbohydrates comme stimulants alimentaires, notamment les disaccharides et monosaccharides (glucose et fructose), connus pour leur fort effet attractif (Schoonhoven *et al.*, 1998). Bien que ces métabolites ne soient pas directement impliqués dans la défense, ils participent à la réponse primaire en régulant des biomolécules (protéines, lipides, glucides) lors d'infections pathogènes (Zaynab *et al.*, 2019).

Des études ont montré que les sucres, acides aminés et lipides de surface foliaire agissent comme signaux pour les femelles phytophages. La reconnaissance et l'acceptation de la plante hôte par les insectes sont largement régulées par des kairomones de surface, prenant le pas sur la composition interne ou la valeur nutritionnelle (Eberle, 2008). Des travaux, notamment ceux de Derridj et son équipe, ont identifié certains de ces composés, comme des sucres et sucres-alcools, qui influencent directement le comportement de ponte chez des

espèces telles que *Cydia pomonella* (Derridj *et al.*, 1989, 1996, 1999; Lombarkia et Derridj, 2002, 2008).

I.4. Défenses naturelles des plantes

Les végétaux possèdent des mécanismes de défense naturels et passifs (barrières physiques et chimiques) essentiels à leur protection contre diverses agressions biotiques (action néfaste d'un organisme vivant sur un autre) ou abiotiques (changement d'environnement : carence, toxicité, asphexie.) aux qu'elles elles font constamment face (Garcia-Brugger *et al.*, 2006). Ces mécanismes sont activés après la détection d'une attaque (Benhamou, 2009). Aussi disposent de différents types de défenses actives peuvent être mis en œuvre pour ralentir ou prévenir l'infection (Hammond-Kusak et Jones, 1997).

I.4.1. Mode d'action des défenses naturelles des plantes

I.4.1.1. La défense constitutive (passive)

Cette défense est le premier niveau de protection des plantes, s'appuie sur des systèmes préexistants et passifs (Angelova *et al.*, 2006 ; Benhamou et Rey, 2012). Elle comprend des barrières physiques (cuticule, téguments, épines, trichomes) et des molécules chimiques préformées (phytoanticipines), produites continuellement sans agression. Ces mécanismes impliquent des métabolites secondaires comme les composés phénoliques, alcaloïdes, terpénoïdes et huiles (Biffen, 1905 ; Benhamou et Rey, 2012 ; Lannou *et al.*, 2021).

I.4.1.2. La défense active

La résistance active représente le second niveau de défense, se déclenchant spécifiquement après la détection d'un pathogène. Ce système repose sur la reconnaissance de motifs moléculaires associés aux microbes (MAMPs/PAMPs) par des récepteurs protéiques spécialisés (PRR) situés sur la membrane cellulaire (Abad et Favery, 2012 ; Zheng, 2020). L'activation de cette défense a pour objectif principal de confiner l'agent pathogène dans les cellules attaquées. Elle mobilise plusieurs voies métaboliques visant à renforcer les barrières externes et à créer un environnement toxique pour l'agresseur (Biffen, 1905 ; Benhamou et Rey, 2012).

I.4.1.3. Résistance spécifique induite

La résistance spécifique induite repose sur le principe d'interaction gène-pour-gène, initialement décrit par Flor en 1955. Ce mécanisme exige la cooccurrence de deux gènes : un gène de résistance chez la plante et d'un gène d'avirulence chez le pathogène. Quand ces

conditions sont réunies, la plante déclenche une réponse immunitaire locale caractérisée par une réaction hypersensible (HR). Cette réponse provoque la mort rapide des cellules végétales entourant le site d'infection, limitant ainsi la propagation du pathogène et empêchant la diffusion de substances nocives (**Heath, 2002**).

I.4.1.4. Résistance systémique acquise (SAR)

Lorsqu'une plante subit une attaque pathogène, elle développe d'abord une réponse locale (RLA) aux lieux de possible intrus, activée par des signaux produits par les cellules en phase de nécrose (**Cordelier et al., 2003**). Ensuite, se développe une résistance systémique qui protège l'ensemble de la plante contre son agresseur initial et augmente sa résistance face à d'autres pathogènes potentiels (**Benhamou et Rey, 2012**). Cette immunité systémique peut même conférer une protection contre des agents pathogènes différents de celui ayant initié la réponse (**Kuc, 1982**). La SAR se manifeste rapidement après l'infection (en quelques heures) et persiste pendant plusieurs semaines (**Figure 10**) (**Kuc, 1982**).

I.4.1.5. Résistance systémique induite (RSI)

La résistance systémique peut également être déclenchée par des organismes non pathogènes ou certaines substances chimiques agissant comme éliciteurs. Ce mécanisme, appelé résistance systémique induite (RSI), repose sur un effet de "priming" (**Benhamou, 2009**). La plante perçoit le traitement éliciteur comme une agression potentielle et se prépare à réagir, mais la réponse défensive n'est pleinement activée qu'après une véritable attaque par un bioagresseur. Cette préparation se traduit par une capacité accrue à mobiliser rapidement ses défenses lors d'une agression ultérieure (**Pieterse et al., 2014; Soler et al., 2012**). (**Figure 10**)

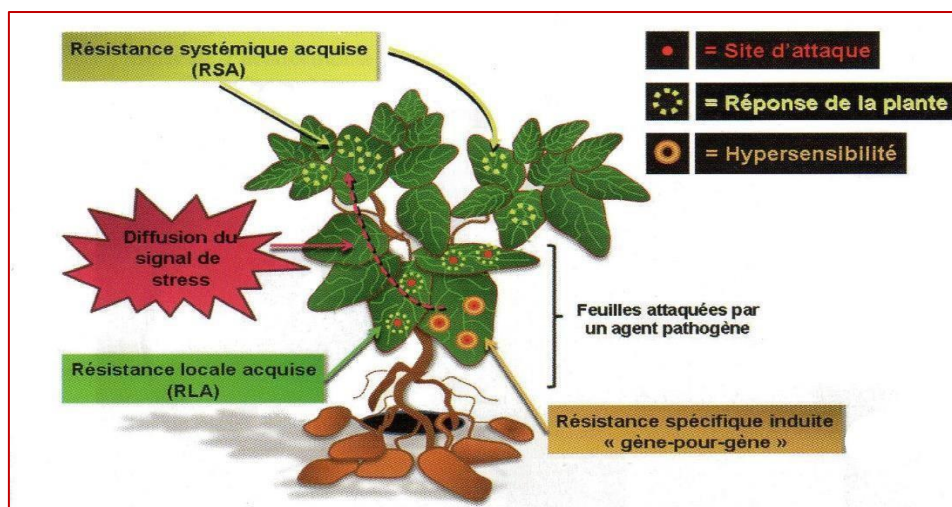


Figure 10. Les différentes défenses possibles mises en place par une plante suite à l'attaque par un bioagresseur (**Benhamou, 2009**).

I.4.2. Processus de reconnaissance et d'établissement des défenses

Le mécanisme de défense des plantes s'effectue en trois phases :

I.4.2.1. La reconnaissance du parasite où les cellules végétales détectent soit des composés issus des bio-agresseurs (comme des enzymes dégradant les parois cellulaires), soit des fragments de parois endommagées (polysaccharides, oligogalacturonides) produits par la plante elle-même (Nürmberger et Brunner, 2002 ; Pautot et al., 1999).

I.4.2.2. La transduction du signal, comprend :

- Une phase précoce (quelques secondes à heures après l'infection), avec une cascade de signaux intracellulaires (Klarzynski et Fritig, 2001).
- Une phase tardive (quelques jours à mois), où le signal se propage aux cellules saines, préparant une réponse systémique (Pieters et al., 2001).

I.4.2.3. L'exécution des mécanismes de défense, marquée par :

Le renforcement des barrières physiques et la production de composés antibiotiques.

Des réactions locales (hypersensibilité) ou systémiques (défenses physico-chimiques) (Ait ouguinane et al., 2022).

Un état de résistance durable (jours à semaines), améliorant la protection contre divers bio-agresseurs (champignons, bactéries, insectes) et stress environnementaux (Figure 11).

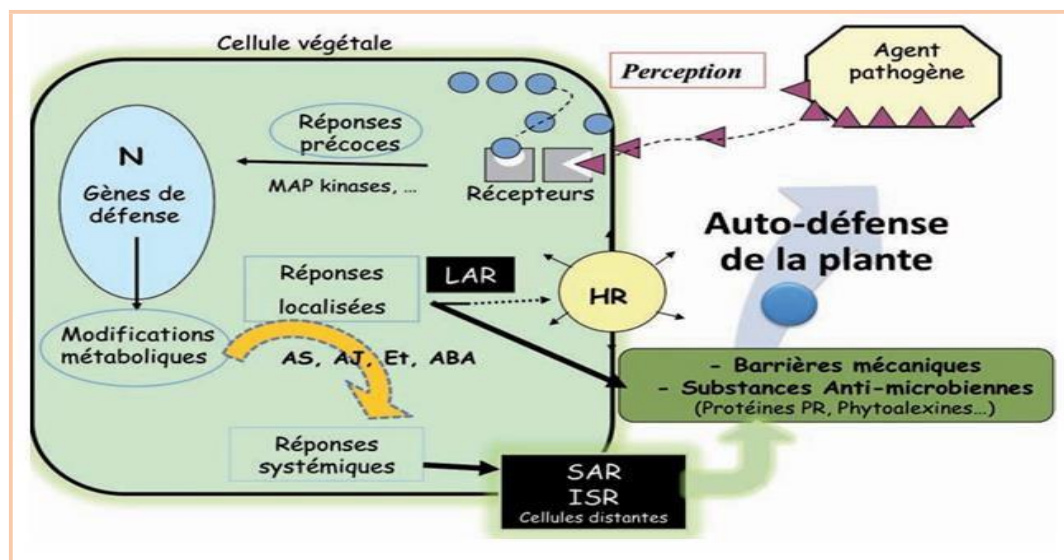


Figure 11. Schéma des mécanismes de défenses induits chez les plantes (Guerrand, 2003).

I.4.3. Stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN)

D'après **Benhamou (2009)** un stimulateur de défense naturelle (SDN) ou stimulateur des défenses des plantes (SDP) est une molécule reconnue par la plante identifiée et qui a le potentiel d'initier les processus biochimiques et cytologiques menant à l'expression de la résistance. Il agit comme un "vaccin" activant le "système immunitaire" végétal, transformant une plante sensible en plante résistante (**Benhamou et Rey, 2012**). Le RMT Elicitra définit les SDN comme des substances ou micro-organismes non pathogènes qui, appliqués sur une plante, induisent un état de résistance significativement supérieur face aux stress biotiques (**RMT Elicitra, 2013**).

Les éliciteurs se divisent en deux classes : biotiques (bactéries, champignons, hydrolysats protéiques végétaux/animaux/microbiens) et abiotiques (substances organiques comme polysaccharides, acides aminés, protéines ; ou inorganiques comme oligo-éléments, métaux lourds, composés synthétiques) (**Benhamou et Rey, 2012 ; Zhao et al., 2017**).

Les SDP comprennent deux catégories selon leur mode d'action : les éliciteurs qui activent directement les défenses (avec ou sans bioagresseur présent), et les potentialisateurs qui préparent la plante à réagir plus efficacement lors d'une future attaque (priming) (**Benhamou, 1996 ; Beckers et Conrath, 2007 ; Faessel et al., 2014**).

Un SDP n'agit pas directement contre les bioagresseurs mais est perçu par la plante comme un signal d'alerte, induisant différents mécanismes défensifs pour améliorer sa résistance (**Berthelot et al., 2018**). Cette approche permet à la plante de mieux se préparer et de réagir plus efficacement face aux agressions ultérieures.

I.4.4. Utilisation des sucres solubles en protection des plantes

I.4.4.1. Rôles des sucres dans la plante

Les sucres, principaux produits de la photosynthèse, jouent des rôles bien plus variés que celui de simple source énergétique. Ils servent de substrats pour la biosynthèse des composants cellulaires (ADN, acides aminés...) (**Wind, 2012**). Et régulent les processus hormonaux liés à la croissance, au développement et aux réactions face aux stress biotiques/abiotiques (**Hills, 2004 ; Rolland et al., 2006 ; Smeekens et al., 2010**). Ils participent aussi à l'ajustement aux variations environnementales (**Smeekens, 2000 ; Halford et Paul, 2003**). De nombreuses études ont mis en évidence leur fonction comme molécules signal, modulant l'expression génique (**Smeekens et Rook, 1997 ; Rolland et al., 2001**).

Au-delà de ces rôles métaboliques, **Birch et al. (1993)** et **Derridj et al. (1996)**, ont démontré que les sucres solubles (dans les tissus ou en surface foliaire) agissent comme

signaux lors des interactions entre plantes et insectes. **Derridj et al. (1989)**. Ainsi que **Lombarkia et Derridj (2002, 2008)**, ont démontré leur impact sur le comportement de ponte chez les lépidoptères (*Ostrinia nubilalis*, *Cydia pomonella*), qui perçoivent ces composés comme indicateurs de qualité des plantes-hôtes. De même, **Zuckerman et Jansson (1984)**, ont établi que le mannose et le glucose servent de signaux de reconnaissance pour les nématodes.

Les recherches actuelles confirment l'importance cruciale des sucres simples (mono- et disaccharides) dans les mécanismes de défense végétale. En tant que molécules signal, ils activent les réponses aux stress biotiques et abiotiques, renforçant la résistance aux bioagresseurs. Leur double fonction - à la fois substrats métaboliques et médiateurs des interactions écologiques - en fait des éléments clés de la physiologie et de l'écologie des plantes (**Bolouri-Moghaddam et Van-den-Ende, 2012 ; Trouvelot et al., 2014 ; Morkunas et Ratajczak, 2014 ; Arnault et al., 2016**).

I.4.4.2. Concept de l'utilisation des sucres dans la gestion des bio agresseurs

Les sucres solubles présents à la surface des végétaux jouent un double rôle dans les interactions plantes-agresseurs: comme signaux de reconnaissance pour les insectes influençant leur choix de plante-hôte (**Städler, 1984**), et comme agents de signalisation qui déclenchent les mécanismes de défense des plantes par le biais de modifications dans l'expression génique (**Morkunas et Ratajczak, 2014 ; Formela-Luboińska et al., 2020**). Cette double caractéristique a suscité une approche innovante de biocontrôle (**Arnault et al., 2012 ; Arnault et al., 2021**) basée sur l'application exogène d'infra-doses de sucres (glucose, fructose, saccharose, tréhalose) le matin, lorsque les concentrations apoplasmiques et foliaires sont naturellement basses (**Derridj et al., 2009**).

Ces applications modifient les profils métaboliques de surface, induisant deux effets : (1) une perturbation des récepteurs sensoriels des insectes (pattes, ovipositeur), altérant leur capacité à sélectionner des sites de ponte (**Birch et al., 1993**) ; (2) l'activation d'une résistance systémique acquise contre divers bioagresseurs (**Smeekens et al., 2010**). **Derridj et al. (2012)**, souligne que cette stratégie renforce l'état de vigilance défensive des plantes, induisant une antixénose efficace contre les femelles adultes et leurs larves néonates.

Ce principe a conduit au développement du concept "Sweet Immunity" (**Arnault et al., 2015 ; Tarkowski et al., 2019**), démontrant que les sucres métaboliques, en tant que molécules signal, modulent l'immunité végétale et offrent une protection partielle contre

ravageurs et pathogènes. Cette approche exploite ainsi le rôle dual des sucres - à la fois signaux écologiques et activateurs de défenses - pour une protection durable des cultures.

I.4.4.3. Application des sucres solubles sur quelques modèles plantes/ravageur

De nombreuses expérimentations ont évalué l'efficacité de sucres (glucose, fructose, saccharose, tréhalose) pulvérisés en infradoses (ppm), seuls ou combinés à d'autres produits, contre divers ravageurs et pathogènes sur différentes cultures (arboriculture, viticulture, maraîchage, céréales) en conditions de laboratoire et de plein champ. Ces essais ont concerné notamment: pommier/carpocapse, vigne/cicadelle, maïs/pyrale, féverole/bruche, blé/cécidomyie, tomate/la mineuse, pomme de terre/mildiou, pommier/tavelure, vigne/mildiou, tomate/oïdium (**Brahim et al., 2014 ; Arnault et al., 2016 ; Bardin et al., 2016 ; Derridj, 2016 ; ARAD, 2017 ; Demarat, 2017**).

Des recherches menées depuis plus de trente ans en France, Algérie, Grèce, Espagne et Italie ont démontré l'impact des sucres solubles sur le comportement de ponte de *Ostrinia nubilalis*, *Diabrotica virgifera virgifera* et surtout *Cydia pomonella* (**Derridj et Wu, 1995 ; Derridj et al., 1989, 2001 ; Brahim, 2022**). De 2009 à 2022, l'Algérie a fortement misé sur ces études, expérimentant divers types de sucres (saccharose, glucose, sorbitol, fructose) à différentes concentrations (10, 50 et 100 ppm), seuls ou associés à des insecticides chimiques et biologiques (virus granulés) contre *Cydia pomonella* (**Meradi, 2015; Nasri, 2015 ; Brahim, 2022 ; Tifrent, 2022**).

Les résultats, bien que variables, ont révélé un potentiel d'utilisation des solutions sucrées contre certains bioagresseurs :

- En vergers biologiques de pommiers (France), dans le cadre du projet USAGE (2012-2014), le fructose à 0,01% a montré une efficacité Abbott de 76% en 2013 et 36% en 2014 contre le carpocapse. Aucun effet n'a été observé sur tavelure, acariens et pucerons (**Arnault et al., 2015**).
- Sur vigne, le fructose à 100 ppm a potentialisé l'action de l'hydroxyde de cuivre contre le mildiou en viticulture raisonnée (**Arnault et al., 2017**), mais sans effet sous forte pression parasitaire.
- En maraîchage, les résultats ont été globalement décevants (**Bardin et al., 2014**). Contre *Tuta absoluta* sur tomate sous abri, les sucres seuls (fructose et saccharose à 100 ou 1000 ppm) n'ont offert qu'une faible protection. La meilleure efficacité (≈60%) a été obtenue avec un mélange fructose + saccharose à 1 g/L associé à *Bacillus thuringiensis* (**Lambion et Marollien, 2016 ; Lambion et Arnault, 2019**). Des effets

protecteurs ponctuels mais insuffisants ont été notés contre pyrale et oïdium du melon, ainsi que contre les thrips du poireau.

PARTIE II :
ETUDE EXPÉRIMENTALE

II.1. Aperçu général sur la wilaya de Batna

La wilaya de Batna est située dans le nord-est de l'Algérie, à la jonction de l'Atlas tellien et de l'Atlas saharien, entre les longitudes 4° et 7° Est et les latitudes 35° et 36° Nord. Son territoire est délimité : Au nord par les wilayas d'Oum El Bouaghi, Mila et Sétif ; à l'est par la wilaya de Khenchela ; au sud par la wilaya de Biskra, à l'ouest par la wilaya de M'Sila (**Figure 12**). Avec une superficie totale de 12 038,76 km² (1 203 876 ha), la wilaya consacre 35,11 % de son territoire à l'agriculture, soit 744 026 hectares. La Surface Agricole Utile (S.A.U.) représente quant à elle 422 677 hectares (**DSA Batna, 2025**).

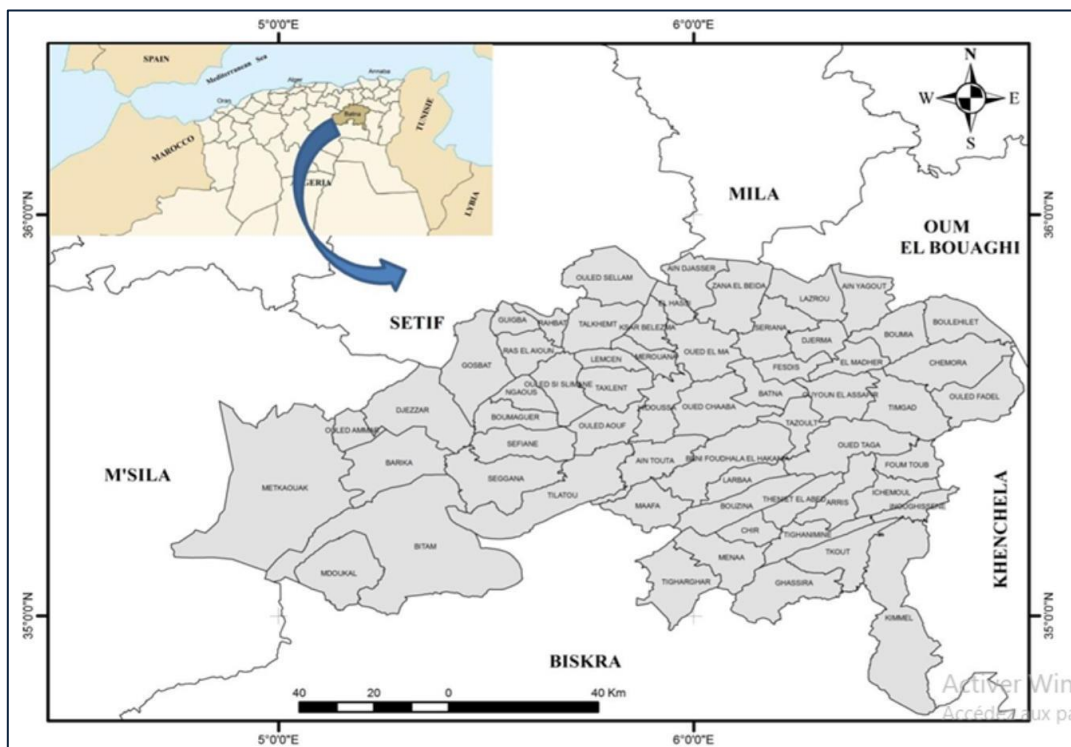


Figure 12. Localisation et situation géographique de la wilaya de Batna

(Source : <http://www.carte-algerie.com/carte-algerie-departement.html>)

- Situation et limites de la commune de Tazoult.

II.1.1. Situation géographique de la région d'étude

Tazoult est une daïra de la wilaya de Batna, ayant pour chef-lieu la ville du même nom et correspondant à l'ancienne ville romaine de Lambèse. La commune de Tazoult, positionnée à 36°45'21.4" N 2°51'56.5" E, à 1200 m d'altitude, à environ 11 km au Sud-Est de la ville de Batna (**Anonyme, 1998**). Elle est délimitée au Nord par la commune d'Ouyoun-El Assafer, à l'Est par la commune d'Oued Taga, au Sud par la commune de Béni Fedhala et à l'Ouest par la commune de Batna et Oued Chaaba (**Figure. 12**).

II.2. Caractéristiques climatiques

Le climat constitue un facteur déterminant dans les écosystèmes naturels (**Ramade, 1993**), du fait de son influence sur les paramètres tels que l'humidité, les précipitations, la température, l'ensoleillement et le vent (**Dajoz, 1996**). Pour cette étude, les données climatiques sont issues de la station météorologique de l'aéroport Ben Boulaïd de Batna. Ses localisée à altitude 827 m (35,75° N et 6,31° E).

II.2.1. Températures

L'analyse du tableau (5) qui présente les températures moyennes mensuelles sur 39 ans, met en évidence un été chaud et un hiver froid, avec une moyenne de température oscillant entre 5,6°C et 26,9°C. Le mois de juillet enregistre le maximum avec 34,96°C, tandis que janvier affiche la moyenne minimale la plus basse à 0,48 °C.

Tableau 5. Températures mensuelles moyennes (°C) enregistrées sur la période 1980- 2019 dans la région de Batna.

Mois	T. max.	T. min.	T. moy.
Janvier	11,41	0,48	5,6
Février	13,04	1,01	6,9
Mars	16,23	3,29	9,8
Avril	19,72	5,84	13
Mai	25,19	9,77	17,8
Juin	31,18	14,48	23,3
Juillet	34,96	17,63	26,9
Août	34,45	17,43	26,3
Septembre	28,86	14,30	21,5
Octobre	23,48	9,98	16,6
Novembre	16,71	4,95	10,6
Décembre	12,33	1,48	6,6

(Station météo Ain Skhouna, Batna, 2022)

T° Max. : Températures maximales mensuelles

T° Min. : Températures minimales mensuelles,

T° moy. : Températures moyennes mensuelles.

II.2.2. Pluviométrie

Le tableau (6) présente les valeurs des précipitations pluviométriques moyennes mensuelles enregistrées dans la région d'étude. Les données pluviométriques montrent une irrégularité mensuelle, avec une moyenne annuelle de 348,69 mm sur la période 1980-2019. Le mois de septembre est le plus arrosé (54,64 mm), tandis que juillet est le moins pluvieux (6,92 mm).

Tableau 6. Pluviométrie mensuelles moyennes (mm)
Enregistrées dans la région (1980-2019).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Batna (1980/2019)	34,88	24,91	34,74	39,18	37,32	20,68	6,92	14,55	54,64	24,88	25,35	30,63	348,69

(Station météo Ain Skhouna, Batna, 2022).

II.2.3. Synthèse climatique

La détermination des phases sèches et humides est réalisée à l'aide du diagramme ombrothermique de Gaussen (1953), tandis que le niveau bioclimatique des zones étudiées est établi via le climagramme pluviothermique d'Emberger (1955).

II.2.4. Diagramme ombrothermique

L'analyse des données climatiques de la région de Batna pour la période 1980-2019 fait ressortir deux saisons marquées: une saison humide s'étalant de fin octobre à début mai (environ 6 mois), et une saison sèche de mai à fin octobre (Figure 13).

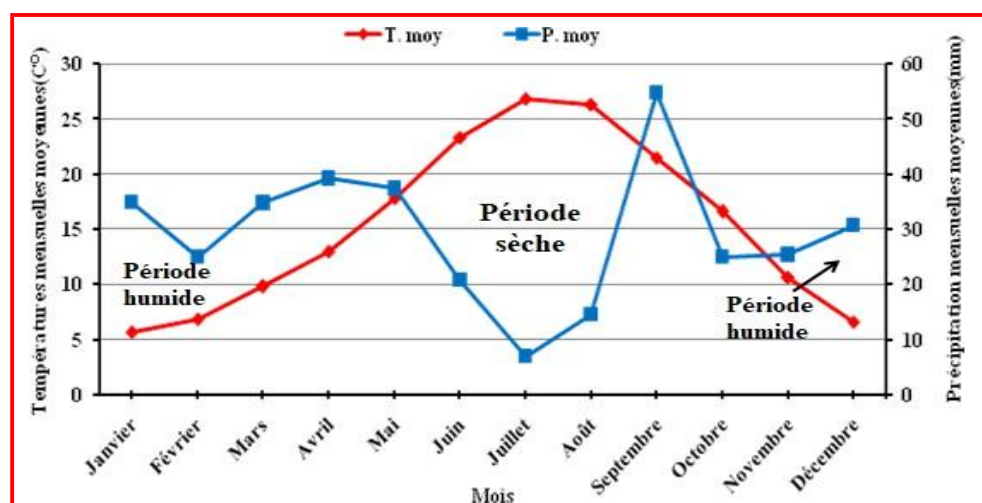


Figure 13. Diagramme Ombrothermique de la région de Batna pour la période 1980/2019.

II.2.5. Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique (Q_2) calculé selon la formule de STEWART, est utilisé pour déterminer l'étage bioclimatique. La formule est la suivante :

$$Q_2 = 3.43 \times P / M - m$$

Où **P** : représente la précipitation moyenne annuelle, **M** : est la température moyenne des maxima du mois le plus chaud, et **m** : la température moyenne des minima du mois le plus froid.

Application à la région de Batna (période 1980-2019) où :

P = 348,69 mm ; M = 34,96 °C et m = 0,48 °C.

$$Q_2 = 3,43 \times 348,69 / 34,96 - 0,48 \approx 34,68$$

On obtient une valeur du quotient d'Emberger Q_2 de 34,68. Cette valeur situe la région de Batna dans l'étage bioclimatique **semi-aride à hiver frais (Figure 14)**.

Formule de STEWART : $Q_2 = 3.43 P/M - m$

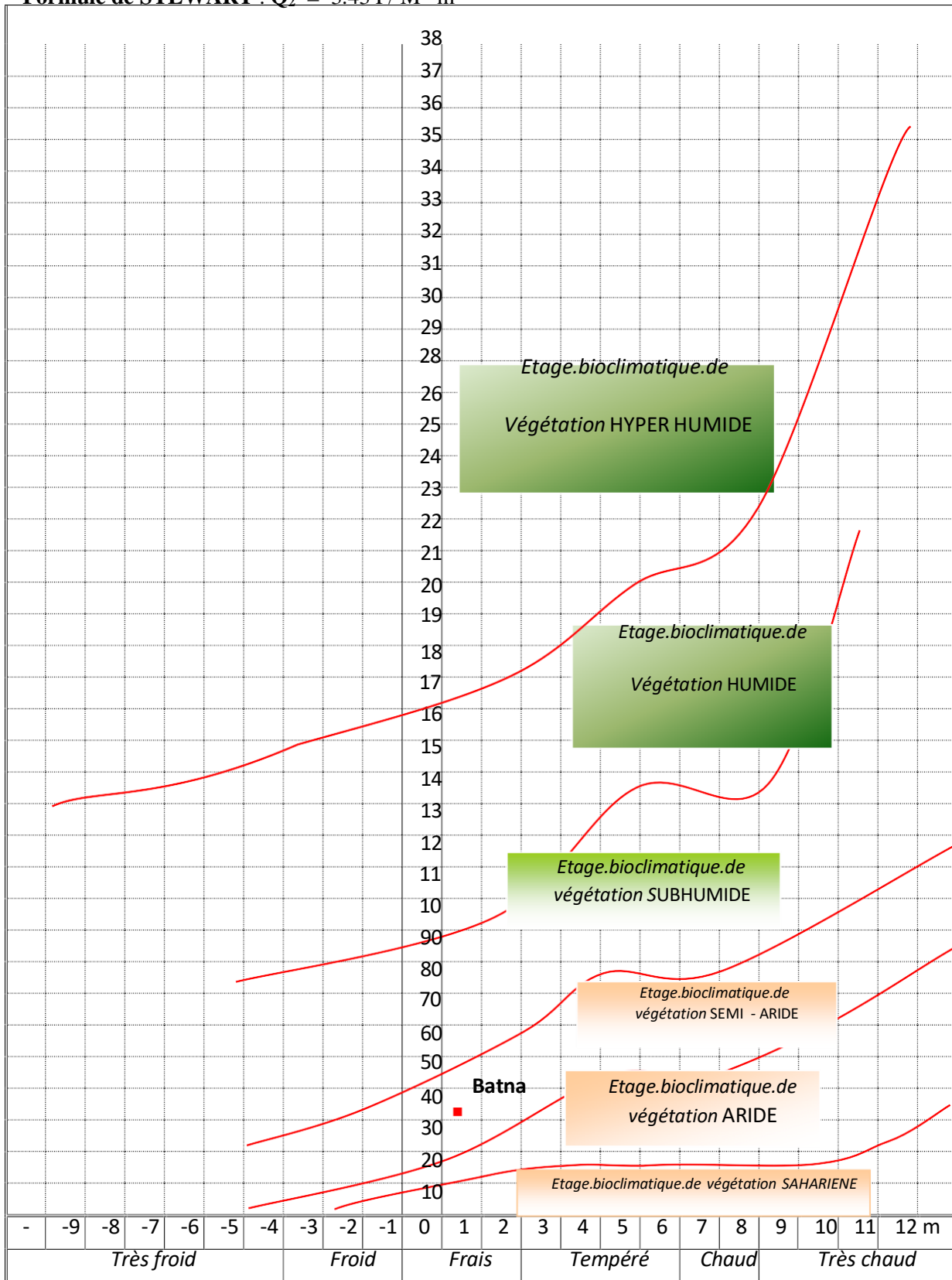


Figure 14. Emplacement de la région de Batna dans le Climagramme d'Emberger.

II.3. Description du site d'étude

Nous avons mené notre étude au sein d'une exploitation agricole privée multidisciplinaire (céréales, arboriculture, cultures maraîchères et légumes secs) couvrant une superficie de 13 ha, située à Berthouli à une altitude de **1343 m** ($35^{\circ}27'45,1''$ N – $006^{\circ}16'47,7''$ E), sur le territoire de la commune de Tazoult, à environ 3 km à l'Est du chef-lieu de la commune (**Figure 15**). L'essai a été mené sur deux parcelles de 400 m² chacune, aménagées en billons au sein d'un terrain de 1200 m². Deux variétés hybrides de tomate (**Seyhan F1 et Lamantin F1**) y ont été plantées, avec un espacement de 80 cm entre les rangs et de 30 cm entre les plants (**Figure 16**).

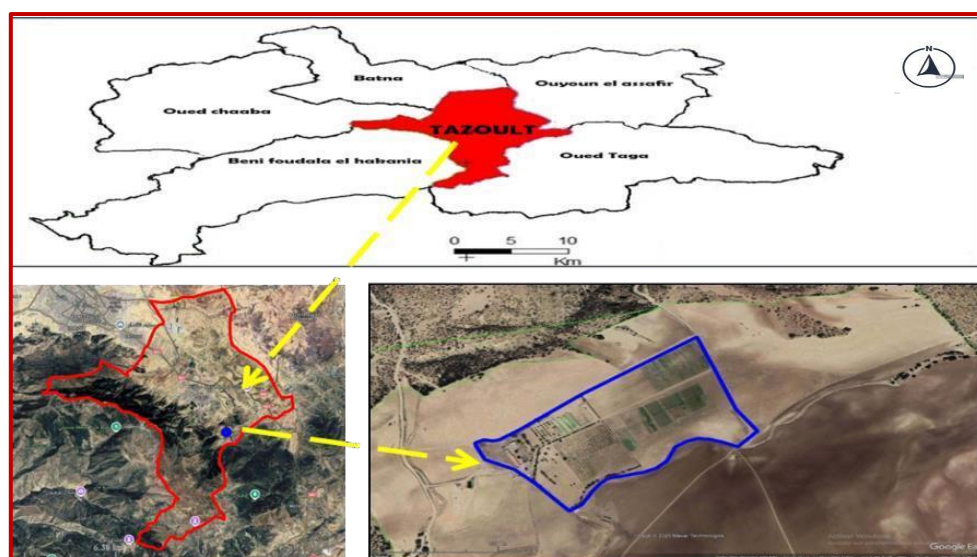


Figure 15. Localisation du site d'étude (Carte et photo satellitaire)

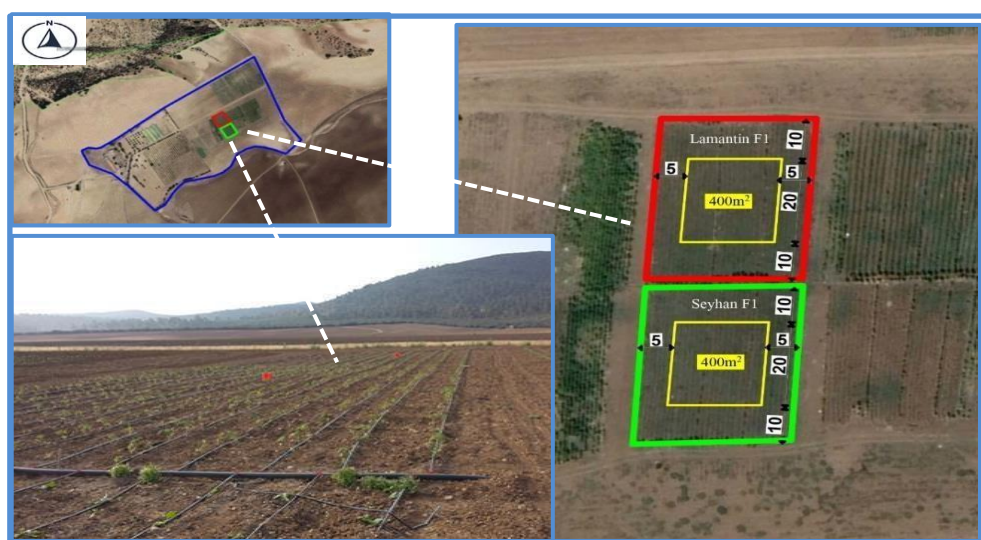


Figure 16. Localisation de la parcelle expérimentale

■ Parcelle de la variété Lamantin F1 ■ Parcelle de la variété Seyhan F1 (photo originale et photo satellitaire, 2017)

II.4. Matériel et méthodes

II.4.1. Matériel expérimental

II.4.1.1 Matériel végétal

Trois variétés hybrides de tomates : Seyhan F1, Lamantin F1 et Saada F1, toutes les trois à croissance déterminée.

La variété Seyhan F1, de SUNRISE-USA et importée par SARL-VETAGRIAL en Algérie, présente un taux de germination de 96 % et une pureté de 99 %. Résistante aux maladies courantes telles que la fusariose et le mildiou, elle convient aussi bien à la culture sous serre qu'à la culture en plein champ sous climat tempéré.

La variété Lamantin F1, développée en Inde et importée en Algérie par la SARL AGRIMATCO, présente des caractéristiques analogues à celles de la souche d'origine, avec un taux de germination de 96 % et une pureté de 99 %. Particulièrement résistante au flétrissement bactérien et au Fusarium.

La variété Saada F1, un hybride de Sakata, se distingue par sa précocité et sa vigueur, offrant une excellente couverture foliaire. Elle présente également un taux de germination de 98%, une pureté spécifique de 99,9% et un potentiel de rendement remarquable. Résistance élevée « HR » à la mosaïque du tabac et au verticillium « ToMV », ainsi que résistance modérée au virus des feuilles jaunes en cuillère « TYLCV ».

II.4.1.2. Matériel de piégeage

Le suivi des populations adultes de mineuse a été réalisé à l'aide de pièges à eau chargés de phéromones sexuelles. Deux pièges ont été déployés par variété. Ces pièges consistent en un récipient rempli d'eau additionnée de détergent (agent mouillant), surmonté d'un diffuseur de phéromones Russell® (**Figure 17**).



Figure 17. Piège à eau à phéromone (Photo originale)

II.4.1.3. Matériel de pulvérisation

Afin d'effectuer les divers traitements, nous avons eu recours à des pulvérisateurs à dos manuels, d'une capacité de 5 litres, permettant une pression manuelle réglable à 1,5 bar (Figure 18). Un pulvérisateur dédié a été utilisé pour chaque modalité afin de prévenir tout risque de contamination croisée.



Figure 18. Matériel de traitement manuel (Photo originale).

II.4.2. Méthodologie de travail

II.4.2.1. Objectifs

Notre étude poursuivait trois objectifs principaux : (i) Suivi de la dynamique des populations de la mineuse de tomate : Cela implique l'observation des caractéristiques de cette espèce et l'analyse des fluctuations de son abondance dans le temps, en se concentrant sur le suivi des mâles capturés pour déterminer le nombre de générations et la durée de vie à travers ses stades évolutifs. Les observations se font sur deux variétés de tomates, Seyhan F1 et Lamantin F1, en plein champ, sans élevage préalable, afin de refléter les conditions naturelles. (ii) Evaluer l'effet des faibles doses de sucres sur l'infestation en culture en plein champ : Cette partie de l'étude examine l'impact de la pulvérisation de sucres (saccharose et fructose) à deux doses (10 ppm et 100 ppm) sur le taux d'infestation par *Tuta absoluta* sur la variété Seyhan F1, en comparaison avec un témoin non traité, en appliquant les traitements tôt le matin. (iii) Tester l'effet des mêmes sucres en conditions de laboratoire sur la variété Saada F1 cultivée en pots. Les doses étaient de 100 ppm et 1000 ppm, appliqués seuls, en mélange ou en association, et comparés à un témoin traité à l'eau. En se référant à plusieurs études, citons par exemple : **Allache et al. (2012)** ; **Attwa et al. (2015)** et **Guénaoui et Ghelamallah (2008)** ; **Arnault et al. (2016)** ; **Lambion et Arnault (2019)** et **Brahim (2022)**.

II.4.2.2. Critères de choix du site

Le site est une exploitation agricole pluridisciplinaire où l'on pratique l'arboriculture, la culture de céréales et surtout les cultures maraîchères, notamment les solanacées (tomates, piments, poivrons, aubergines et pommes de terre) cultivées en plein champ et sous serre. En outre, la disponibilité de l'espace, de l'eau et de la main-d'œuvre qualifiée. Ce riche potentiel nous a incités à solliciter le propriétaire pour nous attribuer une parcelle afin d'effectuer notre expérimentation, de plus la présence du ravageur *T. absoluta* sur les plants de tomates cultivés sous serre déjà contaminés, assurera l'infestation naturelle de nos plants ultérieurement. L'accord du propriétaire, lui-même spécialiste du domaine agricole, a été obtenu, stipulant l'absence de tout traitement chimique sur les parcelles expérimentales comme condition.

II.4.2.3. Conduite culturale

II.4.2.3.1. Conduite en plein champ

Le semis des variétés Seyhan F1 et Lamantin F1 a été réalisé le 25/03/2017 en plaques alvéolées remplies de substrat à base de tourbe (2-3 graines par alvéole), maintenues sous abri

plastique (**Figure 19**). Afin de débiter l'expérimentation avec des plants sains, un traitement insecticide (CYTHRINE 10 EC) a été appliqué 20 jours avant le repiquage pour prévenir toute infestation précoce. Après préparation du sol (labour, épandage et enfouissement de fumure de base, confection des billons, installation du goutte-à-goutte), le repiquage a eu lieu le 20/05/2017, lorsque les plants avaient atteint le stade 5 à 6 feuilles.



Figure 19. Semis de tomate sous abri : a/ Abris en plastique, b/ semis en alvéoles début de germination, c/ semis en alvéoles stade 5-6 feuilles (**Photo originale**)

II.4.2.3.2. Mise en place de la culture de tomate en pots

Un test préalable de germination sur 30 graines de la variété Saada F1 a indiqué un taux de 97% ($TG\% = (NI/NT) \times 100$). Suite à cela, le semis a été effectué le 15/02/2023. Les jeunes plants au stade deux vraies feuilles ont été transplantés le 09/03/2023 dans des pots contenant un mélange terre/terreau sur une couche de gravier pour le drainage (**Figure 20**). L'infestation par *T. absoluta* s'est faite naturellement. Notons que l'expérimentation a été effectuée au sein du département des Sciences Agronomiques de l'université Batna1.



Figure 20. Semis et transplantation des plantules de tomate «Saada F1»

(Photo originale)

II.4.2.4. Traitements par les sucres

Les applications des sucres ont débuté dès la détection de la première mine, tous les 15 jours (Lambion et Marollien, 2016 ; Lambion *et al.*, 2018 ; Lambion et Arnault, 2019). Elles ont été réalisées par pulvérisation foliaire avec des atomiseurs manuels en jet en V, visant à maximiser l'absorption sur l'ensemble de la plante, à la limite du ruissellement (Derridj *et al.*, 2009). Les traitements ont été appliqués tôt le matin pour profiter d'une faible teneur en sucres naturels dans l'appoplaste, favorisant ainsi l'absorption et l'induction d'une résistance systémique par signal "sucre" (Lombarkia et Derridj, 2008). Le volume de bouillie était ajusté au stade de développement végétatif pour un mouillage optimal (Ferré, 2008 ; Arnault *et al.*, 2021).

II.4.2.5. Présentation des paramètres testés

II.4.2.5.1. Types et doses des sucres

Nos tests ont porté sur un disaccaride, le saccharose et un monosaccaride, le fructose, provient de la société Sigma Aldrich (pureté 99%). Selon la réglementation de (CE) n°1107/2009/ ces deux sucres (saccharose et fructose) ont été autorisés en protection des cultures respectivement depuis 2014 et 2015, comme substances de base et agents de bio contrôle contre le carpocapse et la pyrale du maïs, agissent autant qu'éliciteurs, ayant un effet insecticide via la stimulation des mécanismes de défense naturelle (ITAB, 2019).

- En plein champ, deux doses (10 et 100 ppm) pour chacun des sucres ont été expérimentées.

- Au laboratoire, deux doses (100 et 1000 ppm) également pour chacun des sucres ont été expérimentées.

II.4.2.5.2. Variétés de tomate utilisées

Trois variétés hybrides ont été testées au cours de notre études, dont :

- Les variétés, Seyhan F1 et Lamantin F1 pour l'étude de la bio-écologie de la mineuse (dynamique des vols des males et durée des stades évolutifs).
- La variété, Seyhan F1 : pour tester les traitements en plein champ.
- La variété, Saada F1 : pour les tests de traitements au laboratoire.

Les caractéristiques des trois variétés sont déjà reportées en détail dans la section matériel végétal citée ci-dessus.

II.4.2.6. Variables observées

II.4.2.6.1. Suivi de la bio-écologie du ravageur sur deux variétés

Tout au long de la période expérimentale, des observations et notations ont été effectuées concernant :

- A. Nombre de mâles adultes capturés** hebdomadairement dans les pièges à eau à phéromones sexuelles.
- B. Durée de développement des stades évolutifs:** œufs, larvaire (L1 à L4), nymphal et adulte, observée sur des échantillons foliaires prélevés des plants au champ et examinés au laboratoire (SRPV Ain Touta).

II.4.2.6.2. Observations et notations sur les plants traités avec les sucres

A. Les plants traités en plein champ en 2017

Un examen a été réalisé sur des folioles échantillonnées aléatoirement au niveau des trois étages foliaires (basal, médian et apical). Cet examen visait à évaluer le nombre de mines, à délimiter la surface foliaire affectée et à dénombrer les stades de développement du ravageur rencontrés.

B. Les plants dans les pots traités au laboratoire en 2023

Examen des trois étages foliaires de la plante entière, pour dénombrer les mines et les différents stades de développement du ravageur présents.

II.4.2.7. Méthodologie par paramètre

II.4.2.7.1. Suivi de la bio-écologie de *T. absoluta* sur deux variétés

Afin de suivre la population de *Tuta absoluta* en plein champ, des échantillonnages réguliers ont été effectués en utilisant deux techniques : le comptage des papillons mâles capturés et l'estimation de la durée de vie des quatre stades évolutifs de la mineuse de la tomate.

➤ Comptage des adulte mâles capturés

A. Parcelles expérimentales

L'essai a été mené en 2017 sur deux parcelles de 400 m² chacune, situées au sein de l'exploitation agricole sise au lieu-dit Berthouli - commune de Tazoult implanté de deux variétés hybrides de tomate (Seyhan F1 et Lamantin F1). Deux pièges à eau à phéromones sexuelles provenant de la société Russell IPM ont été mis en place au centre de chacune des deux parcelles, à la fin du mois de mai de l'année 2017 (**Figure 21**).



Figure 21. Emplacement des pièges à eau à phéromone sexuelle (Photo originale).

B. Notation des observations

Les papillons capturés et comptés sont retirés du piège pour éviter d'être recomptés, chaque semaine du 08/06/2017 au 19/09/2017 (**Annexe 1**). Les capsules à phéromones sexuelles ont été remplacées toutes les 4-5 semaines.

➤ Durée des stades de développement

A. Période d'échantillonnage

Pour chaque stade biologique du ravageur, trois individus ont été sélectionnés. Ceux-ci ont été prélevés sur un lot de folioles échantillonnées aléatoirement sur des plants des deux

variétés de tomate, Seyhan F1 et Lamantin F1. Chaque semaine, sur une durée étalée du 07/08/2017 au 20/09/2017

Les individus retenus pour l'observation ont été maintenus sur des folioles de tomate, où le pétiole est recouvert de coton imbibé d'eau et de papier aluminium, et placés séparément dans des boîtes de Pétri (**Figure 22**) (**Bajonero et Parra, 2017**).

Les couvercles des boites de pétri ont été perforé pour assurer l'aération, les folioles supports sont remplacées au besoin.



Figure 22. Folioles utilisées pour la collecte et le suivi de la durée de développement des stades (**Photo originale**).

A. Notation des observations

L'évaluation de la durée de développement de chaque stade s'est réalisée tous les jours grâce à des observations minutieuses focalisées essentiellement sur les caractéristiques morpho métriques tels que la taille mesurée sur du papier millimétrique et la couleur des individus choisis. Pour calculer la moyenne hebdomadaire de la durée de vie des trois individus (**Annexes 2 et 3**) (**Figure 23**).

Pour garantir la précision et la fiabilité de l'estimation de la durée du développement, le processus de calcul a été réalisé sur les individus choisis juste après leur passage d'un stade à l'autre, ce qui signifie que le calcul de la durée du stade L1 s'est fait sur des larves qui ont été obtenues directement suite à l'éclosion des œufs. L'évaluation du deuxième stade larvaire (L2) a été effectuée sur les larves du premier stade, le jour de leur passage au deuxième stade. Ce processus a également été reproduit pour les autres stades. En ce qui concerne la surveillance de la période d'incubation des œufs a concerné ceux de petite taille et de couleur blanche. En effet, selon la littérature, les œufs fraîchement pondus sont blanc crème, jaunes et jaune- orange (**Estay, 2000**). Les œufs arrivés à maturité présentent une couleur plus foncée et la bordure noire de la ligne dorsale est visible à travers le chorion (**Vargas, 1970**).



Figure 23. Différents stades de développement de la mineuse (Photo originale).

II.4.2.7.2. Essai des traitements par les sucres sur les plants en plein champs

Le concept d'utilisation de sucres (hexoses : glucose, fructose et oligosaccharides : saccharose) à faibles doses (parties par million) comme alternative pour contrôler la mineuse *Tuta absoluta* est lié à la stimulation de la résistance systémique des plantes aux bio agresseurs, d'après des études antérieures, menés sur :

- La pyrale du maïs (Derridj *et al.*, 1986 ; 1989; 2010; Ondet et Gorski, 2015).
- Le carpocapse des pommes et poires (Arnault, *et al.*, 2017 ; Brahim, 2022)
- La mineuse de la tomate (Lambion *et al.*, 2016 ;2018 ; 2019).

A. Dispositif expérimental

Le dispositif était un bloc aléatoire complet avec trois répétitions. Une partie sur la parcelle de Seyhan F1 (400 m²) a été divisée en trois blocs. Chaque bloc comprenait cinq parcelles élémentaires (correspondant aux 5 modalités), chaque unité étant constituée de deux plants. Les parcelles élémentaires étaient distantes de 90 cm et repérées par des piquets colorés (Figure 24).

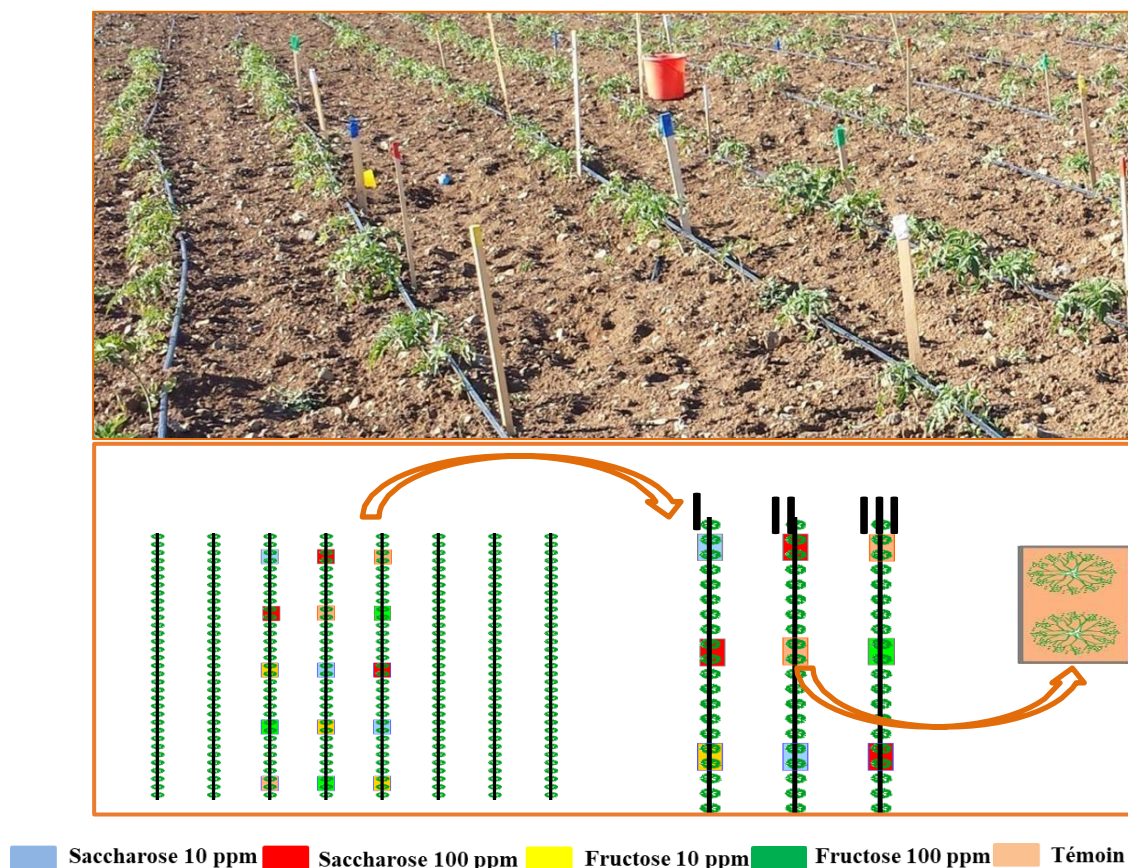


Figure 24. Dispositif expérimental (Variété Seyhan F1)

B. Modalités testées

Le saccharose et le fructose ont été testés seul à deux différentes doses chacun. Signalons que le tableau (7), représente les modalités testées et les doses appliquées pour chaque modalité.

Tableau 7. Modalités testées et doses appliquées

Modalités	Substance active	Dose
1	Témoin	/
2	Sac seul	10 ppm (1 g 100 l d'eau)
3	Sac seul	100 ppm (10 g 100 l d'eau)
4	Fruc seul	10 ppm (1 g 100 l d'eau)
5	Fruc seul	100 m (10 g 100 l d'eau)

C. Calendrier des traitements

Sept traitements ont été initiés du 22 juin 2017 au 19 septembre dès la détection de la première infestation en date 21 juin 2017, avec un intervalle de 15 jours (**Tableau 8**).

Tableau 8. Calendrier des traitements

Traitement	Date
1 ^{ier}	22 Juin 2017
2 ^{eme}	07Juillet 2017
3 ^{eme}	22Juillet 2017
4 ^{eme}	06 Aout 2017
5 ^{eme}	21 Aout 2017
6 ^{eme}	05 Septembre 2017
7 ^{eme}	19 Septembre 2017

D. Echantillonnage et notations

L'évaluation des dommages pour chaque intervention a nécessité un échantillonnage qui s'est effectué sur une période de 12 semaines, du 22 juin 2017 au 19 septembre 2017. Pour ce, nous avons prélevé deux folioles de chaque plante à chacun de ses trois étages foliaires (apical, médian et basal), soit un total de 12 folioles par rapport aux trois niveaux foliaires, pour deux plantes par modalité. Au total, l'échantillonnage a impliqué 10 plantes par bloc (répétition), permettant l'observation de 180 folioles pour les cinq modalités avec

les trois répétitions. Chaque foliole échantillonnée a été minutieusement examinée au laboratoire pour compter le nombre des mines par foliole, les œufs et les larves, ainsi que les identifier. Notons que les surfaces des mines ont été calculées à partir de photos à l'aide du logiciel Archi-CAD.

II.4.2.7.3. Essai des traitements par les sucres sur les plants en pots au laboratoire

A. Dispositif expérimental

L'essai est aussi réalisé en bloc aléatoire complet à trois répétitions pour chaque traitement, où chaque unité expérimentale est représentée par un pot contenant un plant. Au total six modalités ont été comparées à un témoin, soit 21 pots répartis aléatoirement (**Figure 25**).

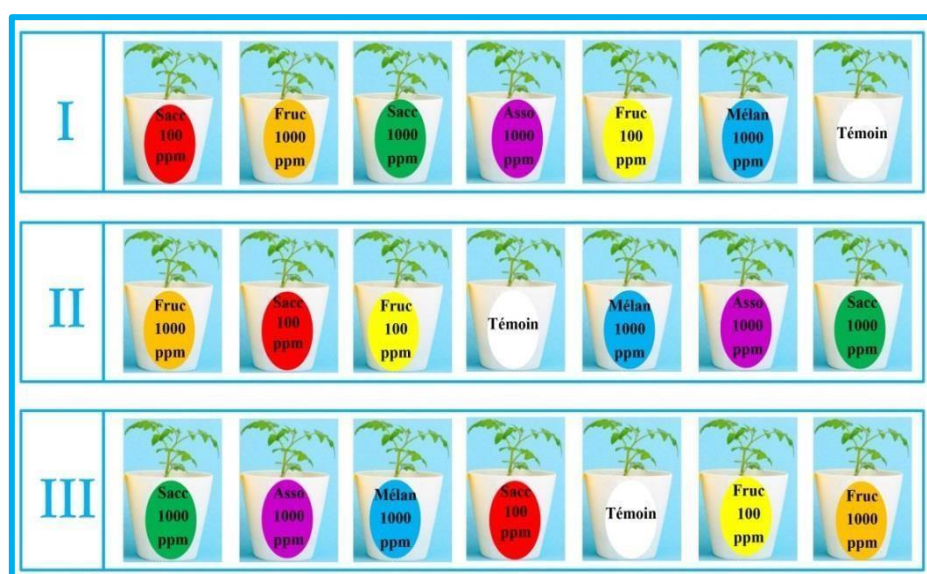









Figure 25. Schéma du dispositif expérimental (Variété Saada F1)
Dont : **I** : 1^{er} Bloc , **II** : 2^{ème} Bloc, **III** : 3^{ème} Bloc.

B. Modalités testées

Les modalités comprenaient : le saccharose et le fructose, qui ont été testés seuls, en mélange et en association. Concernant la modalité mélange, il consiste à appliquer les deux sucres mélangés dans le même récipient à la dose de 1000 ppm chacun. Alors que pour la modalité association, les deux sucres ont été appliqués à la même dose, 1000 ppm chacune, mais l'une après l'autre (**Tableau 9**).

Tableau 9. Modalités testées et doses appliquées

Modalités	Substance active	Produit	Dose
1 	Témoin	Eau	/
2 	Sacch seul	Sucre	100 ppm (10g.100 l d'eau)
3 	Sacch seul	Sucre	1000 ppm (100g 100 l d'eau)
4 	Fruct seul	Sucre	100 ppm (10g 100 l d'eau)
5 	Fruct seul	Sucre	1000 ppm (100g 100l d'eau)
6 	Mélange (Sacch+ Fruc)	Sucre	1000 ppm +1000 ppm
7 	Association (Sacch et Fruc)	Sucre	1000ppm et 1000ppm

C. Calendrier des traitements

Quatre traitements ont été réalisés tous les 15 jours au cours de notre expérimentation durant 8 semaines du 15 mai 2023 au 3 juillet 2023 (**Tableau10**).

Tableau 10. Calendrier des traitements

Traitement	Date
1^{ier}	15 Mai 2023
2^{eme}	29 Mai 2023
3^{eme}	12 Juin2023
4^{eme}	26 Juin 2023

D. Observations et notations

Chaque semaine durant la période expérimentale, étalé sur huit semaines du 15 mai 2023 au 03 juillet 2023, des observations visuelles et à la loupe portative ainsi que des notations ont été effectués sur l'entièreté de chaque plant du dispositif expérimental, visant le comptage du : i) nombre global des folioles atteintes par rapport aux folioles saines; ii) nombre des folioles atteintes par rapport aux folioles saines par étage foliaire (le plant a été divisé virtuellement en trois parties correspondant aux étages : basal, médian et apical) iii) le nombre de mines par foliole et le nombre des différents stades évolutifs présents.

II.4.2.8. Paramètres étudiés

1. Dynamique des populations adultes mâles de la mineuse
2. Durée de vie des quatre stades évolutifs de la mineuse
3. Taux moyen des dégâts de la mineuse total et par étage foliaire par modalité
4. Pourcentage moyen de surface foliaire attaquée (surface minée) global et par étage foliaire par modalités.
5. Abondance des stades larvaire globale et par étage foliaire par modalité
6. Efficacité Abbott des traitements (calculée selon la formule (**Abbott, 1925**) (modifié).

$$\text{Efficacité (\%)} = 100 \times (\text{Témoïn} - \text{Traité}) / \text{Témoïn}.$$

(Dont : To : % total des fruits attaqués dans la parcelle Témoïn
et Tt : % total des fruits attaqués dans la parcelle traitée).

II.4.3. Analyse statistique

Les données ont été analysées avec le logiciel Statistica 8. Une analyse de variance (ANOVA) à un facteur a été utilisée pour comparer les durées des stades, les taux d'infestation, les surfaces attaquées, l'abondance des stades et l'efficacité des traitements. Les tests LSD de Fisher et test de Kruskal-Wallis ont été appliqué pour les comparaisons multiples au seuil de significativité $\alpha = 0,05$. Les niveaux de significativité étaient : non significatif ($p > 0,05$), significatif ($p < 0,05$), hautement significatif ($p < 0,01$), très hautement significatif ($p < 0,001$). Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a également été réalisée pour explorer les corrélations entre température et développement de la mineuse.

II.5. Résultats et discussion

II.5.1. Suivi de la bio-écologie du ravageur sur deux variétés

II.5.1.1. Nombre de mâles adultes de *T. absoluta* capturés

Le suivi des populations adultes mâles de *T. absoluta* a été effectué à l'aide de pièges installés dans deux parcelles de tomates, des variétés Seyhan F1 et Lamantin F1, de début juin jusqu'à la mi-septembre, nous a permis de relever une moyenne hebdomadaire de captures, illustrée graphiquement (**Figure 26**).

L'effectif des adultes capturés mâles durant chaque génération, est reporté sur le tableau 11.

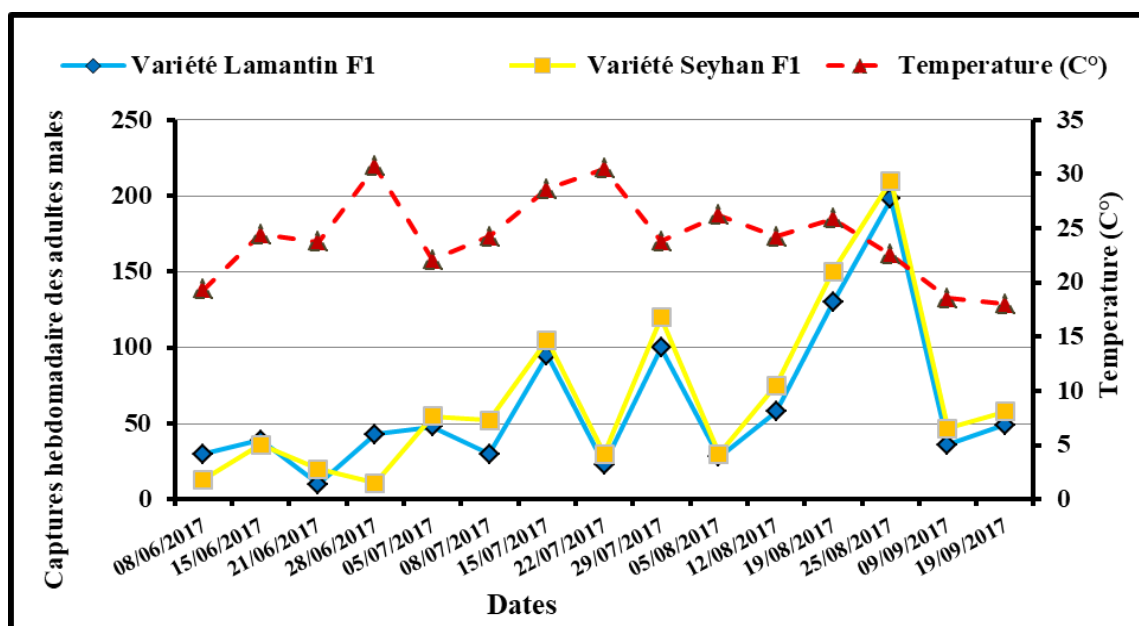


Figure 26. Déroulement du vol de *Tuta absoluta* pour les deux variétés.

Les résultats des captures, présentés sur la figure 26, indiquent que la mineuse des feuilles de tomate a donné lieu à quatre générations sur les deux variétés hybrides (Seyhan F1 et Lamantin F1) cultivées en plein champ.

Tableau 11. Effectif de captures par génération en fonction des températures pour les deux variétés.

Variétés Variables	Seyhan F1				LamantinF1			
	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
Période Génération	8 Juin à 29 Juin	29 Juin à 27 Juil	27 Juil au 10 Août	10 Août au 07Sep	8 Juin à 22 Juin	22 Juin à 27 Juil	27 Juil au 10 Août	10 Août au 07 Sep
Nombre de mâle capturé	86	258	180	512	79	249	151	450
T°C moy	24,5	27,2	26,8	23,5	22,5	26,6	26,8	23,5

Selon le tableau (11) et la figure (26), les adultes mâles capturés au cours des quatre générations ont généralement montré une progression temporelle, à l'exception de la troisième génération qui a connu une régression de ses effectifs pour les deux variétés.

Le pic de la première génération a été observé à la mi-juin, avec 36 papillons pour la variété Seyhan F1 et 39 individus pour la variété Lamantin F1. C'est au cours de la deuxième décennie de juillet que le pic de la deuxième génération est survenu, avec 105 captures pour

SeyhanF1 et 95 pour LamantinF1. La croissance de la population est constante et, dès le début d'août, nous observons l'apparition de la troisième génération avec 120 individus pour SeyhanF1 contre 100 pour LamantinF1. Enfin, vers la fin du mois d'août, nous avons enregistré le dernier pic avec 210 papillons pour SeyhanF1 et 198 papillons pour LamantinF1. Au cours des quatre générations de la variété SeyhanF1, un total de 1018 papillons mâles a été enregistré, qui dépasse le nombre comptabilisé pour la variété LamantinF1, qui a atteint 917 papillons (**Annexe 1**).

II.5.1.2. Durée des stades de développement de la mineuse

II.5.1.2.1. Durée d'incubation des œufs

La durée moyenne globale d'incubation des œufs prélevés sur la variété Seyhan F1 était de $5,1 \pm 0,84$ jours, oscillant entre un minimum de 2 jours, enregistré lorsque la température était de 35 °C , et un maximum de 8 jours, observé à une température de $15,9\text{ °C}$ (**Figure 27**) (**Annexe 2**).

La durée moyenne d'incubation des œufs chez la variété Lamantin F1 était proche de celle de la variété Seyhan F1, s'établissant à $4,95 \pm 1,01$ jour. La durée incubation minimale pour cette variété a été de 3 jours, à une température de 35 °C , tandis que la durée incubation maximale a été de 8 jours, à une température de $15,9\text{ °C}$ (**Figure 28**) (**Annexe 3**).

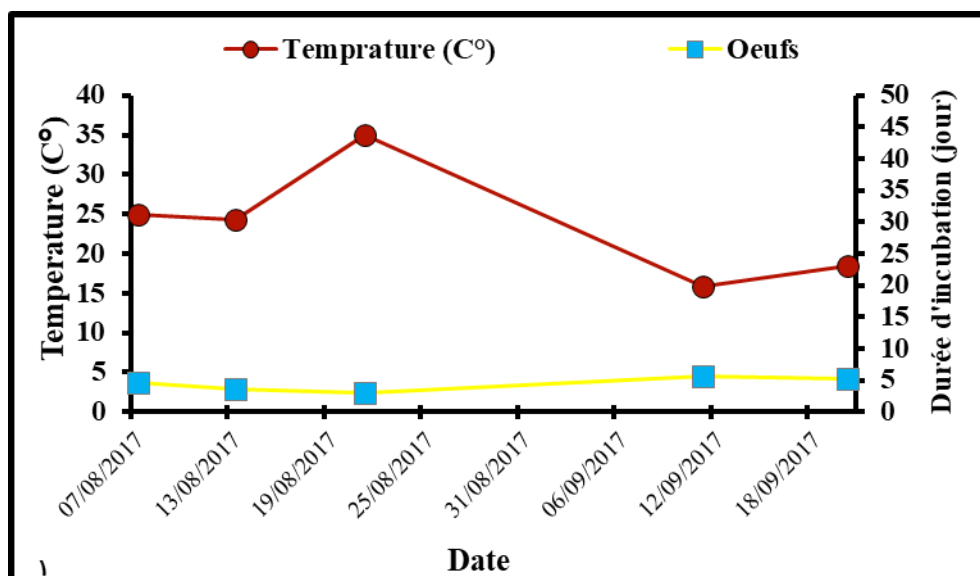


Figure 27. Durée moyenne d'incubation des œufs de *T. absoluta* en fonction de la température pour la variété Seyhan F1

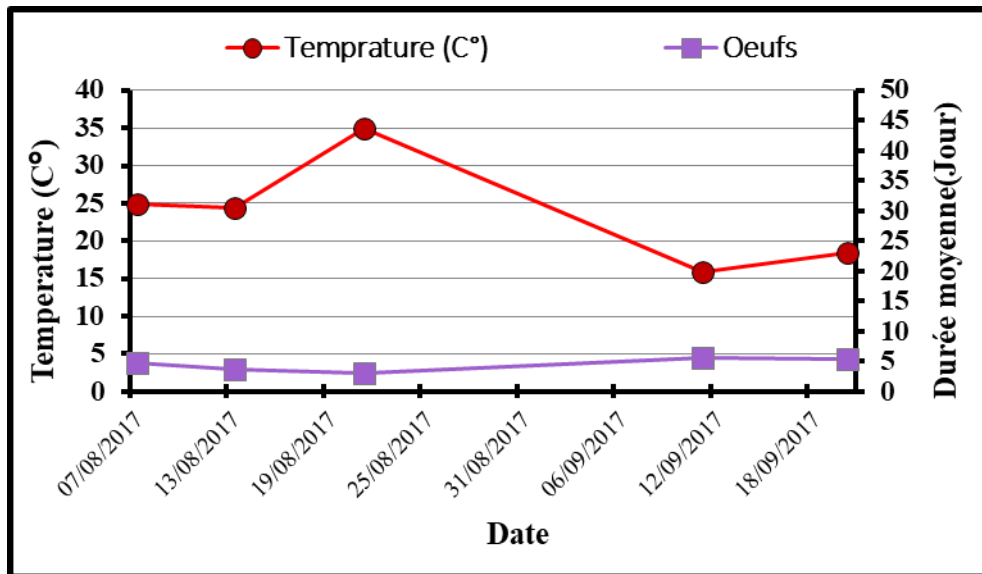


Figure 28. Durée moyenne d'incubation des œufs de *T. absoluta* en fonction de la température pour la variété Lamantin F1.

II.5.1.2.2. Durée de développement des stades larvaires

Concernant la variété Seyhan F1, l'analyse des résultats a révélé que la durée moyenne totale de développement des stades larvaires augmente avec l'âge des stades, avec des valeurs de $4,11 \pm 0,5$ jour pour L1 ; $5 \pm 0,63$ jour pour L2 ; $5,8 \pm 0,72$ jour pour L3 et $6,19 \pm 0,59$ jour pour L4.

En ce qui concerne leur développement en fonction de la température, comme le montre la figure (29), à 35 °C la température maximale atteinte lors de l'expérimentation, la durée moyenne du stade L1 était de deux jours. Les stades L2 et L3 ont requis une période de trois jours, tandis que le stade L4 a nécessité quatre jours.

Toutefois, à une température réduite de 15,9 °C, la durée de développement a augmenté. Les valeurs observées étaient de 6 jours pour le stade L1, 7,5 jours pour le L2, et les stades L3 et L4 ont atteint une durée de 8 jours.

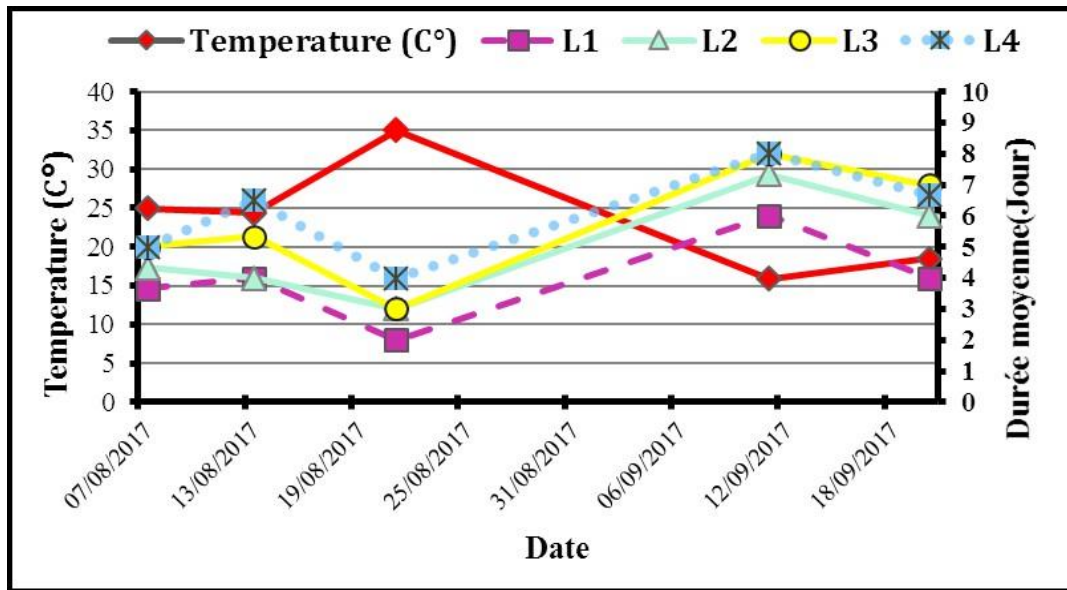


Figure 29. Durée des stades larvaires de *T. absoluta* en fonction de la température chez la variété Seyhan F1.

Pour la variété Lamantin F1, on observe également une prolongation de la durée des stades larvaires avec leur vieillissement. Les durées enregistrées étaient de $4,22 \pm 0,96$ jours pour L1, $4,37 \pm 1,3$ jours pour L2, $5,56 \pm 0,5$ jours pour L3 et $8,44 \pm 0,5$ jours pour L4. Leur réponse à la température, visible sur la figure (33), indique qu'à 35 °C, les deux premiers stades L1 et L2 duraient trois jours, celle du stade L3 était de 5 jours et celle du stade L4 de 8 jours. À une température de 15,9 °C, la durée des stades L1 et L2 était de 5,3 jours chacun, celle du stade L3 de 6 jours et celle du stade L4 de 8,3 jours, une valeur comparable à celle observée pour la variété Seyhan F1 (Figure 30).

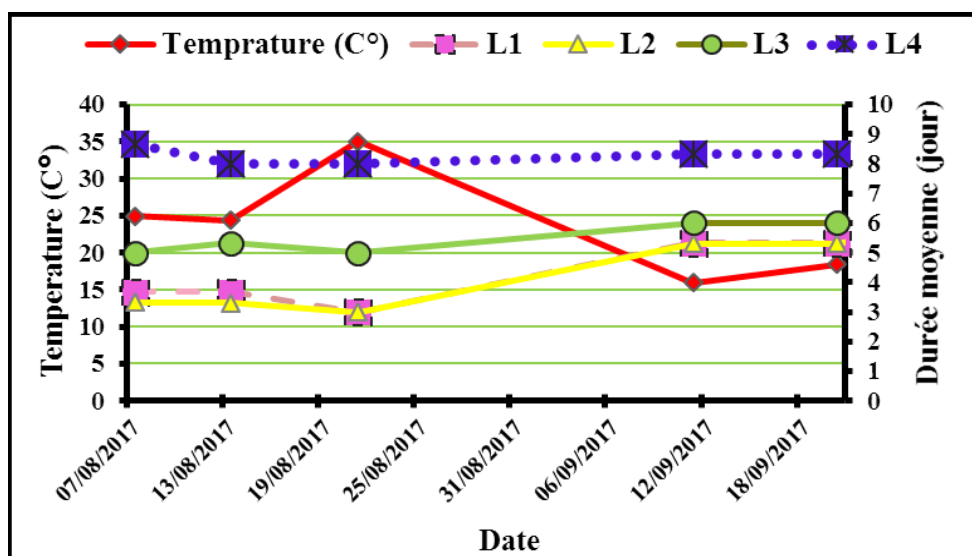


Figure 30. Durée des stades larvaires de *T. absoluta* en fonction de la température chez la variété Lamantin F1

La figure (31) présente les courbes de la durée larvaire totale moyenne en fonction de la température pour les deux variétés. Ces courbes montrent une évolution similaire : la durée larvaire diminue généralement lorsque la température augmente et s'allonge lorsqu'elle baisse.

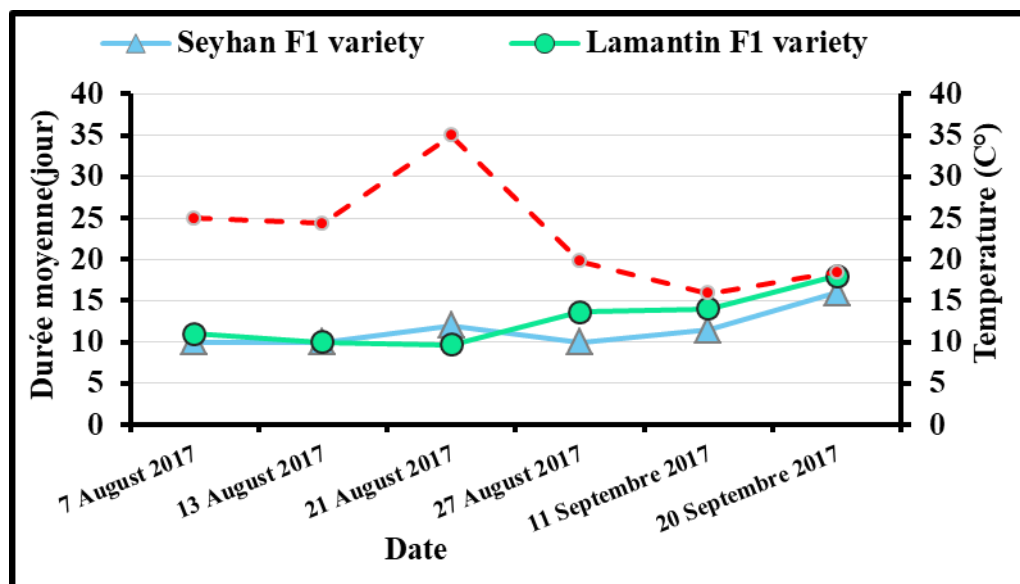


Figure 31. Durée des stades larvaires de *T. absoluta* en fonction de la température pour les variétés Seyhan F1 et Lamantin F1

II.5.1.2.3. Longévité des chrysalides et des adultes

A. Longévité des chrysalides

La longévité moyenne des chrysalides pour les deux variétés a montré une variation négligeable, la variété Seyhan F1 affichant $8,8 \pm 0,77$ jours contre $9,22 \pm 0,74$ jours pour la Lamantin F1 (Annexes 2 et 3).

L'analyse des courbes de longévité des chrysalides en fonction de la température a révélé une absence de différence à haute température (35 °C), avec des moyennes de 9,33 jours pour la Seyhan F1 et 9,5 jours pour la Lamantin F1. En revanche, à une température de 15,9 °C, un écart de deux jours a été observé, la longévité étant de 10,6 jours pour la Seyhan F1 contre 8,5 jours pour la Lamantin F1 (Figure 32).

B. Longévité des adultes

La longévité moyenne des adultes pour les deux variétés a présenté un écart de 1,43 jour. Les adultes de la variété Seyhan F1 ont vécu en moyenne $11,58 \pm 0,95$ jours, contre $12,72 \pm 3,16$ jours pour ceux de la Lamantin F1.

En fonction de la température, un écart de longévité de 2,5 jour a été constaté entre les variétés, tant à haute qu'à basse température. À 35 °C, la longévité moyenne était de 12 jours

pour la Seyhan F1 contre 9,67 jours pour la Lamantin F1. À 15,9 °C, la longévité des adultes de la Lamantin F1 atteignait 14 jours, dépassant celle de la Seyhan F1 (11,5 jour) (Figure 33).

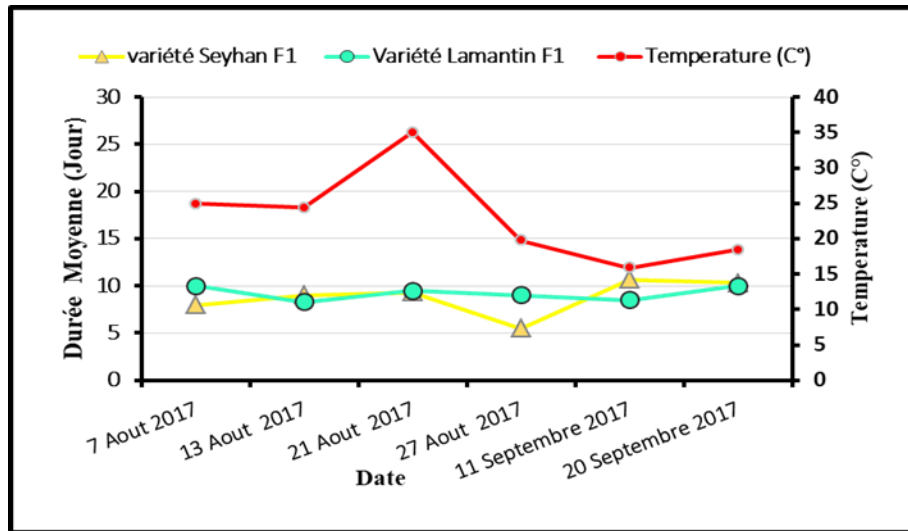


Figure 32. Longévité des chrysalides de *T. absoluta* en fonction de la température pour les deux variétés.

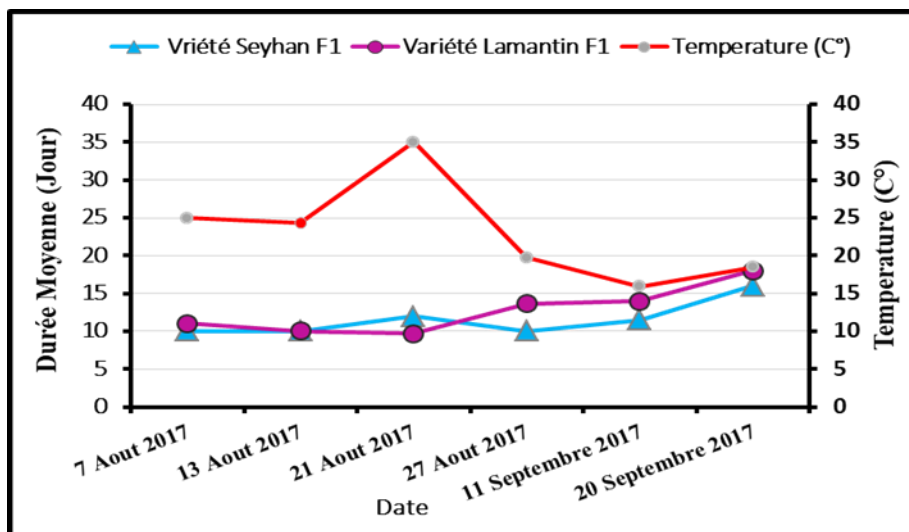


Figure 33. Longévité des adultes de *T. absoluta* en fonction de la température pour les deux variétés.

II.5.1.2.4. Durée de vie moyenne des quatre stades de développement

Les figures (34) et (35), qui comparent la durée des stades de développement de la mineuse sur les variétés Seyhan F1 et Lamantin F1, montrent que le cycle de développement de la variété Seyhan F1 est plus court, avec une durée moyenne totale de $46,63 \pm 3,86$ jour. Cette brièveté est particulièrement notable pour le dernier stade larvaire (L4 : $6,19 \pm 0,59$ jours), les chrysalides ($8,8 \pm 0,77$ jour) et les adultes ($11,59 \pm 0,95$ jour). D'autre part, la

variété Lamantin F1 présente un cycle de vie plus long, avec une durée moyenne totale de $49,03 \pm 2,78$ jour, en raison d'une longévité accrue pour les stades L4 ($8,44 \pm 0,5$ jour), chrysalides ($9,22 \pm 0,74$ jour) et adultes ($12,72 \pm 3,16$ jour).

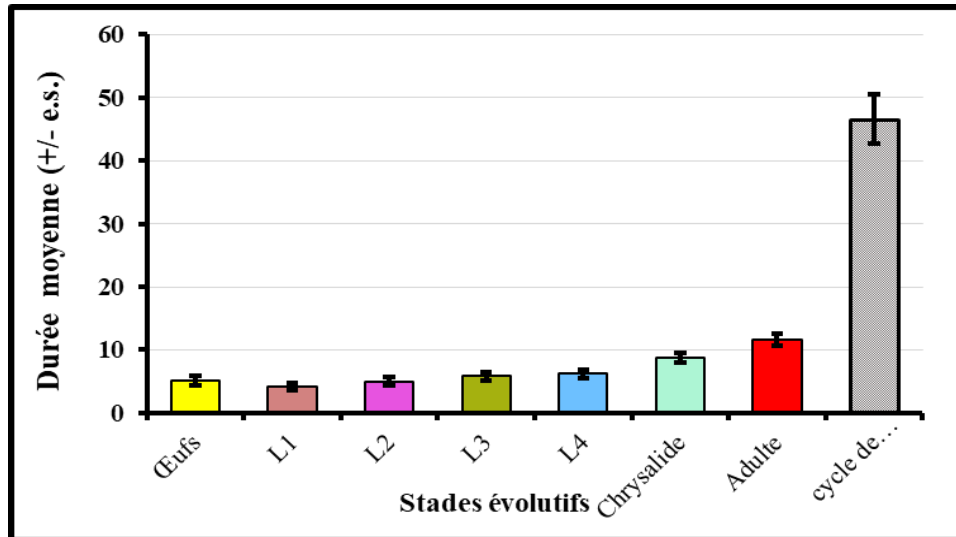


Figure 34. Cycle de vie de *Tuta absoluta* sur Seyhan F1.

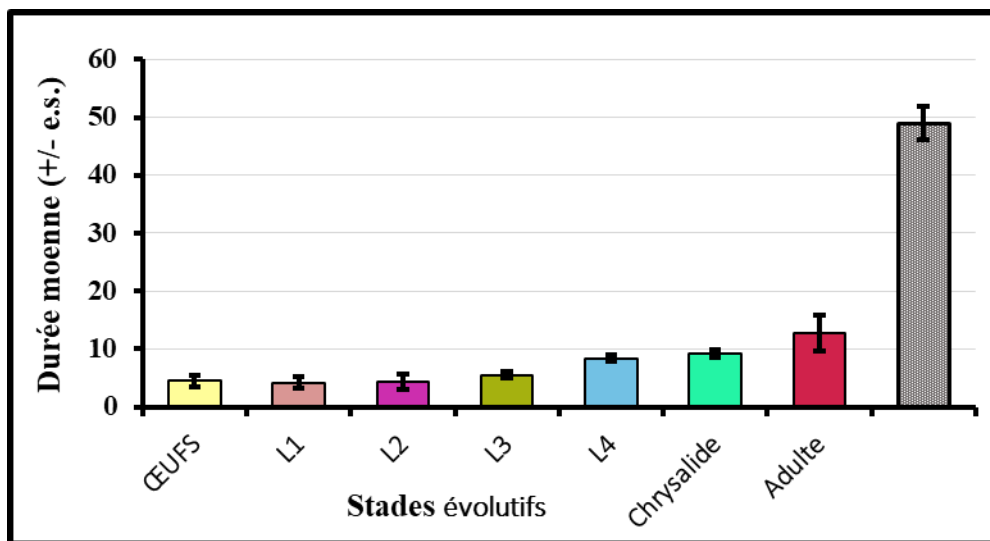


Figure 35. Cycle de vie de *Tuta absoluta* sur Lamantin F1.

La figure (36) présente le plan factoriel 1-2 de l'Analyse en Composantes Principales (ACP), visualisant les corrélations entre les stades de développement de *T. absoluta* et les conditions de température pour les variétés Seyhan F1 et Lamantin F1. La pertinence de cette analyse est confirmée par le test de sphéricité de Bartlett ($p < 0,05$), indiquant que les données sont appropriées pour une réduction de dimensionnalité.

L'ACP révèle une structuration marquée des données. Les chrysalides et les adultes montrent une corrélation positive forte avec la température, se positionnant du même côté de

l'axe (généralement à droite). Cela indique que ces stades sont fortement influencés par les conditions thermiques. À l'inverse, les premiers stades larvaires (L1 et L2) présentent une corrélation plus faible, se situant à l'opposé (généralement à gauche). Une tendance évolutive est observable pour les stades larvaires : les stades L3 et L4, plus matures, se rapprochent de la température, suggérant une sensibilité thermique accrue chez les larves âgées.

La comparaison variétale montre un positionnement distinct. Les individus (chrysalides et adultes) de la variété Seyhan F1 sont plus proches du vecteur de température sur le graphique, ce qui suggère un développement plus rapide de *T. absoluta* sur cette variété en conditions chaudes. En revanche, la variété Lamantin F1 se situe dans le quadrant opposé (inférieur gauche), indiquant une dynamique de population différente et une relation plus atténuée avec la température.

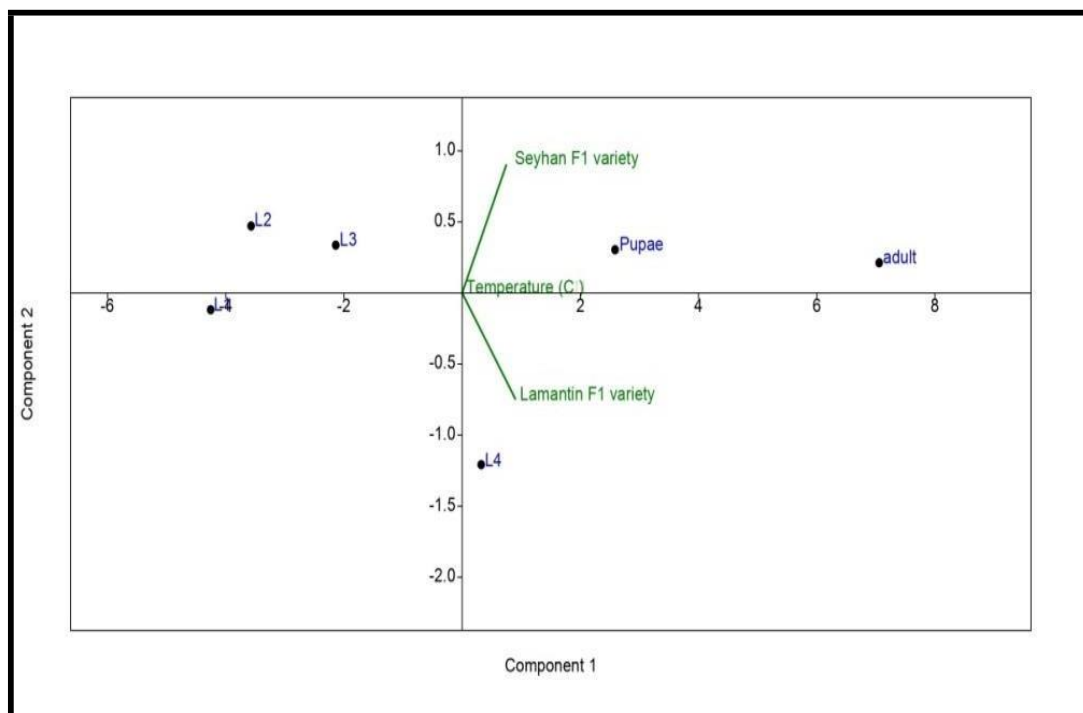


Figure 36. Diagramme biplot ACP de la matrice de corrélation du taux de développement des différents stades de *Tuta absoluta* chez les deux variétés Seyhan F1 et Lamantin F1

II.5.2. Discussion

La mineuse de la tomate représente une menace phytosanitaire majeure, capable de provoquer des pertes totales dans les cultures de tomates, tant en plein champ que sous abri (Desneux et al., 2010). Une compréhension approfondie de la dynamique des populations de ce ravageur en conditions réelles constitue donc une étape fondamentale pour l'élaboration de stratégies de lutte efficaces (Sylla, 2018). Cet insecte polyvoltin peut en effet produire jusqu'à

douze générations annuelles se chevauchant (OEPP, 2005 ; Margarida, 2008). Comme l'ont souligné Krechmer et Foerster (2017), les paramètres biodémographiques, tels que la survie et la longévité, ainsi que l'activité générale des insectes, incluant *T. absoluta*, sont fortement influencés par la plante hôte et les conditions climatiques, particulièrement la température. D'autres facteurs, tels que la présence de prédateurs, la flore adventice et les pratiques culturales, ont également un rôle (Drouai et al., 2016 ; Bacci et al., 2021).

Nos résultats, issus du piégeage des mâles adultes sur les deux hybrides Seyhan F1 et Lamantin F1 du 08/06/2017 au 19/09/2017, ont mis en évidence quatre pics de captures, correspondant à quatre générations successives. Cette observation rejoint la variabilité rapportée dans la littérature ; Mahdi et Doumandji (2013), indiquent que le nombre de générations de *T. absoluta* fluctue selon les régions et les conditions climatiques. En Algérie, différentes études ont ainsi rapporté entre trois et sept générations annuelles. Par exemple, Khellaf (2011), a observé quatre générations sous serre à Staoueli, tandis que des études à Biskra ont enregistré cinq (Saad et Sayah, 2013). Ou trois générations (Zeguerrou et Badache, 2012 ; Allache et al., 2012). À l'opposé, ALILI et al. (2014), ont constaté jusqu'à sept générations sous serres insect-proof à Fouka marine.

Nous avons par ailleurs démontré une relation positive entre le nombre de captures et la température pour les deux premières générations, ce qui corrobore les conclusions de Guénaoui (2008), sur le rôle régulateur de la température. La baisse de densité observée lors de la troisième génération pourrait s'expliquer par un chevauchement avec la fin de la génération précédente. En revanche, la quatrième génération a montré un rebond important, culminant à 512 et 450 individus pour Seyhan F1 et Lamantin F1 respectivement. Bien que la température ait alors baissé à 23,5°C, elle demeurerait favorable au ravageur, le seuil de surveillance critique se situant au-dessus de 22°C selon Lacordaire et Feuvrier (2010), cette expansion démographique tardive suggère l'influence d'un autre facteur clé : le stade phénologique de la plante hôte. En effet, cette période coïncide avec une phase de développement végétatif intense de la tomate, fournissant une nourriture abondante, comme l'ont également observé Krid et Messati (2013)., ainsi, les fluctuations des populations sont conditionnées à la fois par les modifications quantitatives et qualitatives du feuillage nourricier.

Une différence marquée de densité populationnelle a été enregistrée entre les deux variétés, avec un total de 1018 mâles piégés sur Seyhan F1 contre 917 sur Lamantin F1. Cette divergence suggère l'existence d'une résistance variétale différentielle. Gharekhani et Salek-Ebrahimi (2014), ont en effet montré que la variété de tomate affecte la durée de

développement et la taille des adultes de *T. absoluta*. De même, **Allache et al. (2017)**, ont établi que la densité du ravageur est influencée à la fois par la température et par la variété cultivée.

L'analyse des stades de développement confirme l'effet combiné de la température et de la variété. La durée d'incubation a varié de $8 \pm 1,15$ jour à $15,9^{\circ}\text{C}$ à $2 \pm 0,00$ jour à 35°C pour Seyhan F1, et de $5,67 \pm 0,33$ jour à $3,58 \pm 0,58$ jour pour Lamantin F1. Ces résultats sont cohérents avec ceux de **Mahdi et Doumandji (2013)** et **Coelho et Franca (1987)**, qui rapportent tous une diminution de la durée d'incubation avec l'augmentation de la température. Le développement larvaire a également montré une variation significative en fonction de la température et de la variété, avec des durées totales de $29,33 \pm 2,06$ jours à $15,9^{\circ}\text{C}$ contre $12 \pm 2,3$ jours à 35°C pour une variété, et $24,99 \pm 2,44$ jours contre $19,33 \pm 1,68$ jour pour l'autre. Cette tendance est en accord avec les observations d'**Estay (2000)** et de **Mahdi et Doumanji (2013)**, qui ont noté un allongement de la durée larvaire à basse température. **Schoen (2008)**, souligne que ces fluctuations sont principalement pilotées par la disponibilité alimentaire et les facteurs climatiques.

La durée de nymphose est restée similaire entre les deux variétés (Seyhan : $8,8 \pm 0,77$ jours ; Lamantin : $9,22 \pm 0,74$ jours) et n'a pas montré de variation significative avec la température dans nos conditions expérimentales. Ces durées sont plus courtes que celles rapportées par **Mahdi et Doumanji (2013)** et **Coelho et Franca (1987)** à des températures inférieures à 15°C , où la nymphose peut s'étendre sur plus d'un mois. La longévité des adultes était également proche entre les variétés (Seyhan : $11,55 \pm 0,95$ jour ; Lamantin : $12,72 \pm 3,16$ jours). Cependant, la variété Lamantin F1 a montré une sensibilité à la température, avec une longévité prolongée de $14 \pm 1,15$ jour à $15,9^{\circ}\text{C}$ contre $9,67 \pm 0,27$ jours à 35°C . Ces données cadrent avec les fourchettes de 6 à 15 jours et de 7 à 18 jours rapportées respectivement par **Ester et al. (2001)** et **Boualem et al. (2011)**.

La durée totale du cycle de développement, de l'œuf à l'adulte, a été influencée à la fois par la variété et la température. Le cycle sur Seyhan F1 ($46,63 \pm 3,86$ jours) a été plus court que sur Lamantin F1 ($49,03 \pm 2,78$ jours), confirmant que certaines variétés peuvent prolonger le cycle de l'insecte (**Gontijo-Lebory et al., 1999**). Comme attendu, une température de 35°C a accéléré le développement ($35,66 \pm 1,35$ jour pour SeyhanF1 ; $41,67 \pm 0,27$ jours pour LamantinF1) comparé à $15,9^{\circ}\text{C}$ ($59,7 \pm 0,33$ jour et $56,67 \pm 1,15$ jour respectivement). Cette tendance générale est cohérente avec les travaux d'**Estay (2000)**. L'ensemble de ces résultats suggère que la variété Lamantin F1 pourrait présenter un certain niveau de résistance ou être moins attractive pour *T. absoluta* comparée à la Seyhan F1. Cette

différence pourrait s'expliquer par des facteurs constitutifs de la plante. **Desneux et al. (2010)** et **Silva et al. (2011)** ont en effet montré que certaines variétés produisent des composés répulsifs (comme les glycoalcaloïdes) ou possèdent une densité plus élevée de trichomes glandulaires sécrétant des substances défensives, réduisant ainsi leur attractivité pour la mineuse.

Nous pouvons dire que nos résultats, appuyés par les analyses statistiques (ANOVA, ACP), valident et consolident les connaissances antérieures. Ils confirment que la température et les caractéristiques de la plante hôte sont les facteurs déterminants du développement de *T. absoluta*. L'augmentation des températures accélère son cycle biologique, particulièrement pour les stades avancés (L3, L4, chrysalides, adultes), qui semblent plus sensibles que les jeunes larves (L1, L2), conformément aux observations d'**Urbaneja et al. (2012)**. Les différences variétales, comme une croissance plus rapide sur Seyhan F1 ou une résistance plus marquée chez Lamantin F1 en accord avec les travaux de **Desneux et al. (2010)**, jouent un rôle crucial. Ces insights sont déterminants pour le choix variétal et la mise en œuvre de la lutte intégrée, privilégiant des variétés comme Lamantin F1 pour réduire la pression parasitaire, comme le recommandent **Sridhar et al. (2014)**.

II.5.3. Essai des traitements par les sucres sur plants en plein champs

II.5.3.1. Evaluation des dégâts par modalité

II.5.3.1.1. Infestation totale moyenne

Les taux moyens totaux d'infestation par modalité, reportés sur la figure (40), démontrent que la pulvérisation foliaire de saccharose à 100 ppm a donné un taux d'infestation moyen d'environ $12,66 \pm 3,19$ %. Cette valeur n'était cependant pas significativement différente de celle de la modalité témoin ($11,88 \pm 1,31$ %). En revanche, les traitements utilisant les autres sucres - saccharose à 10 ppm, fructose à 10 ppm et fructose à 100 ppm - ont induit des taux d'attaques supérieurs à celui de la modalité non traitée (**Figure 37**). Malgré cela, et compte tenu des différences de taux d'infestation entre les traitements observées lors des séries d'évaluation, l'analyse de variance suivie du test de Fisher ($p < 0,05$) n'a pas montré de différences significatives entre ces modalités.

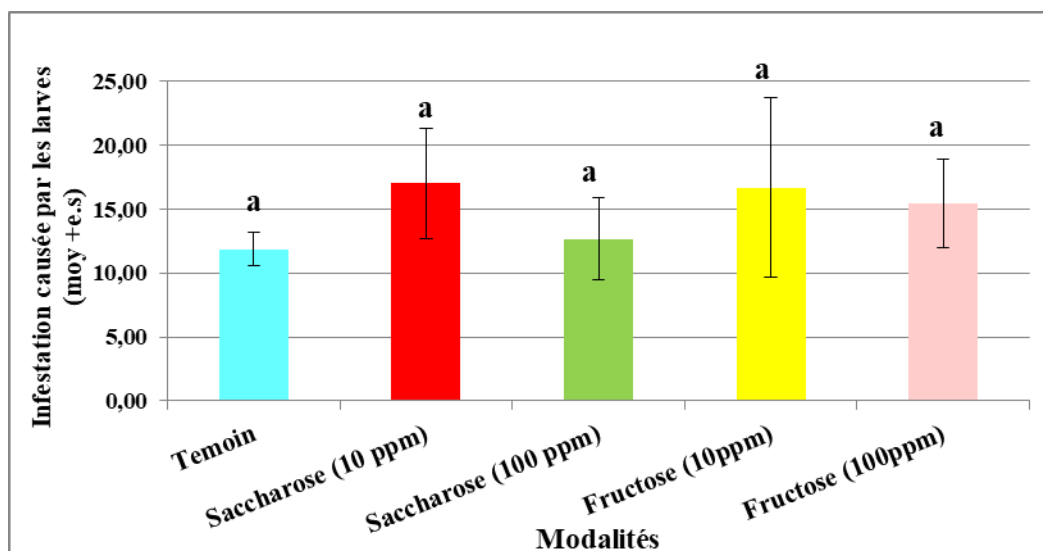


Figure 37. Taux moyen d'infestation des folioles par les larves de *Tuta absoluta*.

II.5.3.1.2. Evolution temporelle de l'infestation

La progression temporelle des infestations a montré des variations et une certaine instabilité pour les différentes modalités. De manière générale, les taux d'infestation étaient plus élevés que celui du témoin, à l'exception de la modalité fructose à 10 ppm au cours des trois premières semaines (du 22/06/2017 au 22/07/2017) et de la modalité saccharose à 100 ppm pendant trois semaines consécutives (du 22/07/2017 au 19/08/2017), périodes durant lesquelles des taux inférieurs à celui du témoin ont été observés (Figure 38).

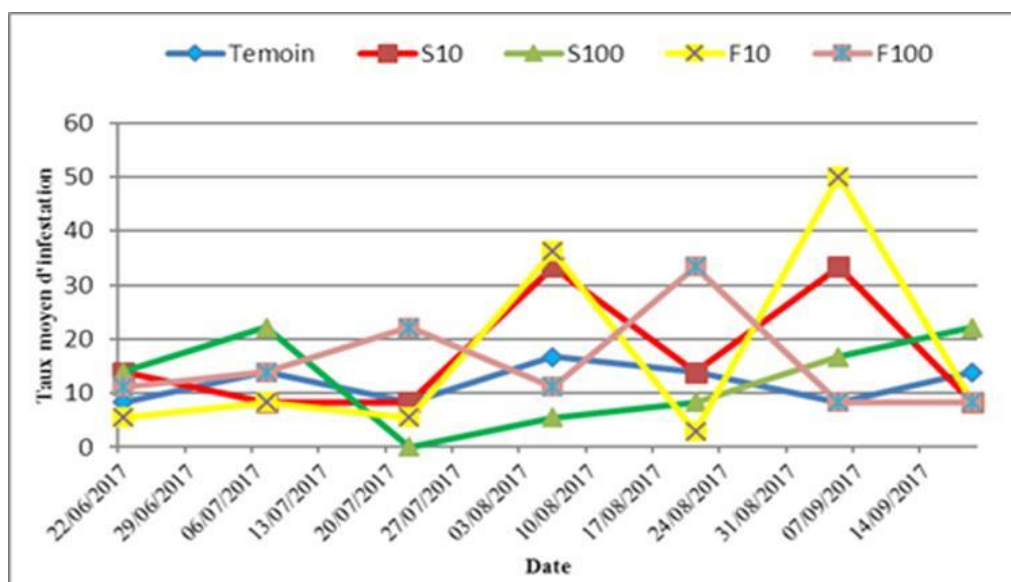


Figure 38. Evolution temporelle du taux des infestations foliaires.

II.5.3.2. Pourcentage moyen de surface foliaire attaquée global, par étage foliaire et par modalités

II.5.3.2.1. Pourcentage moyen global de surface foliaire attaquée par modalités

La figure (39) montre que les applications de saccharose aux doses de 100 ppm et 10 ppm ont maintenu des surfaces foliaires minées moyennes de $0,82 \pm 0,32$ % et $0,86 \pm 0,20$ %, respectivement. Ces valeurs ne présentent pas de différence statistiquement significative avec celle du témoin ($0,80 \pm 0,30$ %), selon le test de Kruskal-Wallis ($p = 0,157$; $\varepsilon^2 = 0,189$).

Par ailleurs, l'application de fructose aux deux doses (10 ppm et 100 ppm), n'a pas montré d'effet significatif, avec des valeurs respectives de $0,92 \pm 0,34$ % et $1,11 \pm 0,28$ %, qui ne diffèrent non plus statistiquement de la modalité témoin ($p = 0,157$).

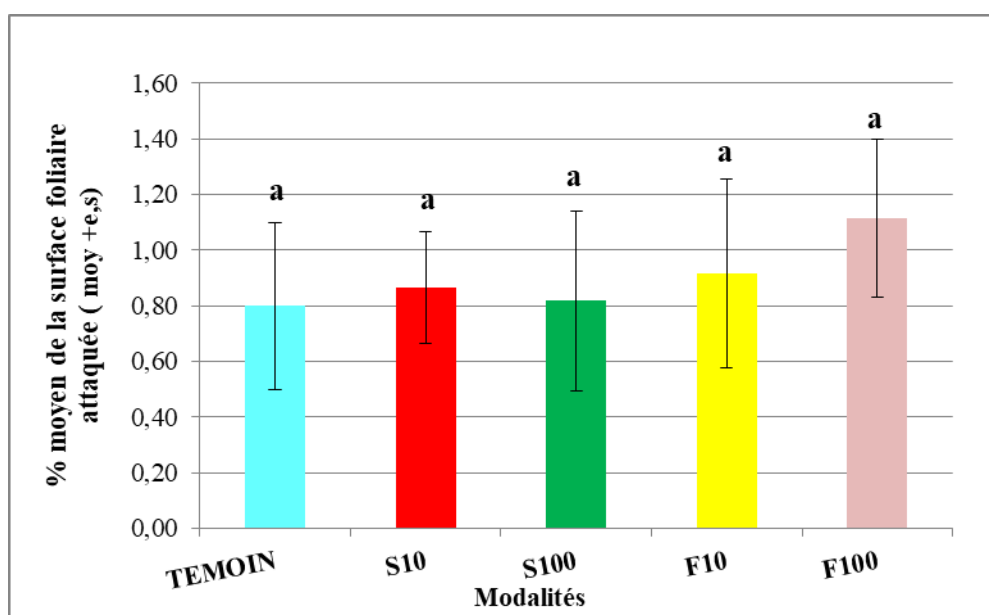


Figure 39. Pourcentage moyen global de surface foliaire attaquée.

II.5.3.2.2. Pourcentage moyen de surface foliaire attaquée par étage et par modalité

La figure (40) indique que l'analyse statistique utilisant l'ANOVA et le test de Kruskal-Wallis ne révèle aucune différence significative du pourcentage moyen de surface attaquée entre les trois étages foliaires (basal, médian et apical) pour l'ensemble des modalités (ANOVA, $p = 0,525$; Kruskal-Wallis, $p = 0,809$).

Au niveau basal, le pourcentage de surface foliaire affectée a été réduit à $0,60 \pm 0,44$ % avec l'application de saccharose à 100 ppm. À l'inverse, une augmentation a été observée avec le saccharose à 10 ppm ($1,22 \pm 0,44$ %) et le fructose à 100 ppm ($1,31 \pm 0,37$ %). Les valeurs pour le témoin et le fructose à 10 ppm étaient proche, respectivement de $0,91 \pm 0,48$ % et $0,90 \pm 0,37$ %.

Au niveau médian, les pourcentages de surface foliaire attaquée pour la plupart des traitements (saccharose à 10 et 100 ppm, fructose à 10 ppm) étaient presque similaires à celui de la modalité non traitée. Cependant, l'application de fructose à 100 ppm a entraîné un pourcentage significativement plus élevé.

Pour l'étage apical, le traitement au saccharose à 10 ppm a présenté un pourcentage de surface affectée moindre de ($0,88 \pm 0,44$ %) comparé au témoin ($1,25 \pm 0,51$ %). À l'opposé, le saccharose à 100 ppm a enregistré un pourcentage plus ou moins élevé ($1,69 \pm 0,62$ %), tandis que le fructose à 100 ppm était comparable au témoin. Une analyse statistique complémentaire a par ailleurs révélé que le saccharose à 100 ppm réduisait significativement les dégâts de 25 % par rapport au témoin ($p < 0,01$; $d = 1,23$), tandis que le fructose les augmentait de 64 % ($p < 0,05$).

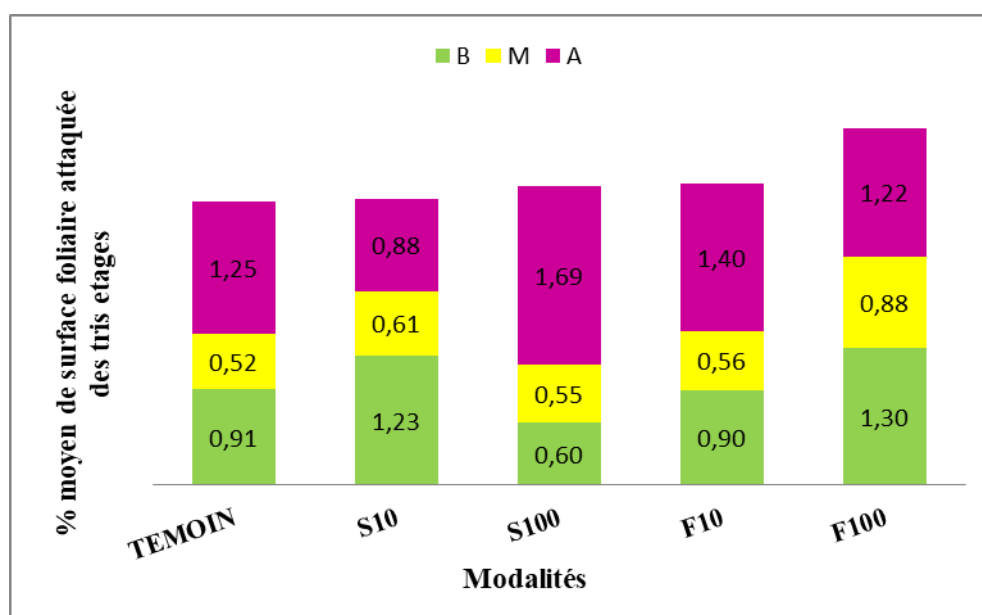


Figure 40. Pourcentage moyen de surface foliaire attaquée par étage

II.5.3.3. Abondance des stades larvaire

II.5.3.3.1. Abondance totale des stades larvaire par modalités

Le tableau (12) synthétise les principaux résultats de cette étude. L'analyse statistique par le test de Kruskal-Wallis révèle que l'abondance des larves aux stades L1 et L2 n'est pas affectée de manière significative par le type ou la concentration de sucre appliqué. En revanche, des différences significatives sont observées aux stades L3 et L4 en fonction de la dose de sucre, avec des valeurs de p respectives de 0,01 et 0,05.

Tableau 12. Variation de l'abondance des différents stades larvaires (L1, L2, L3, L4) par modalité

Stades	Témoin	Saccharose	Saccharose	Fructose	Fructose		
		10 ppm	100 ppm	10ppm	100ppm		
Surface foliaire attaquée (mm²)							
	0,09	0,11	0,08	0,10	0,13		
Abondance larvaire						P	R²
L1	0,29	0,38	0,38	0,24	0,19	0,37	0,26
L2	0,24	0,24	0,24	0,19	0,10	0,88	0,007
L3	0,24	0,10	0,10	0,19	0,05	0,008	0,92
L4	0,11	0,14	0,14	0,29	0,10	0,05	0,76

R² correspond au modèle respectif (les chiffres en gras indiquent la significativité du modèle avec $p < 0,05$).

II.5.3.3.2. Abondance relative des stades larvaires par étage foliaire et par modalités

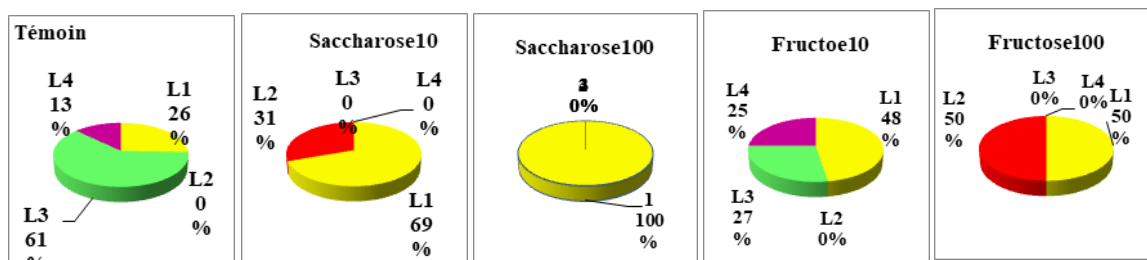
La figure (41) révèle des différences nettes dans l'abondance des quatre stades larvaires entre les différentes modalités de traitement et entre les trois étages foliaires.

Au niveau de l'étage basal, les modalités saccharose 10 ppm et fructose 10 ppm ont réduit l'abondance des stades néonataux L1 et L2 par rapport au témoin. La modalité fructose 100 ppm a présenté une dominance exclusive du stade L1, qui a atteint 100 % de présence, les autres stades étant absents.

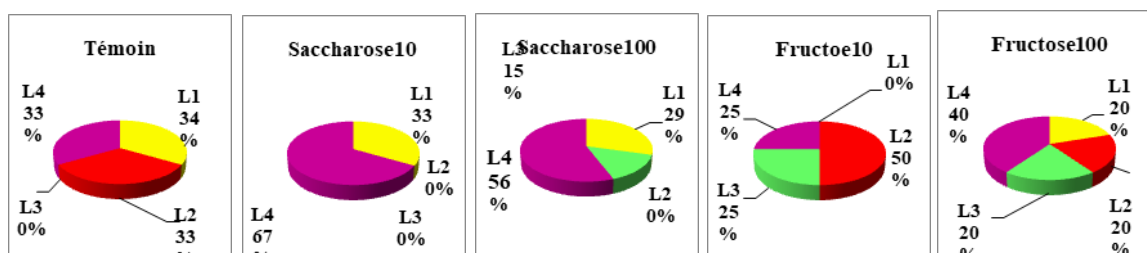
À l'étage médian, une réduction, voire une absence, des stades L1, L2 et L3 a été observée pour les modalités saccharose (10 et 100 ppm) et fructose 100 ppm comparativement au témoin. En revanche, le stade L4 y était dominant et a présenté un pourcentage supérieur à celui du témoin. La modalité fructose 10 ppm a montré une abondance larvaire proche de celle du témoin.

Au niveau de l'étage apical, les traitements au saccharose (10 et 100 ppm) ont de nouveau réduit ou éliminé les stades L1, L2 et L3, bien que le stade L1 soit resté le plus représenté. Les traitements au fructose (10 et 100 ppm) n'ont réduit respectivement que les stades L2, L3 et L4.

Etage apical



Etage médian



Etage basal

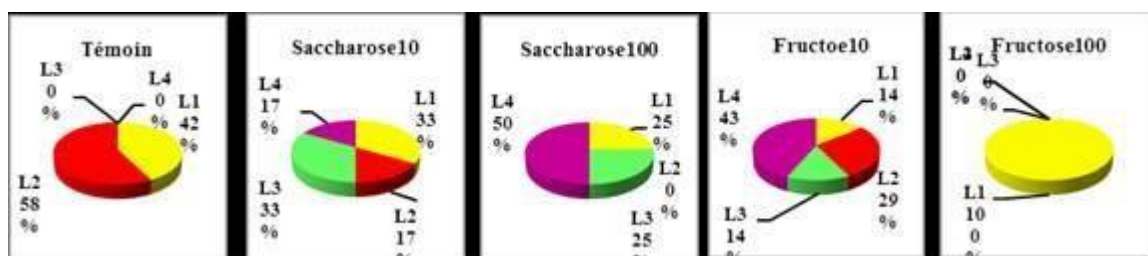


Figure 41. Abondance relative des stades évolutifs par modalité et par étage foliaire.

II.5.4. Discussion

La gestion de *Tuta absoluta* reste un défi critique pour la filière tomate mondiale, des infestations non maîtrisées pouvant causer des pertes de rendement atteignant 80 %. (Nofemela *et al.*, 2018 ; Ruesca *et al.*, 2010 et Ruesca *et al.*, 2010). Si la lutte chimique constitue l'approche traditionnelle, elle génère d'importantes préoccupations environnementales et favorise l'émergence de résistances (Desneux *et al.*, 2011). Le développement urgent de stratégies alternatives, conformes aux principes de la Protection Intégrée (PI), est donc nécessaire, privilégiant la durabilité écologique et l'efficacité à long terme. Notre étude sur l'application foliaire de sucres comme méthode de contrôle propose une piste prometteuse et respectueuse de l'environnement. Les résultats préliminaires sont encourageants et suggèrent un potentiel d'intégration dans les programmes de PI. Cette

stratégie est d'autant plus pertinente qu'elle répond à la demande croissante des consommateurs pour des produits sans résidus de pesticides et à un cadre réglementaire de plus en plus strict concernant les pesticides de synthèse (**Pretty et Bharucha, 2015**).

Nos résultats expérimentaux indiquent que le taux d'infestation est passé de 11,88 % dans le groupe témoin à 12,66 % avec une application de saccharose à 100 ppm, bien que cette différence ne soit pas statistiquement significative (ANOVA, test de Fisher ; $p > 0,05$).

Cet effet modéré étaye l'hypothèse selon laquelle une pulvérisation de sucre pourrait perturber le comportement alimentaire des larves, peut-être en créant un film collant limitant leur mobilité (**Almeida et al., 2022**). Ce mode d'action, physique ou biochimique, présente l'avantage d'un risque plus faible d'induction de résistance comparé aux insecticides neurotoxiques, auxquels les ravageurs s'adaptent souvent rapidement (**Naceri et al., 2025**). À l'inverse, les applications de fructose ont accru l'infestation, agissant comme un phagostimulant (**Karley et al., 2021**), ce qui souligne l'importance cruciale du type de sucre utilisé. Ces effets contrastés pourraient résulter de différences dans la perception gustative des sucres par l'insecte (**Simpson et al., 2005**). Ils sont cohérents avec des études antérieures montrant que des solutions sucrées peuvent réduire le taux de survie larvaire de 30 à 40 % et potentiellement interférer avec la ponte. (**Gonzalez et al., 2021 et Almeida et al., 2022**).

Un atout majeur de cette méthode est son profil environnemental favorable. Contrairement aux insecticides conventionnels, le sucre présente une faible toxicité pour les auxiliaires et les organismes non cibles, préservant ainsi les populations de prédateurs et parasitoïdes indispensables à une PI durable (**Dicke et al., 2021**). Cette innocuité relative rend les pulvérisations de sucre particulièrement intéressantes pour maintenir l'équilibre des agroécosystèmes tout en luttant contre *T. absoluta*. La conservation des ennemis naturels étant un pilier de la lutte antiparasitaire durable (**Snyder, 2019**). La compatibilité des sucres avec cet objectif est un avantage décisif. De plus, la biodégradabilité immédiate du sucre élimine les risques de pollution persistante associés aux pesticides synthétiques (**Sharma et al., 2019**).

Les essais de validation en conditions réelles confirment le potentiel pratique de cette approche. Des applications récentes montrent que des tomates traitées au sucre présentent des infestations réduites et des rendements supérieurs à des témoins non traités (**Silva et al., 2024**), validant la viabilité de la méthode à l'échelle parcellaire. Ces observations corroborent nos résultats en conditions contrôlées, où le saccharose à 100 ppm a réduit significativement la surface foliaire minée de 25 % ($p < 0,01$), particulièrement sur les feuilles basales (0,60 % contre 0,91 % pour le témoin), tandis que le fructose aggravait les dégâts de 64 % ($p < 0,05$). Ces performances en plein champ sont encourageantes, compte tenu de la difficulté à

transposer les résultats du laboratoire au contexte commercial (Wykhurys *et al.*, 2020). Des analyses économiques préliminaires suggèrent que les traitements sucrés pourraient être rentables, en réduisant l'usage de pesticides et en permettant éventuellement une valorisation des productions durable (Pretty *et al.*, 2018)..

La sensibilité différentielle observée selon les stades larvaires – les stades L3 et L4 étant plus sensibles que les jeunes larves (L3 : $p < 0,01$; L4 : $p < 0,05$) – suggère que les traitements seraient plus efficaces s'ils ciblaient les stades avancés, possiblement via une perturbation métabolique (Chen *et al.*, 2022). Cette observation a des implications directes pour le calendrier d'application et pourrait être intégrée aux modèles degrés-jours (Rinco *et al.*, 2022). Combiné à un effet dissuasif sur la ponte rapporté dans d'autres études (Almeida *et al.*, 2022). Nos résultats positionnent les traitements au sucre, notamment au saccharose, comme une composante viable de la PI. Intégrées à la lutte biologique (ex : lâchers de *Trichogramma*) et à de bonnes pratiques agronomiques (ex : rotation) (Han *et al.*, 2019). Les pulvérisations de sucre pourraient participer à une gestion multi-tactique de la résistance, permettant de réduire l'emploi de produits chimiques de 40 à 60 % dans certains systèmes (Pretty et Bharucha, 2015).

Pour consolider l'efficacité et l'opérationnalité des traitements sucrés en PI, les recherches futures devraient prioriser plusieurs axes : l'optimisation des formulations à base de saccharose et des calendriers d'application en lien avec le cycle du ravageur ; la recherche d'effets synergiques avec des extraits botaniques (Isman, 2020). Une validation à large échelle dans différentes zones agroécologiques, notamment en agriculture paysanne, pour évaluer l'adaptabilité et les performances contextuelles (Silva *et al.*, 2024). Des études mécanistiques aux niveaux moléculaire et physiologique sont nécessaires pour élucider les interactions sucre-ravageur et affiner les stratégies (Lee *et al.*, 2025). En parallèle, le développement de protocoles d'intégration standardisés avec la lutte biologique, adaptés aux différents systèmes de production, est crucial (Biondi *et al.*, 2018). Il serait également pertinent d'étudier si les sucres peuvent stimuler les défenses naturelles de la plante (Mile et Yamada, 2024). Ces travaux sont essentiels pour faire émerger des solutions durables et à faible impact pour le contrôle de *T. absoluta*, ouvrant la voie à des systèmes de production de tomates plus résistants et respectueux de l'écosystème (Bikila *et al.*, 2024).

II.5.5. Essai des traitements par les sucres sur plants en pots au laboratoire

II.5.5.1. Évaluation des dégâts de la mineuse de la tomate par modalité

II.5.5.1.1. Évolution temporelle des infestations de *T. absoluta* sur les folioles de tomate

Au cours des huit semaines d'observation, les données représentées sur la figure 45 ont révélé que l'infestation larvaire de *T. absoluta* sur les plants de tomate présentait une dynamique temporelle variable.

Les premières semaines ont été caractérisées par de faibles niveaux d'infestation, compris entre 0 % et 14,94 %, suivis d'une augmentation graduelle après la deuxième semaine de traitement (de 14,94 % à 34,43 %). Plus spécifiquement, pendant les trois premières semaines, la combinaison de saccharose et de fructose à la dose de 1000 ppm s'est révélée la moins attaquée, avec un taux d'infestation de seulement 1,29 %. En revanche, toutes les autres modalités ont subi des attaques plus importantes, dépassant le taux de référence du témoin qui était de 4,33 % (**Figure 42**).

À la quatrième semaine, toutes les modalités ont montré une légère augmentation. Les modalités « association » et « mélange » ont présenté des taux d'infestation particulièrement élevés, atteignant respectivement 28,04 % et 34,43 %, contre 18,41 % pour le témoin. Cependant, à partir de cette période jusqu'à la fin de l'essai (le 3 juillet), les niveaux d'infestation ont diminué chez les plants traités avec la combinaison saccharose-fructose à 1000 ppm et ceux traités uniquement avec du fructose à 1000 ppm. Ces traitements se sont finalement avérés les moins affectés, avec des niveaux de dégâts finaux de respectivement 50 % et 54,36 %.

En revanche, le traitement au fructose seul à 100 ppm a montré une augmentation continue de l'infestation, atteignant un maximum de 81,69 %. Le saccharose à 100 ppm a entraîné un taux de 64,38 %, tandis que le saccharose à 1000 ppm a atteint 61,34 %. Le fructose à 1000 ppm a conduit à 54,36 %, et l'association saccharose-fructose a présenté le taux le plus élevé à 69,2 %. Ces valeurs restent proches de celle du témoin, qui s'est établie à 56,84 %.

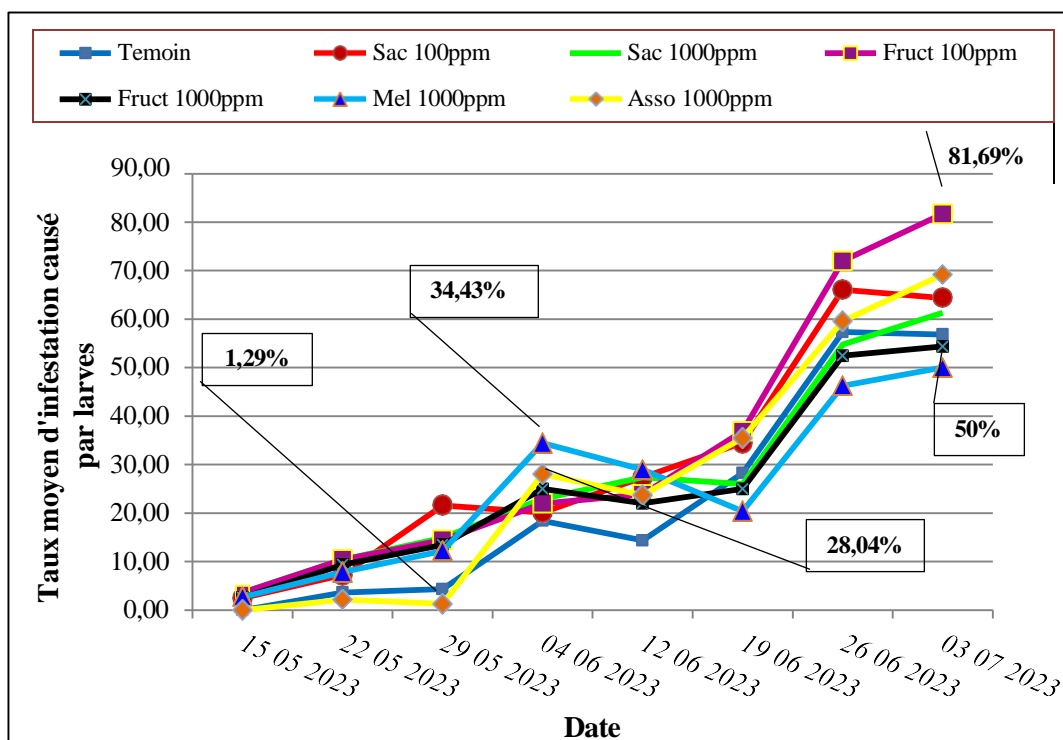


Figure 42. Évolution temporelle du taux d'infestation de *Tuta absoluta* sur les folioles de tomate.

II.5.5.1.2. Taux moyen total d'infestation

Les pulvérisations foliaires de fructose à 1000 ppm, qu'elles soient appliquées seules ou en mélange avec du saccharose à 1000 ppm, ainsi que le saccharose à 1000 ppm seul ou en association avec du fructose à 1000 ppm, ont donné des taux d'infestation moyennement remarquablement similaires. Spécifiquement, les taux étaient de $25,53 \pm 6,69$ %, $25,36 \pm 6,21$ %, $27,69 \pm 7,26$ % et $27,43 \pm 9,39$ %, respectivement. Ces valeurs ne différaient pas significativement de celles observées dans la modalité témoin ($p > 0,982$). En revanche, l'application de saccharose ou de fructose à la dose de 100 ppm ($33,12 \pm 10,20$ % et $30,47 \pm 8,40$ %, respectivement), lorsqu'ils sont utilisés seuls, n'a pas montré de différence significative avec le témoin, qui présentait un taux d'infestation de $22,89 \pm 8,13$ %. De plus, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les différentes modalités de traitement (**Figure 43**).

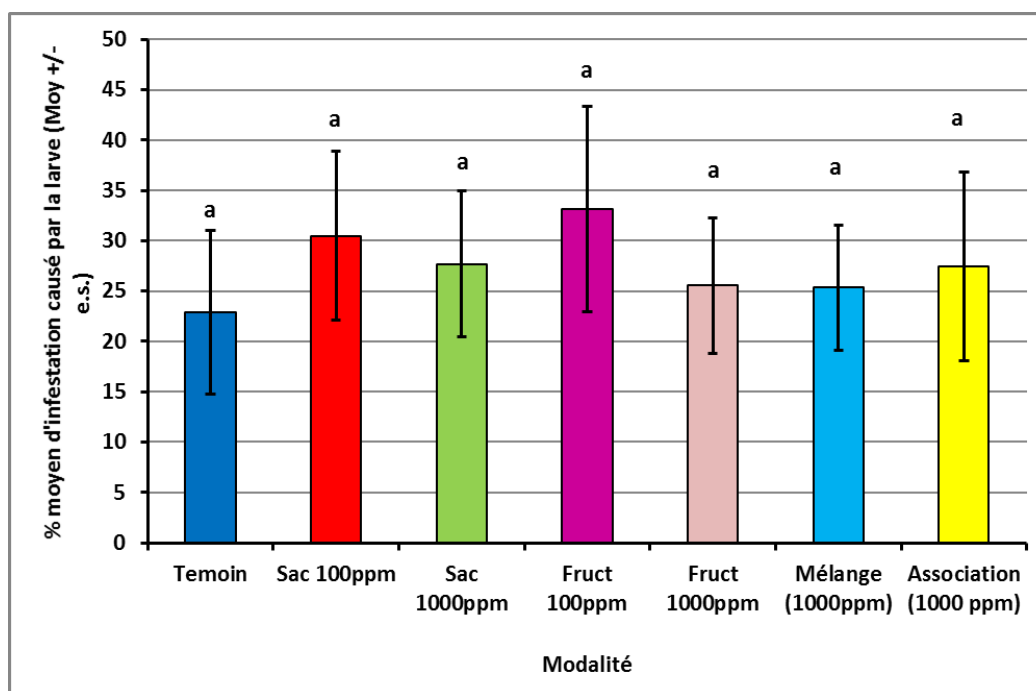


Figure 43. Taux moyen d'infestation par *T. absoluta* sur les folioles de tomate.

II.5.5.2. Répartition du taux d'infestation par étage foliaire et par modalité

L'application foliaire de fructose à 1000 ppm a entraîné une augmentation marquée de la protection des folioles à l'étage apical, avec un taux d'infestation de $7,11 \% \pm 3,99$ contre $8,14 \% \pm 4,45$ pour le témoin. Cependant, une augmentation substantielle a été observée à l'étage basal ($44,76 \% \pm 10,14$ contre $35,52 \% \pm 10,74$ pour le témoin). Ce schéma était encore plus prononcé avec le traitement au saccharose à 1000 ppm seul, où l'infestation apicale était comparable au témoin ($9,00 \% \pm 4,93$) mais l'infestation basale significativement plus élevée atteignait $39,05 \% \pm 11,29$ (contre $35,52 \% \pm 10,74$ pour le témoin) (**Tableau 13**).

Pour l'étage intermédiaire, seuls les traitements au fructose à 1000 ppm, qu'ils soient appliqués seuls ou en association avec du saccharose, ont présenté des taux d'infestation moyens comparables au témoin ($28,38 \% \pm 9,80$), avec des valeurs respectives de $31,53 \% \pm 7,27$ et $31,09 \% \pm 7,26$ (**Tableau 13**).

Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives, parfois hautement significatives ($p < 0,01$), entre les étages foliaires pour les sept modalités testées. Plus spécifiquement, l'étage apical a montré des différences significatives pour le témoin et des différences hautement significatives pour les traitements au saccharose à 1000 ppm, au fructose à 1000 ppm et au mélange à 1000 ppm, par rapport aux autres niveaux foliaires.

Tableau 13. Taux moyen d'infestation verticale

Modalités	Etage		
	Basal	Médian	Apical
Témoin	35,52 ± 10,74% a	28,38 ± 9,80 % ab	8,14 ± 4,45 % b*
Saccharose (100 ppm)	42,73 ± 11,35% a	35,74 ± 8,58% a	17,12 ± 8,85 % a
Saccharose (1000 ppm)	39,05 ± 11,29% a	38,47 ± 7,28% a	9,00 ± 4,93 % b**
Fructose (100 ppm)	32,16 ± 11,90% a	39,77 ± 8,88% a	26,76 ± 10,49% a
Fructose (1000 ppm)	43,24 ± 11,04% a	31,53 ± 7,27% a	7,11 ± 3,99 % b**
Mélange (1000 ppm)	44,76 ± 10,14% a	31,09 ± 7,26% a	2,85 ± 1,57% b**
Association (1000 ppm)	37,04 ± 12,92% a	34,07 ± 10,86 % a	13,40 ± 5,80 % a

Les valeurs suivies d'une même lettre ne présentent pas de différence statistiquement significative (ANOVA, test LSD de Fisher, $p < 0,05$). Les niveaux de significativité sont indiqués comme suit : * : $p \leq 0,05$; ** : $p < 0,01$.

II.5.5.3. Abondance des stades larvaires et des chrysalides

Les résultats du dénombrement des larves dans les différentes modalités, représentés dans la figure (44), révèlent la présence de la quasi-totalité des stades larvaires, avec des abondances variables.

L'analyse du nombre moyen d'individus par stade de développement montre que pour le stade L1, l'abondance la plus faible a été observée avec l'application de fructose seul à 100 ppm, suivie du mélange (saccharose + fructose à 1000 ppm chacun), avec des valeurs respectives de $0,20 \pm 0,14$ et $0,21 \pm 0,11$. À l'inverse, l'abondance la plus élevée est survenue après la pulvérisation foliaire de saccharose seul à la dose de 100 ppm.

Pour le stade L2, l'abondance la plus faible a été enregistrée avec le saccharose à 100 ppm ($0,08 \pm 0,08$), suivi du fructose à 1000 ppm ($0,29 \pm 0,16$) et du mélange des deux sucres à 1000 ppm ($0,25 \pm 0,25$). Le nombre moyen maximal de L2, quant à lui a été observé avec le saccharose seul à 1000 ppm ($0,83 \pm 0,53$) et avec le traitement d'association à 1000 ppm.

Concernant le stade L3, tous les traitements ont présenté des abondances supérieures à celle du témoin ($0,33 \pm 0,29$), atteignant un maximum de $0,87 \pm 0,83$ avec le mélange saccharose-fructose à 1000 ppm, sans qu'aucune différence statistiquement significative ne soit observée.

Enfin, pour le stade L4, l'abondance était relativement faible dans la modalité mélange ($0,54 \pm 0,50$), tandis que les autres traitements ont montré des abondances supérieures ou proches de celle du témoin.

Au stade nymphal, le nombre moyen de nymphes était soit nul, soit inférieur à celui du témoin pour tous les traitements.

L'analyse statistique de l'abondance des stades larvaires a révélé des différences significatives pour des traitements spécifiques, notamment avec le saccharose à 1000 ppm, le fructose à 1000 ppm et leur association à 1000 ppm. Ces différences ont permis de classer les traitements en trois groupes statistiques distincts : « a », « b » et « ab ».

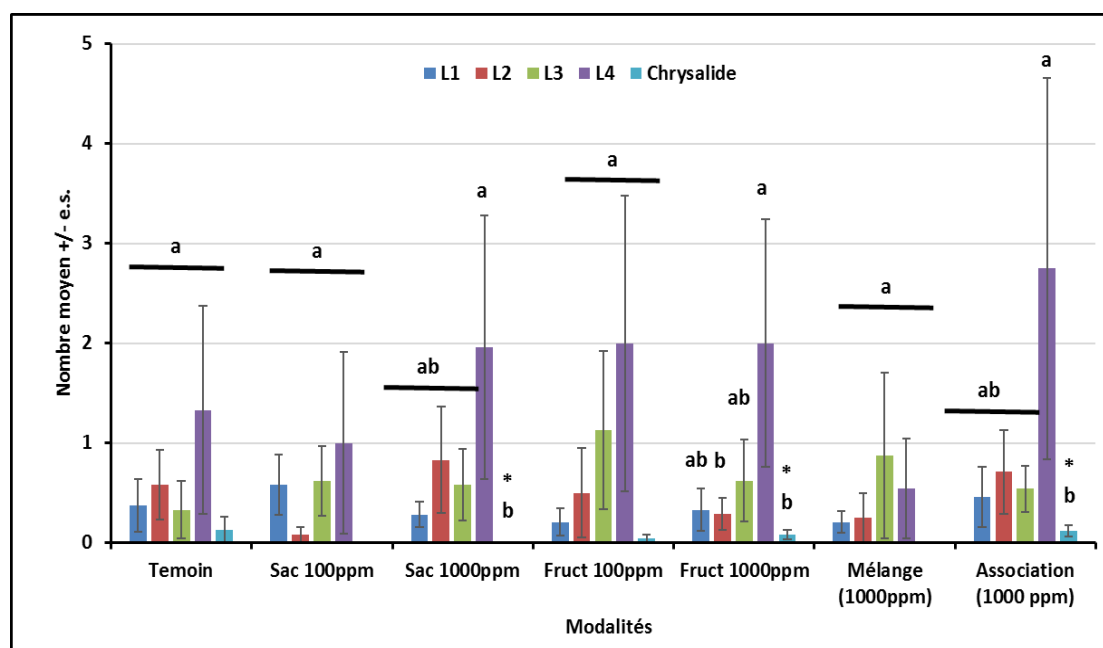


Figure 44. Effet de la pulvérisation de sucres à faible dose sur l'abondance des stades larvaires de *T. absoluta*.

Les analyses statistiques (ANOVA, test LSD de Fisher ; $p < 0,05$) sont représentées par des lettres différentes indiquant des différences significatives entre traitements. * : $p < 0,05$.

II.5.5.4. Efficacité Abbott des traitements

Sur la base des résultats de notre étude, nous avons observé qu'au niveau apical, l'application de fructose à 1000 ppm, qu'elle soit utilisée seule ou en mélange avec du saccharose à 1000 ppm, a réduit le taux d'infestation respectivement à 7,11 % et 2,85 %, contre 8,14 % pour le témoin. Ces réductions correspondent à des efficacités Abbott de 12,65 % et 64,98 %. Concernant l'étage basal, le fructose utilisé seul à 100 ppm a réduit le taux d'infestation à 32,16 % contre 35,52 % pour le témoin, soit une efficacité Abbott de 9,45 %.

II.5.5.5. Discussion

De nombreuses études ont validé l'efficacité de sucres comme le saccharose et le fructose, substances aujourd'hui homologuées contre certains ravageurs tels que le carpocapse ou la pyrale du maïs, pour renforcer la résistance des plantes. Leur mode d'action supposé repose sur une perturbation du comportement de ponte via une modification des signaux biochimiques de la surface foliaire (**Arnault et al., 2016 ; Brahim et al., 2018 ; Arnault et al., 2021 ; Brahim, 2022**). Notre étude démontre leur effet sur la distribution verticale des infestations de *T. absoluta* sur tomate, identifiant le ciblage des feuilles apicales comme une nouvelle stratégie de gestion durable.

Cependant, cette résistance induite semble dépendre de multiples facteurs : type et dose de sucre, stade phénologique de la plante, association avec d'autres produits, calendrier d'application et intensité de la pression parasitaire (**Ferré et al., 2008 ; Derridj et al., 2011 ; Arnault et al., 2015 ; Lambion et Marollien, 2016 ; Arnault et al., 2021 ; Brahim, 2022**).

Concernant la dynamique d'infestation, nos résultats indiquent que durant les trois premières semaines, le mélange saccharose-fructose à 1000 ppm a maintenu le niveau d'infestation le plus bas par rapport au témoin. L'essai GRAB sur pommier (**Lambion et Arnault, 2019**) avait également observé une protection modérée en fin de saison avec ce mélange. Nos essais contrôlés sur tomate révèlent une efficacité stratifiée verticalement, probablement liée à des caractéristiques foliaires spécifiques (densité trichomique) et à des gradients cationiques (**Tiffrent, 2023**). Une étude sur maïs a montré que différents sucres (glucose, saccharose, fructose) à diverses concentrations induisaient des effets spécifiques. Par exemple, le saccharose à 100 ppm réduisait le développement de *Botrytis* sur tomate mais s'avérait moins efficace sur haricot (**Ondet, 2010**), soulignant la nécessité d'adapter le sucre et sa dose à chaque bio-agresseur.

Globalement, nos tests n'ont pas montré de réduction significative des taux d'infestation totaux sur l'ensemble du feuillage, mais un effet sur la distribution verticale a été observé. Au niveau basal, le fructose à 100 ppm a réduit le taux d'attaque de 9,45 % (efficacité Abbott), sans différence statistique avec le témoin. L'étage médian a présenté des taux uniformes et généralement inférieurs au niveau basal. En revanche, à l'étage apical, le fructose à 1000 ppm et le mélange saccharose-fructose à 1000 ppm ont exercé un effet protecteur marqué, avec des efficacités Abbott de 12,65 % et 64,98 % respectivement, contrairement à leur inefficacité au niveau basal. Ceci est en apparente contradiction avec la préférence connue de la femelle *Tuta absoluta* pour pondre sur les folioles apicales, pauvres en calcium (**Leite et al., 1999 ; Leite et al., 2001 ; Proffit et al., 2011 ; Cherif et Verheggen, 2019**). Cette divergence pourrait

s'expliquer par une modification du statut nutritionnel foliaire, notamment l'activité des cations en surface. En effet, **Tiffrent (2023)**, a démontré que des pulvérisations de glucose et fructose augmentent la concentration de calcium sur la surface foliaire du pommier. L'efficacité apicale des sucres correspondrait ainsi à une altération de la disponibilité des cations (ex. Ca^{2+}) sur les organes traités (**Tiffrent, 2023**), rendant ces feuilles, normalement préférées car pauvres en calcium, moins attractives. Les folioles basales, aux cuticules plus épaisses et à l'absorption de sucre probablement moindre, seraient moins sensibles à cette modification.

De même, **Derridj et Wu (1996)**, ont montré que la pyrale du maïs pond préférentiellement sur les surfaces foliaires pauvres en cations. La variabilité entre étages foliaires peut aussi être attribuée à des différences dans le stade de développement des feuilles et l'intensité de la pression parasitaire. Les folioles apicales, plus jeunes, possèdent des caractéristiques morpho-chimiques distinctes (trichomes, cires) influençant l'attraction des ravageurs. **Ondet (2010)**, a ainsi montré qu'une application de saccharose sur maïs à un stade précoce réduisait la ponte de la pyrale, alors qu'elle l'augmentait au stade reproductif. **Lambion et al. (2018)**, ont rapporté qu'un ajout de fructose et saccharose à *Bacillus thuringiensis* améliorait son efficacité contre *T. absoluta* lors d'attaques tardives et modérées. **Derridj et al. (1996)**, proposent que la teneur en glucides du phylloplan reflète celle des tissus foliaires, les monosaccharides apparaissant aux jonctions des cellules épidermiques. L'adulte d'*Ostrinia nubilalis* est sensible à ces concentrations, le fructose étant étroitement associé à la préférence de ponte. Les projets USAGE et SWEET ont validé l'efficacité d'un mélange fructose-saccharose à 100 ppm contre le carpocapse (**Ondet, 2018**), résultats corroborés par l'étude de **Brahim (2022)** en Algérie.

Les pulvérisations de sucres ont également induit des variations significatives dans l'abondance des stades larvaires. Le traitement d'association à 1000 ppm s'est distingué par une réduction notable des stades L1, L2 et L4. Ces résultats concordent avec des essais en plein champ sur pommier évaluant le saccharose en association avec le virus de la granuloase (**Anadiag, Innophyt et ITCF, 2006-2008**). Le fructose seul à 100 ppm n'a réduit que l'abondance de L1, et le saccharose seul à 100 ppm celle de L2. Ces traitements pourraient donc être stratégiquement appliqués pour cibler les stades larvaires les plus vulnérables, optimisant la protection (**Ferré et al., 2008 ; Ondet, 2010**). Le très faible nombre de chrysalides observé sur les folioles est cohérent avec le fait que la nymphose a principalement lieu dans le sol (**Barrientos et al., 1998 ; Pereyra, 2006**). La réduction des stades L1, L2 et L4 suggère une interférence avec le développement des larves néonatales, soit par dilution des

nutriments (Spann et Schumann, 2010), soit par induction de dépôts de lignine/cellulose (Tiffrent, 2023) – des altérations biochimiques qui restent à quantifier.

En résumé, si les sucres peuvent stimuler l'immunité des plantes, ils agissent aussi comme perturbateurs de la ponte en modifiant les signaux de surface foliaire, ce qui pourrait également influencer le comportement alimentaire larvaire dans l'interaction tomate/*T. absoluta*. Nous recommandons en conditions de plein champ l'application du mélange saccharose-fructose à 1000 ppm durant le stade végétatif jeune, en ciblant les feuilles apicales où la ponte est la plus importante. L'intégration des sucres avec *B. thuringiensis* dans les programmes de lutte intégrée pourrait optimiser le contrôle larvaire et réduire les coûts en pesticides. Les principales lacunes concernent l'impact de pulvérisations répétées sur la physiologie de la plante (ex. photosynthèse) et la compatibilité avec les ennemis naturels de *T. absoluta* (ex. *Trichogramma sp.*).

Les pulvérisations de sucres représentent une option de lutte durable contre *T. absoluta*, offrant précision et faible persistance environnementale. Les recherches futures devront définir le calendrier optimal d'application et évaluer leur efficacité à l'échelle parcellaire face à des pressions parasitaires variables.

◀ ***CONCLUSION GÉNÉRALE ET
PERSPECTIVES***

Ce travail de recherche menée dans les conditions spécifiques de la région de Batna, a permis d'approfondir nos connaissances sur la bio-écologie de cet insecte et d'évaluer le potentiel d'une innovation prometteuse en protection des cultures : l'utilisation de micro-doses de sucres foliaires comme stimulateurs des défenses naturelles des plantes. Par une approche méthodologique rigoureuse et intégrative, combinant observations en plein champ et expérimentations en conditions de laboratoire, ce travail ouvre des perspectives concrètes pour une gestion durable de la mineuse de tomate.

L'importance de cette recherche réside dans son approche holistique, visant à comprendre les interactions complexes entre la plante, le ravageur et les méthodes de contrôle alternatives. Dans un contexte où la lutte chimique montre ses limites face au développement de résistances et aux préoccupations environnementales, l'exploration de solutions basées sur les mécanismes naturels de défense des plantes apparaît comme une voie essentielle pour une agriculture durable.

Sur le plan bio-écologique, les résultats obtenus ont révélé des aspects fondamentaux de la biologie de *T. absoluta* sous notre climat semi-aride. Le suivi phénologique minutieux réalisé sur deux cycles culturaux complets a mis en évidence quatre générations annuelles bien distinctes entre juin et septembre. La dynamique populationnelle observée montre une corrélation étroite avec les paramètres thermiques, le pic d'activité des adultes survenant lorsque les températures moyennes se situent entre 24,5°C et 27,2°C.

Un résultat particulièrement marquant concerne la différence significative d'attractivité entre les deux variétés étudiées. La variété Seyhan F1 a présenté une attractivité supérieure avec 1018 mâles capturés contre 917 pour la Lamantin F1, soit un écart de 11,5%. Cette variation suggère fortement l'existence de mécanismes de résistance variétale, potentiellement attribuables à des composés secondaires ou à des caractéristiques morphologiques foliaires spécifiques. La compréhension de ces différences variétales est essentielle pour orienter le choix des cultivars dans le cadre des stratégies de lutte intégrée.

L'analyse détaillée des durées de développement a confirmé l'impact déterminant de la température sur la vitesse de développement de l'insecte. À une température élevée (35 °C), la durée du cycle complet (œuf à adulte) était réduite à 35,7 jours sur Seyhan F1 contre 41,7 jours sur Lamantin F1. Inversement, à basse température (15,9°C), il s'étendait respectivement à 59,7 et 56,7 jours. Les stades larvaires avancés (L3 et L4), ainsi que les chrysalides et adultes, se sont avérés particulièrement sensibles aux variations thermiques, avec des réductions de durée pouvant atteindre 50% entre les extrêmes thermiques.

La variété Lamantin F1 a présenté un cycle globalement plus long de 5,1%, indiquant une possible résistance additionnelle liée au matériel végétal. Ces données bio-écologiques précises permettent d'affiner les modèles prédictifs des infestations et d'optimiser le calendrier des interventions. La caractérisation des seuils thermiques et des préférences variétales représente un atout déterminant pour une gestion rationnelle de ce ravageur.

Concernant l'évaluation des sucres foliaires en plein champ, les résultats ont mis en évidence des effets différentiels marqués selon le type de sucre et la concentration utilisée. Le traitement au sucrose à 100 ppm a montré des résultats encourageants avec une réduction significative de 25% de la surface foliaire minée par rapport au témoin. Cette réduction des dégâts foliaires, bien que modeste, représente un gain non négligeable dans une approche de lutte intégrée.

L'analyse par étage foliaire a révélé une efficacité particulièrement notable sur les feuilles basales (0,60% de surface minée contre 0,91% pour le témoin). Cette spécificité d'action selon la strate foliaire suggère des mécanismes d'action complexes impliquant possiblement la translocation différentielle des sucres dans la plante. Fait remarquable, ce traitement a significativement réduit l'abondance des stades larvaires L3 et L4 respectivement de 58% et 30%, indiquant un effet perturbateur sur le développement des larves matures.

À l'inverse, l'application de fructose s'est avérée contre-productive, augmentant l'infestation de 64% et la surface minée de 39%. Cette exacerbation des dégâts est probablement due à l'effet phagostimulant du fructose, qui pourrait augmenter l'attractivité des plantes traitées pour les femelles pondueuses ou stimuler l'alimentation des larves. Cette divergence radicale d'efficacité entre les deux sucres souligne l'importance cruciale du choix de la molécule dans les stratégies de stimulation des défenses.

La sélectivité d'action observée selon les stades larvaires et les strates foliaires ouvre des perspectives intéressantes pour un ciblage précis des interventions. L'absence d'effet négatif sur les auxiliaires naturels constitue un avantage supplémentaire de cette approche, compatible avec le maintien des équilibres biologiques dans l'agroécosystème.

Les essais en conditions ambiantes de laboratoire ont permis de préciser les mécanismes d'action sous-jacents aux observations de plein champ. Le traitement associant sucrose et fructose à 1000 ppm appliqués successivement a démontré une efficacité protectrice remarquable de 70% durant les trois premières semaines. Cette efficacité initiale élevée, bien que diminuant par la suite, indique une action rapide sur les processus de reconnaissance plante-insecte.

Un résultat fondamental a été la mise en évidence d'une stratification verticale de l'effet des sucres. La protection significative des feuilles apicales (efficacité Abbott de 64,98%) contraste avec l'absence d'effet sur les feuilles basales. Ce phénomène s'explique par une modification probable de la disponibilité cationique à la surface foliaire, particulièrement des ions calcium (Ca^{2+}), qui jouent un rôle crucial dans la reconnaissance de l'hôte par les femelles pondueuses. Les feuilles apicales, naturellement plus pauvres en calcium, voient leur composition ionique modifiée par les applications sucrées, perturbant ainsi les signaux chimiques guidant la ponte.

L'analyse des stades larvaires a révélé une inhibition significative des stades L1, L2 et L4 sous l'effet de l'association sucrose-fructose à 1000 ppm, tandis que le stade L3 restait insensible. Cette sélectivité d'action selon les stades de développement suggère des mécanismes physiologiques différentiels complexes. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées : modification de la qualité nutritionnelle des tissus foliaires, induction de barrières physiques par dépôt de lignine, ou activation de mécanismes de défense biochimiques spécifiques.

La réduction du nombre de chrysalides observée dans les traitements les plus efficaces confirme l'impact sur le développement complet de l'insecte. Cet effet sur la nymphose pourrait résulter d'une accumulation d'effets subtils tout au long du développement larvaire, affectant finalement le fitness des individus parvenus au stade de pré nymphose.

Au terme de ce travail, il apparaît clairement que la gestion de *Tuta absoluta* doit s'appuyer sur une approche intégrée combinant plusieurs leviers complémentaires. Les micro-doses de sucrose, à des concentrations comprises entre 100 et 1000 ppm, représentent une option prometteuse et écoresponsable pouvant s'insérer harmonieusement dans des stratégies de lutte intégrée. Leur mode d'action multiple - perturbation de la ponte, réduction de l'alimentation larvaire, inhibition du développement - en fait un outil complémentaire précieux aux méthodes conventionnelles.

L'originalité de cette approche réside dans son caractère préventif et écologique. Contrairement aux insecticides classiques qui agissent par choc sur les populations, les sucres agissent en amont, en modifiant le comportement des insectes et en renforçant les défenses naturelles de la plante. Cette action plus subtile s'inscrit dans une logique de gestion durable des équilibres biologiques.

Cependant, il importe de reconnaître que l'efficacité des sucres en tant que moyen de lutte unique reste insuffisante pour assurer une protection complète des cultures dans des

conditions de forte pression parasitaire. Leur utilisation doit donc être envisagée comme un composant d'un système intégré plutôt que comme une solution autonome. L'avantage majeur des sucres réside dans leur capacité à limiter la pression parasitaire initiale et à maintenir les populations en deçà des seuils de nuisibilité économique, permettant ainsi de réduire la fréquence et l'intensité des interventions curatives.

Les perspectives de recherche qui découlent de ces travaux sont nombreuses et ambitieuses. Elles concernent notamment l'optimisation des paramètres d'application. La détermination des fenêtres d'intervention optimales, synchronisées avec les cycles biologiques du ravageur et la phénologie de la plante, constitue un axe de recherche prioritaire. Un calage précis des applications sur les pics de vol des adultes et les stades larvaires les plus sensibles permettrait d'accroître significativement l'efficacité des traitements.

L'étude approfondie des mécanismes biochimiques et moléculaires induits par les sucres, communément regroupés sous le concept d'"immunité douce" (*sweet immunity*), représente un autre axe de recherche essentiel. L'identification des voies de signalisation activées, des gènes de défense induits et des métabolites secondaires synthétisés permettrait d'élucider les bases physiologiques de cet effet et d'identifier des marqueurs prédictifs de son efficacité.

L'évaluation des synergies avec d'autres méthodes de bio contrôle représente une piste particulièrement prometteuse. Les combinaisons avec des auxiliaires biologiques tels que *Trichogramma sp.*, des microorganismes bénéfiques comme *Bacillus thuringiensis*, ou des stimulateurs de défenses d'origine naturelle pourraient conduire à des effets additifs ou synergiques, augmentant ainsi l'efficacité globale du système de protection.

La validation à grande échelle dans différents contextes pédoclimatiques est essentielle pour assurer la robustesse et la transférabilité des résultats. Des essais pluriannuels dans les principales zones de production tomatière algérienne permettraient de préciser les conditions d'efficacité optimale et d'adapter les recommandations aux spécificités régionales.

Enfin, l'analyse économique de l'intégration de cette technique dans les systèmes de production constitue une étape cruciale pour son adoption par les agriculteurs. L'évaluation du rapport coût-bénéfice, incluant les économies réalisées sur les insecticides et les gains de qualité des productions, déterminera en grande partie le succès de cette innovation.

Cette étude participe au développement d'une protection des cultures plus durable, répondant aux impératifs actuels de réduction des intrants chimiques et de préservation des écosystèmes agricoles. Les connaissances acquises ouvrent la perspective d'une gestion mieux raisonnée de *T. absoluta*, fondée sur une compréhension approfondie des interactions entre la

Plante, l'insecte et son environnement. L'approche développée, alliant écologie fondamentale et recherche appliquée, sert de modèle pour l'innovation en protection des cultures dans un contexte de transition agro écologique.

La voie tracée par ces travaux appelle à poursuivre les efforts de recherche dans une logique d'intégration et d'optimisation, afin de doter les agriculteurs d'outils efficaces et respectueux de l'environnement pour faire face aux défis sanitaires croissants. C'est dans cette perspective que cette thèse trouve sa pleine signification, comme contribution à l'édification d'une agriculture productive et durable, capable de concilier performance économique et préservation des ressources naturelles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abad, P., et B. Favery. 2012. « L'arsenal immunitaire des plantes ». *Pour la Science*, Dossier, Belin, no. 77 : 24-33.
- Abbott, W. S. 1925. « A Method of Computing Effectiveness of an Insecticide ». *Journal of Economic Entomology* 18 (2) : 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.
- Aitouguinane, M., Z. El Alaoui-Talibi, H. Rchid, I. Fendri, S. Abdelkafi, M. D. Ould ElHadj, Z. Boual, et al. 2022. « A Novel Sulfated Glycoprotein Elicitor Extracted from the Moroccan Green Seaweed *Codium decorticatum* Induces Natural Defenses in Tomato ». *Applied Sciences* 12 (8) : 3643. <https://doi.org/10.3390/app12083643>.
- Alfaro, R. I., J. H. Borden, J. N. King, E. S. Tomlin, R. L. McIntosh, et J. Bohlmann. 2002. « Mechanisms of Resistance in Conifers Against Shoot Infesting Insects ». Dans *Mechanisms and Deployment of Resistance in Trees to Insects*, 101-126. Academic Press.
- Alfano, J. R., et A. Collmer. 2004. « Type III Secretion System Effector Proteins: Double Agents in Bacterial Disease and Plant Defense ». *Annual Review of Phytopathology* 42 : 385-414. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.42.040103.110731>.
- Alili, D., A. Doumandji, A. Benrima, S. E. Doumandji, et B. Doumandji. 2014. « *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) sous serre et au champ à Fouka marine : piégeage par phéromones et par filet insect-proof ». *Bulletin de la Société Zoologique de France* 139 (1-4) : 71-81.
- Allache, F., M. A. Houhou, I. Osmane, L. Naili, et F. Demnati. 2012. « Suivi de l'évolution de la population de *Tuta absoluta* Meyrick (Gelechiidae), un nouveau ravageur de la tomate sous serre à Biskra (sud-est d'Algérie) ». *Entomologie Faunistique* 65 : 149-155.
- Allache, F., F. Demnati, et M. A. Houhou. 2017. « Population Changes of *Tuta absoluta* (Gelechiidae) and Fruit Loss Estimates on Three Tomato Cultivars in Greenhouses in Biskra, Algeria ». *Environmental and Experimental Biology* 15 : 201-208. <https://doi.org/10.22364/eeb.15.21>.
- Almeida, J., et al. 2022. « Impact of Sugar Spraying on Oviposition Behavior of *Tuta absoluta* ». *Crop Protection* 150 : 105789. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105789>.
- Angelova, Z., S. Georgiev, et W. Roos. 2006. « Elicitation of Plants ». *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 20 (2) : 72-83. <https://doi.org/10.1080/13102818.2006.10817345>.

- Anonyme, 2017. « Les différents stades de *Tuta absoluta* ». Consulté en 2017. <https://www.google.tn/search>.
- Anonyme, 2023. « *Tuta absoluta* ». EPHYTIA, INRA. Consulté le 10 janvier 2023. <https://ephytia.inra.fr/fr/C/16657/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Characteristiques-du-ravageur-et-de-ses-degats>.
- Arimura, G., R. Ozawa, T. Shimoda, T. Nishioka, W. Boland, et J. Takabayashi. 2000. « Herbivory-Induced Volatiles Elicit Defence Genes in Lima Bean Leaves ». *Nature* 406 (6795) : 512-515. <https://doi.org/10.1038/35020072>.
- Arnault, I., M. Chovelon, et S. Derridj. 2012. « Preliminary Tests in Field Conditions of Alternatives Substances Against Grape Downy Mildew in Organic Farming ». Présenté à Working Group Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens, Biocontrol of Plant Pathogens in Sustainable Agriculture, Reims, France, juin 24-27.
- Arnault, I., M. Bardin, S. Ondet, A. Furet, M. Chovelon, A. C. Kasprick, P. Marchand, et al. 2015. « Utilisation de micro-doses de sucres en protection des plantes ». *Innovations Agronomiques* 46 : 1-10.
- Arnault, I., N. Lombarkia, S. Joy-Ondet, L. Romet, I. Brahim, R. Meradi, A. Nasri, J. Auger, et S. Derridj. 2016. « Foliar Application of Microdoses of Sucrose to Reduce Codling Moth *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) Damage to Apple Trees ». *Pest Management Science* 72 (10) : 1901-1909. <https://doi.org/10.1002/ps.4228>.
- Arnault, I., N. Aveline, M. Bardin, M. N. Brisset, J. Carriere, M. Chovelon, G. Delanoue, et al. 2021. « Optimisation des stratégies de bio contrôle par la stimulation de l'immunité des plantes avec des applications d'infra-doses de sucres simples ». *Innovations Agronomiques* 82 : 411-423.
- ARAD. 2017. « Protéger les cultures avec des micro-doses de sucres ». *Agro perspectives, diffusion des techniques innovantes en agriculture*, 1-4. Consulté le 12 juillet 2019. <https://www.agroperspectives.fr/post/protoger-les-cultures-avec-sucres#attachments>.
- Attwa, W. A., N. A. Omar, I. M. A. Ebadah, T. E. Abd El-Wahab, S. M. Moawad, et H. E. Sadek. 2015. « Life Table Parameters of Tomato Leaf Miners *Tuta absoluta* (Meyrick) and Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) on Tomato Plants in Egypt ». *Agricultural Science Research*.
- Bacci, L., É. M. Da Silva, J. C. Martins, R. S. Da Silva, M. Chediak, C. C. Milagres, et M. C. Picanço. 2021. « The Seasonal Dynamic of *Tuta absoluta* in *Solanum*

- lycopersicon* Cultivation: Contributions of Climate, Plant Phenology, and Insecticide Spraying ». *Pest Management Science* 77 (7) : 3187-3197. <https://doi.org/10.1002/ps.6356>.
- Bajonero, J. G., et J. R. P. Parra. 2017. « Selection and Suitability of an Artificial Diet for *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Based on Physical and Chemical Characteristics ». *Journal of Insect Science* 17 (1) : 1-8. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew105>.
- Bal, A. B., N. Gauthier, et C. Bassène. 2022. « Revue des plantes hôtes de *Tuta absoluta* (Meyrick) pour une meilleure gestion de ses populations en Afrique de l'Ouest ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 16 (5) : 2352-2370.
- Bardin, M., L. Dantony, M. Duffaud, L. Neu, M. Pascal, C. Troulet, et P. Nicot. 2014. « Combinant divers méthodes biologiques de lutte contre l'oïdium de la tomate ». Présenté à XIIIe réunion du groupe de travail de l'IOBC Lutte biologique contre les agents pathogènes fongiques et bactériens des plantes, Uppsala, Suède, juin 15-18.
- Barrientos, Z. R., H. J. Apablaza, S. A. Norero, et P. P. Estay. 1998. « Threshold Temperature and Thermal Constant for Development of the South American Tomato Moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) ». *Ciencia e Investigación Agraria* 25 : 133-137.
- Beckers, G. J. M., et U. Conrath. 2007. « Priming for Stress Resistance: From the Lab to the Field ». *Current Opinion in Plant Biology* 10 (4) : 425-431. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.06.005>.
- Benhamou, N., J. W. Kloepper, A. Quadt-Hallman, et S. Tuzun. 1996. « Induction of Defense-Related Ultrastructural Modifications in Pea Root Tissues Inoculated with Endophytic Bacteria ». *Plant Physiology* 112 (3) : 919-929.
- Benhamou, N., R. R. Bélanger, P. Rey, et Y. Tirilly. 2001. « Oligandrin, the Elicitin-Like Protein Produced by the Mycoparasite *Pythium oligandrum*, Induces Systemic Resistance to Fusarium Crown and Root Rot in Tomato Plants ». *Plant Physiology and Biochemistry* 39 : 681-696. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(01\)01284-8](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(01)01284-8).
- Benhamou, N. 2009. *La résistance chez les plantes : principe de la stratégie défensive et applications agronomiques*. Paris : Lavoisier.
- Benhamou, N., et P. Rey. 2012. « Stimulateurs des défenses naturelles des plantes : une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable. I. Principes de la résistance induite ». *Phytoprotection* 92 (1) : 1-23. <https://doi.org/10.7202/1012399ar>.

- Benard, C., H. Gautier, F. Bourgaud, D. Grasselly, B. Navez, C. Caris-Veyrat, M. Weiss, et M. Genard. 2009. « Effects of Low Nitrogen Supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) Fruit Yield and Quality with Special Emphasis on Sugars, Acids, Ascorbate, Carotenoids, and Phenolic Compounds ». *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (10) : 4112-4123. <https://doi.org/10.1021/jf8036374>.
- Berthelot, R., X. Daire, M. Ponchet, et M. Turner. 2018. *Les stimulateurs de défense des plantes - Panorama et solutions d'avenir*. Paris : Éditions ACTA.
- Biffen, R. H. 1905. « Mendel's Laws of Inheritance and Wheat Breeding ». *The Journal of Agricultural Science* 1 (1) : 4-48. <https://doi.org/10.1017/S0021859600000137>.
- Bikila, G., A. Tefera, T. Awulachew, T. Negash, A. Dinku, et K. Bizuneh. 2024. « Determination of Evapotranspiration and Crop Coefficient for Tomato by Using Non-Weighing Lysimeter in Semiarid Region ». *Air, Soil and Water Research* 17. <https://doi.org/10.1177/11786221241291313>.
- Biondi, A., R. N. C. Guedes, F. H. Wan, et N. Desneux. 2018. « Ecology, Worldwide Spread, and Management of the Invasive South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta*: Past, Present, and Future ». *Annual Review of Entomology* 63 : 239-258. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-034933>.
- Biondi, A., et N. Desneux. 2019. « Special Issue on *Tuta absoluta*: Recent Advances in Management Methods Against the Background of an Ongoing Worldwide Invasion ». *Journal of Pest Science* 92 (4) : 1313-1315. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01087-8>.
- Birch, A. N. E., W. M. Robertson, I. E. Geoghegan, W. J. McGavin, T. J. W. Alphey, M. S. Philips, L. E. Fellows, et al. 1993. « DMDP – A Plant Derived Sugar Analogue with Systemic Activity Against Plant Parasitic Nematodes ». *Nematologica* 39 : 521-535. <https://doi.org/10.1163/187529293X00471>.
- Bjostad, L. B., et B. E. Hibbard. 1992. « 6-Methoxy-2-benzoxazolinone: A Semiochemical for Host Location by Western Corn Rootworm Larvae ». *Journal of Chemical Ecology* 18 : 931-944. <https://doi.org/10.1007/BF00980054>.
- Bland, R. G. 1991. « Antennal and Mouthpart Sensilla of Tetrigidae (Orthoptera) ». *Annals of the Entomological Society of America* 84 (2) : 195-200. <https://doi.org/10.1093/aesa/84.2.195>.
- Blancard, D. 2009. *Les maladies de la tomate : identifier, connaître, maîtriser*. Paris : Quae.

- Bolouri Moghaddam, M. R., et W. Van den Ende. 2012. « Sugars and Plant Innate Immunity ». *Journal of Experimental Botany* 63 (11) : 3989-3998. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers129>.
- Boualem, M., H. Allaoui, et R. Hamadi. 2011. « Etude de la biologie de *Tuta absoluta* (Meyrick) et du prédateur naturel *Nesidiocoris tenuis* (REUTER) dans la région de Mostaghanem (Algérie) ». Présenté à AFPP, Neuvième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier, France, octobre 26-27.
- Braccini, C. L., A. S. Vega, M. V. Coll Aráoz, et al. 2015. « Both Volatiles and Cuticular Plant Compounds Determine Oviposition of the Willow Sawfly *Nematus oligospilus* on Leaves of *Salix* spp. (Salicaceae) ». *Journal of Chemical Ecology* 41 : 985-996. <https://doi.org/10.1007/s10886-015-0637-z>.
- Brahim, I., N. Lombarkia, et D. Zingg. 2014. « Application du Madex® (virus de la granulose) et du saccharose dans la lutte contre le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella* L.) dans la région de Batna (Algérie) ». Présenté à 8ème Conférence internationale Francophone d'Entomologie, Tunisie, juin 23-27.
- Brahim, I., et N. Lombarkia. 2018. « L'utilisation des sucres de commerce pour lutter contre le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella* L.) dans la région de Lambiridi (Wilaya de Batna, Algérie) ». *Options Méditerranéennes, Série A*, no. 124. CIHEAM.
- Brahim, I. 2022. « Evaluation d'infra-doses des métabolites primaires comme stimulateurs des défenses naturelles de la plante, sur pommier contre le Carpocapse (*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera ; Tortricidae) ». Thèse de doctorat, Université Batna 1.
- Bruce, T. J. A., L. J. Wadhams, et C. M. Woodcock. 2005. « Insect Host Location: A Volatile Situation ». *Trends in Plant Science* 10 (6) : 269-274. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.04.003>.
- Camara, M., A. Diedhiou, B. A. Sow, et al. 2013. « Analyse de la pluie simulée par les modèles climatiques régionaux de CORDEX en Afrique de l'Ouest ». *Sécheresse* 24 : 14-28.
- Cassier, P., J. Bohatier, et C. Descoins. 2000. *Communication chimique et environnement: les relations animales intraspécifiques et interspécifiques*. Paris : Belin Sup.
- CSAN Niger. 2016. « Biologie de *Tuta absoluta* ». Consulté en 2016. <https://www.csan-niger.com/biologie-de-tuta-absoluta.php>.

- Campos, M. R., A. Biondi, A. Adiga, R. N. C. Guedes, et N. Desneux. 2017. « From the Western Palaearctic Region to Beyond: *Tuta absoluta* 10 Years After Invading Europe ». *Journal of Pest Science* 90 (3) : 787-796. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0867-7>.
- Chang, P. E. C., et M. A. Metz. 2021. « Classification of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae: Gelechiinae: Gnorimoschemini) Based on Cladistic Analysis of Morphology ». *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 123 (1) : 41-54. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.123.1.41>.
- Chang, Y. W., et al. 2004. « The Ras/PKA Signaling Pathway Directly Targets the Srb9 Protein, a Component of the General RNA Polymerase II Transcription Apparatus ». *Molecular Cell* 15 (1) : 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2004.06.024>.
- Chapman, R. F. 2003. « Contact Chemoreception in Feeding by Phytophagous Insects ». *Annual Review of Entomology* 48 : 455-484. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112629>.
- Chen, Y., E. Bueno, et C. McIlhenny. 2022. « Cross-protection Interactions in Insect Pests: Implications for Pest Management in a Changing Climate ». *Pest Management Science* 79 (1) : 9-20. <https://doi.org/10.1002/ps.7191>.
- Cherif, A., S. Attia-Barhoumi, R. Mansour, L. Zappalà, et K. Grissa-Lebdi. 2019. « Elucidating Key Biological Parameters of *Tuta absoluta* on Different Host Plants and Under Various Temperature and Relative Humidity Regimes ». *Entomologia Generalis* 39 (1) : 1-7. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2019/0771>.
- Cherif, A., et F. J. Verheggen. 2019. « A Review of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Host Plants and Their Impact on Management Strategies ». *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 23 (4) : 270-278. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.18211>.
- Ceusters, N., W. Van den Ende, et J. Ceusters. 2017. « Exploration of Sweet Immunity to Enhance Abiotic Stress Tolerance in Plants: Lessons from CAM ». *Progress in Botany* 78 : 145-166. https://doi.org/10.1007/124_2017_3.
- Clarke, J. F. 1965. « Microlepidoptera of Juan Fernandez Island ». *Proceedings of the United States National Museum* 117 : 1-606.
- Cordelier, S., P. de Ruffray, B. Fritig, et S. Kauffmann. 2003. « Biological and Molecular Comparison Between Localized and Systemic Acquired Resistance Induced in Tobacco by a *Phytophthora megasperma* Glycoprotein Elicitor ». *Plant Molecular Biology* 51 : 235-238. <https://doi.org/10.1023/A:1021193222319>.

- Cocco, A., S. Deliperi, A. Lentini, R. Mannu, et G. Delrio. 2015. « Seasonal Phenology of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Protected and Open Field Crops in Mediterranean Climatic Conditions ». *Phytoparasitica* 43 : 713-724. <https://doi.org/10.1007/s12600-015-0489-7>.
- Coelho, M., et F. H. França. 1987. « Biología, quetotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traça-do-tomateiro ». *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 22 (2) : 129-135.
- Colmenárez, Y. C., C. Vásquez, A. de Freitas Bueno, F. Cantor, E. Hidalgo, N. Corniani, et al. 2022. « Sustainable Management of the Invasive *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): An Overview of Case Studies from Latin American Countries Participating in Plantwise ». *Journal of Integrated Pest Management* 13 (1) : 15. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmac012>.
- Corrado, G., R. Sasso, M. Pasquariello, L. Iodice, A. Carretta, P. Cascone, L. Ariati, et al. 2007. « Systemin Regulates Both Systemic and Volatile Signaling in Tomato Plants ». *Journal of Chemical Ecology* 33 (4) : 669-681. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9254-9>.
- Dajoz, R. 1996. *Précis d'écologie*. Paris : Dunod.
- Damodaram, K. J. P., V. Kempraj, R. M. Aurade, et al. 2014. « Centuries of Domestication Has Not Impaired Oviposition Site-Selection Function in the Silkworm, *Bombyx mori* ». *Scientific Reports* 4 : 7472. <https://doi.org/10.1038/srep07472>.
- Démarat, J. 2017. « Infra dose de sucres Contre carpocapse des pommes ». *Arbo Bio Infos*, no. 217 : 2.
- Derridj, S., V. Gregoire, J. P. Boutin, et V. Fiala. 1989. « Plant Growth Stages in the Interspecific Oviposition Preference of the European Corn Borer and Relations with Chemicals Present on the Leaf Surfaces ». *Entomologia Experimentalis et Applicata* 53 (3) : 267-276. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1989.tb01322.x>.
- Derridj, S., J. P. Boutin, V. Fiala, et L. L. Soldaat. 1996. « Composition en métabolites primaires de la surface foliaire du poireau : étude comparative, incidence sur la sélection de la plante hôte pour pondre par un insecte ». *Acta Botanica Gallica* 143 (2-3) : 125-130. <https://doi.org/10.1080/12538078.1996.10515333>.
- Derridj, S., et B. R. Wu. 1995. « Informations biochimiques présentes à la surface des feuilles. Implications dans la sélection de la plante hôte par un insecte ». Dans *Interactions insectes-plantes*, édité par P.-A. Calatayud et B. Vercambre, 43-51.

- Montpellier, France : Actes des 5èmes journées du groupe de travail relations insectes-plantes.
- Derridj, S., I. Cabanat, E. Cochet, P. Couzi, N. Lombarkia, et B. R. Wu. 1999. « Incidence des métabolites présents à la surface des organes du pommier sur le comportement de *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae) ». Présenté à A.N.P.P., 5ème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier, France, décembre 7-9.
- Derridj, S., Y. Elad, et A. N. E. Birch. 2009. « Sugar Signaling and a New Way for Vegetable and Fruit Induced Resistance Against Insects, Pathogens and Nematodes ». Présenté à IOBC/WPRS Working Group “Induced Resistance in Plants Against Insects and Diseases”, Granada, Spain, mai 12-16. <http://www.fvccee.uji.es/abstractbook.pdf>.
- Derridj, S. 2010. « Conditions d’application des sucres comme inducteurs de résistance des plantes aux phyto-agresseurs ». Présenté à Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques, Angers, 5-8.
- Derridj, S. 2016. « Utilisation de micro-doses de sucres en verger de pommier contre le carpocapse ». *Auxiliaire Bio*, no. 1 : 8-9.
- Derridj, S., N. Lombarkia, G. Clément, F. Moulin, et I. Cabanat. 2009. « *Malus domestica* L. and *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae) Relationships and Sugar Signaling ». Dans *Proceedings of the 25th International Society of Chemical Ecology*, 242. Neuchatel, Switzerland.
- Derridj, S., I. Arnault, A. Nicholas, E. Birch, Y. Elad, N. Lombarkia, P. Couzi, P. Pierre, et J. Auge. 2011. « Les sucres solubles, une opportunité pour l’agriculture durable ». *Phytoma – La défense des végétaux*, no. 640 : 10-14.
- Derridj, S., N. Lombarkia, J. P. Garrec, H. Galy, et E. Ferre. 2012. « Sugars on Leaf Surfaces Used as Signals by the Insect and the Plant: Implications in Orchard Protection Against *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae) ». Dans *Moths: Types, Ecological Significance and Control*, édité par L. Cauterrucio, 1-38. Hauppauge, NY : Nova Science Publishers.
- Desneux, N., E. Wajnberg, K. A. G. Wyckhuys, G. Burgio, S. Arpaia, C. A. Narváez-Vasquez, J. González-Cabrera, et al. 2010. « Biological Invasion of European Tomato Crops by *Tuta absoluta*: Ecology, Geographic Expansion and Prospects for Biological Control ». *Journal of Pest Science* 83 (3) : 197-215. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6>.

- Desneux, N., M. G. Luna, T. Guillemaud, et A. Urbaneja. 2011. « The Invasive South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta*, Continues to Spread in Afro-Eurasia and Beyond: The New Threat to Tomato World Production ». *Journal of Pest Science* 84 (4) : 403-408. <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0398-6>.
- Dicke, M., J. Tooker, A. Tena, et M. Calvo-Agudo. 2021. « Insecticide-contaminated Honeydew: Risks for Beneficial Insects ». *Biological Reviews* 97 (2) : 664-678. <https://doi.org/10.1111/bry.12817>.
- Drouai, H., F. Mimeche, A. Zedam, H. Mimeche, M. Belhamra, et M. Biche. 2016. « New Floristic Records of *Tuta absoluta* Meyrick 1917, in Zibans's Oasis (Biskra Algeria) ». *Journal of Entomology and Zoology Studies* 4 (3) : 130-132.
- DSA (Direction des Services Agricoles). 2025. *Service statistiques agricoles*. Batna, Algérie.
- Duarte, M. V. D. A. 2013. « Novas pragas agrícolas na Ilha de S. Nicolau-Cabo Verde : *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) e *Bactrocera invadens* (Drew, Tsuruta & White) (Dipt.: Tephritidae) ». Mémoire de master, Universidade de Lisboa (Portugal).
- Dufour, M. C. 2011. « Etude de l'efficacité des défenses de différents génotypes de *Vitis* induites par élicitation face à la diversité génétique de bioagresseurs (*Plasmopara viticola* et *Erysiphe necator*) : du gène au champ ». Thèse de doctorat, Université Bordeaux-Victor Segalen.
- Eberle, K. E., S. Asser-Kaiser, S. M. Sayed, H. T. Nguyen, et J. A. Jehle. 2008. « Overcoming the Resistance of Codling Moth Against Conventional *Cydia pomonella* Granulovirus (CpGV-M) by a New Isolate CpGV-I12 ». *Journal of Invertebrate Pathology* 98 (2) : 293-298. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2008.01.002>.
- Eberle, K. E., S. Sayed, M. Rezapanah, S. Shojai-estabragh, et J. A. Jehle. 2009. « Diversity and Evolution of the *Cydia pomonella* Granulovirus ». *Journal of General Virology* 90 (3) : 662-671. <https://doi.org/10.1099/vir.0.006999-0>.
- Elise, P., D. Erik, A. Mario, A. SamChim, et T. L. Tam. 1989. *La culture de la tomate, du piment et de poivron*. Wageningen : Agromisa.
- El-Shafie, H. 2020. « *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): An Invasive Pest Insect Threatening World Tomato Production ». Dans *Invasive Species - Introduction Pathways, Economic Impact, and Possible Management Options*, édité par H. El-Shafie, 1-16. Londres : IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89099>.

- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2005. « *Tuta absoluta*, Data Sheets on Quarantine Pests ». *EPPO Bulletin* 35 (3) : 434-435. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2005.00850.x>.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2008. « *Tuta absoluta* ». *EPPO Reporting Service*, no. 1 : 9. http://www.eppo.org/PUBLICATIONS/reporting/reporting_service.htm.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2013. « First Record of *Tuta absoluta* in Yemen ». *EPPO Reporting Service*, no. 4. www.eppo.int.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2021. « *Tuta absoluta* ». EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/GNORAB>.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2023. « *Tuta absoluta* ». EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/GNORAB>.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2025. « Distribution géographique de *Tuta absoluta* ». Mise à jour septembre 1, 2025. <https://gd.eppo.int/taxon/GNORAB/distribution>.
- Erdogan, P., et N. E. Babaroglu. 2014. « Life Table of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) ». *Journal of the Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*.
- Estay, P. 2000. « Polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) ». *Informativo La Platina* 9 : 1-4.
- Faessel, L., C. Gomy, N. Nassr, C. Tostivint, C. Hipper, et A. Dechanteloup. 2014. *Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes. Étude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques*. Rapport pour le ministère de l'Agriculture. Bio by Deloitte et RITTMO Agroenvironnement.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2015. *Base de donnée des statistiques*. Rome, Italy. <http://www.fao.org/faostat/>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2022. *Statistical database*. Rome, Italy. <https://www.fao.org/faostat>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2023. *Statistical database*. Rome, Italy. <https://www.fao.org/faostat>.
- Feng, B., K. Qian, et Y.-J. Du. 2017. « Floral Volatiles from *Vigna unguiculata* Are Olfactory and Gustatory Stimulants for Oviposition by the Bean Pod Borer Moth *Maruca vitrata* ». *Insects* 8 (2) : 60. <https://doi.org/10.3390/insects8020060>.

- Ferré, E. 2008. « Utilisation de sucre pour l'optimisation de la lutte contre (*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera, Tortricidae) en vergers de pommiers ». Thèse d'ingénieur agronome, Université.
- Ferré, E., H. Galy, F. Moulin, G. Clément, et S. Derridj. 2008. « Le saccharose inducteur de résistance du pommier contre *Cydia pomonella* ». Présenté à AFPP – Huitième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier, France, octobre 22-23.
- Fiala, V., J. P. Boutin, P. Barry, et S. Derridj. 1993. « Les métabolites de surface foliaire (phylloplan) : présence et rôle dans les relations plante-insecte ». *Acta Botanica Gallica* 140 (2) : 207-216. <https://doi.org/10.1080/12538078.1993.10515583>.
- Formela, M., M. Luboińska, D. Remlein-Starosta, A. Waskiewicz, Z. Karolewski, J. Bocianowski, L. Stepień, et al. 2020. « The Role of Saccharides in the Mechanisms of Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lupini* in Yellow Lupine (*Lupinus luteus* L.) ». *International Journal of Molecular Sciences* 21 (19) : 7258. <https://doi.org/10.3390/ijms21197258>.
- Foster, S. P., et M. O. Harris. 1997. « Behavioral Manipulation Methods for Insect Pest Management ». *Annual Review of Entomology* 42 : 123-146. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.123>.
- Frusciante, L., P. Carli, M. R. Ercolano, R. Pernice, A. Di Matteo, V. Fogliano, et N. Pellegrini. 2007. « Antioxidant Nutritional Quality of Tomato ». *Molecular Nutrition & Food Research* 51 (5) : 609-617. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600158>.
- Gallais, A., et H. Bannerot. 1992. *Amélioration des espèces végétales cultivées objectif et critères de sélection*. Paris : INRA.
- Garcia, M. F., et J. C. Espul. 1982. « Bioecology of the Tomato Moth (*Scrobipalpa absoluta*) in Mendoza, Argentine Republic ». *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 17 (2) : 135-146.
- Garcia-Brugger, A., O. Lamotte, E. Vandelle, S. Bourque, D. Lecourieux, B. Poinssot, D. Wendehenne, et A. Pugin. 2006. « Early Signaling Events Induced by Elicitors of Plant Defenses ». *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19 (7) : 711-724. <https://doi.org/10.1094/MPMI-19-0711>.
- Germain, J. F., A. I. Lacordaire, C. Cocquempot, J. M. Ramel, et E. Oudard. 2009. « Un nouveau ravageur de la tomate en France : *Tuta absoluta* ». *PHM Revue Horticole*, no. 512 : 7-41.

- Ghaderi, S., Y. Fathipour, M. A. Mirhosseini, et S. Asgari. 2020. « Field-Based Thermal Requirements Study to Improve *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Management ». *Journal of Crop Protection* 9 (4) : 591-599.
- Gharekhani, G. H., et H. Salek-Ebrahimi. 2014. « Evaluating the Damage of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on Some Cultivars of Tomato Under Greenhouse Condition ». *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 47 (4) : 429-436. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.814218>.
- Gilgenkrantz, S. 2012. « Story of the Tomato Through Its Genome ». *Médecine/Sciences* 28 (11) : 1000-1002. <https://doi.org/10.1051/medsci/20122811021>.
- Gontijo-Labory, C. R., L. V. C. Santa-Cecilia, W. R. Maluf, M. Cardoso, G. Bearzotti, E. Earzotti, et J. C. Souza. 1999. « Seleção indireta para teor de 2-tridecanona em tomateiros segregantes e sua relação com a resistência à traça-do-tomateiro ». *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34 (5) : 733-740. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000500001>.
- González, A., et al. 2021. « Effects of Sugar Solutions on the Survival and Feeding Behavior of *Tuta absoluta* Larvae ». *Journal of Pest Science* 94 (3) : 789-798. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01294-8>.
- Grubben, G. J. H., et A. Dentono. 2004. *Ressource végétale de l'Afrique tropicale 2. Légumes*. Wageningen : PROTA.
- Guedes, R. N. C., S. S. Walse, et J. E. Throne. 2017. « Sublethal Exposure, Insecticide Resistance, and Community Stress ». *Current Opinion in Insect Science* 27 : 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.009>.
- Guenaoui, Y., et A. Ghelamallah. 2008. « *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae), nouveau ravageur de la tomate en Algérie : premières données sur sa biologie en fonction de la température ». Présenté à AFPP - 8ème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier SupAgro, France, octobre 22-23.
- Guénaoui, Y., A. Dahliz, R. Bensaad, et K. Ouezzani. 2013. « Five Years After the First Records of *Tuta absoluta* (Meyrick) in Algeria, What Do We Expect from Its Native Natural Enemies? » Présenté à IV International Symposium, Agrosym 2013, 678-682.
- Guenther, A., C. Geron, T. Pierce, B. Lamb, P. Harley, et R. Fall. 2000. « Natural Emissions of Non-Methane Volatile Organic Compounds, Carbon Monoxide, and Oxides of Nitrogen from North America ». *Atmospheric Environment* 34 (12-14) : 2205-2230. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00465-3](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00465-3).

- Guerrand, J. 2003. *Biopesticides d'origine végétale*. 2e éd. Paris : Lavoisier.
- Halford, N. G., et M. J. Paul. 2003. « Carbon Metabolite Sensing and Signalling ». *Plant Biotechnology Journal* 1 (6) : 381-398. <https://doi.org/10.1046/j.1467-7652.2003.00036.x>.
- Han, P., Y. Bayram, L. Shaltiel-Harpaz, F. Sohrabi, A. Saji, U. T. Esenali, et al. 2019. « *Tuta absoluta* Continues to Disperse in Asia: Damage, Ongoing Management and Future Challenges ». *Journal of Pest Science* 92 (4) : 1317-1327. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1062-1>.
- Harpaz, L., F. Sohrabi, A. Saji, U. T. Esenali, et al. 2019. « *Tuta absoluta* Continues to Disperse in Asia: Damage, Ongoing Management and Future Challenges ». *Journal of Pest Science* 92 (4) : 1317-1327. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1062-1>.
- Hassaan, M. A., et A. El Nemr. 2020. « Pesticides Pollution: Classifications, Human Health Impact, Extraction and Treatment Techniques ». *Egyptian Journal of Aquatic Research* 46 (4) : 207-220. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>.
- Heath, M. C. 2002. « Hypersensitive Response-Related Death ». *Plant Molecular Biology* 44 (3) : 321-334. <https://doi.org/10.1023/A:1021255523832>.
- Hills, M. J. 2004. « Control of Storage-Product Synthesis in Seeds ». *Current Opinion in Plant Biology* 7 (3) : 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.03.003>.
- Hilmi, Z. A., B. H. Aloufi, et H. I. M. A. Husam. 2020. « A Review on SARS-CoV-2: The Origin, Taxonomy, Transmission, Diagnosis, Clinical Manifestations, Treatment and Prophylaxis ». *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences* 11 (1) : 52-66. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.11.1.0132>.
- Huffaker, C. B., et B. A. Croft. 1976. « Integrated Pest Management in the U.S.: Progress and Promise ». *Environmental Health Perspectives* 14 : 167-183. <https://doi.org/10.1289/ehp.7614167>.
- Illakwahhi, D. T., et B. B. L. Srivastava. 2017. « Control and Management of Tomato Leaf Miner - *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae): A Review ». *IOSR Journal of Applied Chemistry* 10 (6) : 14-22. <https://doi.org/10.9790/5736-1006011422>.
- INPV (Institut National de la Protection des Végétaux). 2008. *Nouveau déprédateur de la tomate : États des lieux et programme d'action*. Ministère de l'Agriculture, Algérie.
- INPV (Institut National de la Protection des Végétaux). 2009. *Mineuse de la tomate Tuta absoluta (Meyrick, 1917)*. Alger : INPV.

- INPV (Institut National de la Protection des Végétaux). 2010. *Bulletin d'informations phytosanitaires* N° 21. www.inpv.edu.dz.
- INPV (Institut National de la Protection des Végétaux). 2013. *Bulletin d'informations phytosanitaires* N° 31. www.inpv.edu.dz.
- Isman, M. B. 2006. « Botanical Insecticides, Deterrents, and Repellents in Modern Agriculture and an Increasingly Regulated World ». *Annual Review of Entomology* 51 : 45-66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>.
- Isman, M. B. 2020. « Botanical Insecticides in the Twenty-First Century—Fulfilling Their Promise? » *Annual Review of Entomology* 65 : 233-249. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010>.
- ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique). 2019. *Fiche d'Usage agricole de la substance de base saccharose*. <http://substances.itab.asso.fr/wp-content/uploads/2019/04/Saccharose.pdf>.
- Izhevsky, S. S., A. K. Akhatov, et S. Y. Sinyov. 2011. « *Tuta absoluta* Has Been Detected in Russia ». *Zashchita i Karantin Rastenii*, no. 3 : 40-44.
- Kalaisekar, A., et J. V. Patil. 2017. *Insect Pests of Millets: Systematics, Bionomics, and Management*. Cambridge, MA : Academic Press.
- Kappers, I. F., A. Aharoni, T. W. van Herpen, L. L. Luckerhoff, M. Dicke, et H. J. Bouwmeester. 2005. « Genetic Engineering of Terpenoid Metabolism Attracts Bodyguards to *Arabidopsis* ». *Science* 309 (5743) : 2070-2072. <https://doi.org/10.1126/science.1116232>.
- Karley, A. J., et al. 2021. « Entomologia Experimentalis et Applicata ». *Entomologia Experimentalis et Applicata* 169 (2) : 128-140. <https://doi.org/10.1111/eea.13058>.
- Kennedy, G. G. 2003. « Tomato, Pests, Parasitoids, and Predators: Tritrophic Interactions Involving the Genus *Lycopersicon* ». *Annual Review of Entomology* 48 : 51-72. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112733>.
- Khellaf, N. 2011. « Contribution à la lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sous serre ». Thèse de magister, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, El Harrach.
- Knolhoff, L. M., et D. G. Heckel. 2014. « Behavioral Assays for Studies of Host Plant Choice and Adaptation in Herbivorous Insects ». *Annual Review of Entomology* 59 : 263-278. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011613-161945>.

- Klarzynski, O., et B. Fritig. 2001. « Stimulation des défenses naturelles des plantes ». *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie* 324 (10) : 953-963. [https://doi.org/10.1016/S0764-4469\(01\)01376-5](https://doi.org/10.1016/S0764-4469(01)01376-5).
- Krechemer, F. S., et L. A. Foerster. 2015. « *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): Thermal Requirements and Effect of Temperature on Development, Survival, Reproduction and Longevity ». *European Journal of Entomology* 112 (4) : 658-663. <https://doi.org/10.14411/eje.2015.103>.
- Krid, K., et S. Messati. 2013. « Efficacité de la résistance de six variétés de la tomate à *Tuta absoluta* sous abris plastiques à l'ITDAS de Hassi ben Abdellah (Ouargla) ». Mémoire de master, Université Ouargla.
- Kuc, J. 1982. « Induced Immunity to Plant Disease ». *BioScience* 32 (11) : 854-860. <https://doi.org/10.2307/1309009>.
- Lacordaire, A., et E. Feuvrier. 2010. « *Tuta absoluta* : suivi de 16 exploitations de production de tomate pour savoir où et comment chercher pour trouver *Tuta* tôt et tester un prédateur ». *Phytoma, la défense des végétaux*, no. 632 : 40-44.
- Lambion, J., et C. Marollien. 2016. « Protection de la tomate en culture biologique sous abris: du sucre contre *Tuta absoluta* ». *Maraichage Bio Info*, no. 89 : 1-2.
- Lambion, J., C. Rochat, et E. Raguene. 2018. « Lutte biologique contre *Tuta absoluta* : tests de sucres ». Rapport M18PACA_01113 : 1-5.
- Lambion, J., et I. Arnault. 2019. « Les sucres contre la mineuse de la tomate ». Projet Casdar SWEET : 1-4.
- Lannou, C., D. Roby, V. Ravigné, M. Hannachi, et B. Moury. 2021. *L'Immunité des plantes. Pour des cultures résistantes aux maladies*. Versailles : Éditions Quæ.
- Lateur, M. 2002. « Perspectives de lutte contre les maladies des arbres fruitiers à pépins au moyen de substances naturelles inductrices d'une résistance systémique ». *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 6 (2) : 67-77.
- Latigui, A. 1984. « Effects des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée ». Thèse de magister, INRA El-Harrach, Algérie.
- Lee, J., B. Price, R. Parks, H. Yoon, M. Choi, et H. Jang. 2025. « Non-nutritive Sugar Feeding Alters the Genetic Profile of Diuretic Hormones and Their Receptors in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) ». *Annals of the Entomological Society of America*. <https://doi.org/10.1093/aesa/saaf014>.

- Leite, G. L. D., M. Picanço, R. N. C. Guedes, et J. C. Zanuncio. 1999. « Influence of Canopy Height and Fertilization Levels on the Resistance of *Lycopersicon hirsutum* to *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae) ». *Experimental and Applied Acarology* 23 (8) : 633-642. <https://doi.org/10.1023/A:1006291830672>.
- Leite, G. L. D., M. Picanço, R. N. C. Guedes, et J. C. Zanuncio. 2001. « Role of Plant Age in the Resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to the Tomato Leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) ». *Scientia Horticulturae* 89 (2) : 103-113. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00224-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00224-7).
- Lombarkia, N., et S. Derridj. 2002. « Incidence of Apple Fruit and Leaf Surface Metabolites on *Cydia pomonella* Oviposition ». *Entomologia Experimentalis et Applicata* 104 (1) : 79-87. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.00994.x>.
- Lombarkia, N., et S. Derridj. 2008. « Resistance of Apple Trees to *Cydia pomonella* Egg-Laying Due to Leaf Surface Metabolites ». *Entomologia Experimentalis et Applicata* 128 (1) : 57-65. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2008.00737.x>.
- Machado, R. A. R., V. Theepan, C. A. M. Robert, et al. 2021. « The Plant Metabolome Guides Fitness-Relevant Foraging Decisions of a Specialist Herbivore ». *PLOS Biology* 19 (5) : e3001114. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001114>.
- MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). 2009. <https://fr.madr.gov.dz/agriculture/>.
- MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). 2021. <https://fr.madr.gov.dz/agriculture/>.
- MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). 2024. <https://fr.madr.gov.dz/agriculture/>.
- Mahdi, K., et S. E. Doumandji. 2013. «Research on Temperature: Limiting Factor of Development of Tomato Leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)». *International Journal of Advanced Scientific Research* 4 (1) : 81-88.
- Mansour, R., T. Brévault, A. Chailleux, A. Cherif, K. Grissa-Lebdi, K. Haddi, S. A. Mohamed, et al. 2018. « Occurrence, Biology, Natural Enemies and Management of *Tuta absoluta* in Africa». *Entomologia Generalis* 38 (2): 83-112. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2018/0749>.
- Margarida, M. A. 2008. « Meneira do tomate (*Tuta absoluta*). Uma nova ameaça a produção de tomate ».

- Meradi, R. 2015. « Utilisation des sucres et de virus de la granulose dans la protection des pommiers contre le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera, Tortricidae) dans la région de Lambiridi (W. Batna) ». Mémoire de magister, Institut d'Agronomie, Université de Batna.
- Mile, A. R., et K. Yamada. 2024. « Sugar-Mediated Priming of Plant Defense Responses: Mechanisms and Agricultural Potential ». *Trends in Plant Science* 29 (3): 215-230. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.11.005>.
- Molla, O., H. Monton, F. Beitia, et A. Urbaneja. 2008. « La polilla del tomate, una nueva plaga invasora, *Tuta absoluta* (Meyrick) ». *Agrotécnicas*, no. 69 : 36-42.
- Morkunas, I., et L. Ratajczak. 2014. « The Role of Sugar Signaling in Plant Defense Responses Against Fungal Pathogens ». *Acta Physiologiae Plantarum* 36 (7): 1607-1619. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1559-z>.
- Moussa Mahamat Saleh, Z. 2010. « *Tuta absoluta* ou le « désastre absolu »: perspectives d'évolution à l'échelle géographique et stratégies de lutte ». Rapport de stage, AGROCAMPUS OUEST, ANGERS.
- Müller, C., et M. Hilker. 2001. « Host Finding and Oviposition Behavior in a Chrysomelid Specialist--The Importance of Host Plant Surface Waxes ». *Journal of Chemical Ecology* 27 (5) : 985-994. <https://doi.org/10.1023/A:1010343205114>.
- Muniappan, R. 2013. « *Tuta absoluta*: The Tomato Leaf Miner ». *Integrated Pest Management (IPM IL)*. Virginia Tech.
- Nacéri, A., I. Brahim, S. Chafaa, N. Bertela, et F. Mimeche. 2025. « Foliar Sugar Microdoses as a Biocontrol Approach Against the Tomato Leaf Miner *Tuta absoluta*: A Sustainable Pest Management Strategy ». *Biologica Nyssana* 16 (1). <https://doi.org/10.46793/biolnyss.16.1.16n>.
- Naika, S., J. van Lidt de Jeude, M. de Goffau, M. Hilmi, et B. van Dam. 2005. *La culture de tomate, production, transformation et commercialisation*. Wageningen : Agromisa.
- Nasri, A. 2015. « Utilisation des sucres et virus de la granulose pour la lutte contre le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera, Tortricidae) en verger de pommier situé dans la région d'Ain-touta (Wilaya de Batna) ». Mémoire de magister, Institut d'Agronomie, Université de Batna.
- Nechadi, S., F. Benddine, A. Moumen, et M. Kheddami. 2002. « Etat des maladies virales de la tomate et stratégie de lutte en Algérie ». *EPPO Bulletin* 32 (1) : 21-24. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2338.2002.00519.x>.

- Nichols, Mike, et Martin Hilmi. 2009. *Growing Vegetables for Home and Market*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Niinemets, Ü. 2010. « Mild versus Severe Stress and BVOCs: Thresholds, Priming and Consequences ». *Trends in Plant Science* 15 (3) : 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.008>.
- Nofemela, R., A. Biondi, R. Mansour, M. Kenis, H. Tonnang, A. Chailleux, L. Zappalà, et al. 2018. « Occurrence, Biology, Natural Enemies and Management of *Tuta absoluta* in Africa ». *Entomologia Generalis* 38 (2) : 83-112. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2018/0749>.
- Nürnberger, T., et F. Brunner. 2002. « Innate Immunity in Plants and Animals: Emerging Parallels Between the Recognition of General Elicitors and Pathogen-Associated Molecular Patterns ». *Current Opinion in Plant Biology* 5 (4) : 318-324. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(02\)00265-0](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(02)00265-0).
- Ondet, S. J. 2010. « Ajouter du sucre pour limiter les dégâts causés par les maladies cryptogamiques et les ravageurs ». *Arbo Bio*, no. 46 : 1-2. www.itab.asso.fr.
- Ondet, S.-J., et C. Gorski. 2015. « Stratégie de maîtrise du carpocapse du pommier par infra doses de sucre ». *Arboriculture*, fiche 17.2011.04 AB : 4.
- Parra, J. R. P., et R. A. Zucchi. 2004. « *Trichogramma* in Brazil: Feasibility of Use After Twenty Years of Research ». *Neotropical Entomology* 33 (3) : 271-281. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000300001>.
- Pautot, V., C. Rabaglia, et J. C. Pernollet. 1999. « La résistance des plantes aux agents pathogènes ». *Phytoma*, no. 521 : 10-15.
- Peralta, I. E., D. M. Spooner, et S. Knapp. 2008. « Taxonomy of Wild Tomatoes and Their Relatives (Solanum sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae) ». *Systematic Botany Monographs* 84 : 1-186.
- Pereira, S. J., W. F. Becker, A. F. Wamser, S. Mueller, et F. Romano. 2008. « Incidence of Adult Males of Tomato Moth in Conventional and Integrated Tomato Production Systems in Caçador, SC ». *Agropecuária Catarinense* 21 (1) : 66-73.
- Pereyra, P. C., et N. E. Sanchez. 2006. « Effect of Two Solanaceous Plants on Developmental and Population Parameters of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) ». *Neotropical Entomology* 35 (5) : 671-676. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000500016>.
- Perron, J.-Y. 1999. *Productions légumières*. Paris : Synthèse Agricole.

- Pieterse, C. M. J., C. Zamioudis, R. L. Berendsen, D. M. Weller, S. C. M. Van Wees, et P. A. H. M. Bakker. 2014. « Induced Systemic Resistance by Beneficial Microbes ». *Annual Review of Phytopathology* 52 : 347-375. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102340>.
- Pfeiffer, D. G., R. Muniappan, D. Sall, P. Diatta, A. Diongue, et E. O. Dieng. 2013. « First Record of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Senegal ». *Florida Entomologist* 96 (2) : 661-662. <https://doi.org/10.1653/024.096.0243>.
- Picanço, M., G. L. D. Leite, R. N. C. Guedes, et E. A. Silva. 1998. « Yield Loss in Trellised Tomato Affected by Insecticidal Sprays and Plant Spacing ». *Crop Protection* 17 (5) : 447-452. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00040-4](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00040-4).
- Pisithkul, T., J. W. Schroeder, E. A. Trujillo, P. Yeesin, D. M. Stevenson, T. Chaiamarit, J. J. Coon, J. D. Wang, et D. Amador-Noguez. 2019. « Metabolic Remodeling during Biofilm Development of *Bacillus subtilis* ». *mBio* 10 (3) : e00623-19. <https://doi.org/10.1128/mBio.00623-19>.
- Povolny, D. 1964. « Gnorimoschemini Trib. Nov. – Eine neue tribus der familie Gelechiidae nebst bemerkungen zu ihrer taxonomie (Lepidoptera) ». *Acta Societatis Entomologicae Cechosloveniae* 61 : 330-359.
- Povolny, D. 1987. « Gnorimoschemini of Southern America III: The Scrobipalpuloid Genera (Insecta, Lepidoptera: Gelechiidae) ». *Steenstrupia* 13 (5) : 1-91.
- Povolny, D. 1994. « Gnorimoschemini of Southern South America VI: Identification Keys, Checklist of Neotropical Taxa and General Considerations (Insecta, Lepidoptera, Gelechiidae) ». *Steenstrupia* 20 (1) : 1-42.
- Pretty, J., et Z. P. Bharucha. 2015. « Integrated Pest Management for Sustainable Intensification of Agriculture in Asia and Africa ». *Insects* 6 (1) : 152-182. <https://doi.org/10.3390/insects6010152>.
- Pretty, J., T. G. Benton, Z. P. Bharucha, L. V. Dicks, C. B. Flora, H. C. J. Godfray, D. Goulson, et al. 2018. « Global Assessment of Agricultural System Redesign for Sustainable Intensification ». *Nature Sustainability* 1 (8) : 441-446. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0>.
- Proffit, M., G. Birgersson, M. Bengtsson, R. Reis Jr., P. Witzgall, et E. Lima. 2011. « Attraction and Oviposition of *Tuta absoluta* Females in Response to Tomato Leaf Volatiles ». *Journal of Chemical Ecology* 37 (6) : 565-574. <https://doi.org/10.1007/s10886-011-9961-0>.

- Qamar, S., Y. J. Manrique, H. Parekh, et J. R. Falconer. 2020. « Nuts, Cereals, Seeds and Legumes Proteins Derived Emulsifiers as a Source of Plant Protein Beverages: A Review ». *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60 (16) : 2742-2762. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1657062>.
- Raghava, T., P. Ravikumar, R. Hegde, et A. Kush. 2010. « Spatial and Temporal Volatile Organic Compound Response of Select Tomato Cultivars to Herbivory and Mechanical Injury ». *Plant Science* 179 (5) : 520-526. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.08.003>.
- Raguso, R. A. 2016. « More Lessons from Linalool: Insights Gained from a Ubiquitous Floral Volatile ». *Current Opinion in Plant Biology* 32 : 31-36. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.05.007>.
- Ramade, F. 1993. *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. Paris : Ediscience International.
- Ramasamy, S., et M. Ravishankar. 2018. « Integrated Pest Management Strategies for Tomato Under Protected Structures ». Dans *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*, édité par W. Wakil, G. E. Brust, et T. M. Perring, 313-322. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00013-1>.
- Ramel, J. M., et E. Oudard. 2008. « *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) éléments de reconnaissance ».
- Rey, Y., et C. Costes. 1965. *La physiologie de la tomate*. Paris : INRA.
- Rey, F., J. Carriere, A. Ginez, M. Giraud, C. Goillon, M. Goude, J. Lambion, et al. 2014. *Stratégies de protection des cultures de tomates sous abri contre Tuta absoluta - Protection Biologique Intégrée, Agriculture Biologique*. Cahier technique TUTAPI. Paris : ITAB.
- Rincon, D., J. Gutierrez-Illan, et D. Crowder. 2024. « Assessing Pest Control Treatments from Phenology Models and Field Data ». *Pest Management Science* 81 (5) : 1851-1859. <https://doi.org/10.1002/ps.8585>.
- RMT Elicitra. 2013. *Projet de RMT Elicitra - Comprendre, développer et promouvoir au sein des filières végétales les stratégies de stimulation de défense des plantes*.
- Rolland, F., B. Moore, et J. Sheen. 2002. « Sugar Sensing and Signaling in Plants ». *The Plant Cell* 14 (suppl 1) : S185-S205. <https://doi.org/10.1105/tpc.010455>.

- Rolland, F., E. Baena-Gonzalez, et J. Sheen. 2006. « Sugar Sensing and Signaling in Plants: Conserved and Novel Mechanisms ». *Annual Review of Plant Biology* 57 : 675-709. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105441>.
- Ruescas, A., J. Calvo, et A. Urbaneja. 2010. « *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): A Devastating Pest Threatening Global Tomato Production ». *Journal of Pest Science* 83 (4) : 403-408. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0311-8>.
- Saad, N., et N. Sayah. 2013. « Bio-écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) dans la région de Biskra ». Mémoire d'ingénieur d'Etat en Agronomie, Université Biskra.
- Salas Gervasio, N. G., M. G. Luna, S. Lee, A. Salvo, et N. E. Sánchez. 2016. « Trophic Web Associated with the South American Tomato Moth *Tuta absoluta*: Implications for Its Conservation Biological Control in Argentina ». *Agricultural and Forest Entomology* 18 (2) : 137-144. <https://doi.org/10.1111/afe.12146>.
- Sannino, L., et B. Espinosa. 2010. *Tuta absoluta: Guida alla conoscenza e recenti acquisizioni per una corretta difesa*. L'Informatore Agrario.
- Sharma, A., V. Kumar, B. Shahzad, M. Tanveer, G. P. S. Sidhu, N. Handa, S. K. Kohli, et al. 2019. « Worldwide Pesticide Usage and Its Impacts on Ecosystem ». *SN Applied Sciences* 1 (11) : 1446. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>.
- Schoonhoven, L. M., T. Jermy, et J. J. A. van Loon. 1998. *Insect-Plant Biology: From Physiology to Evolution*. Londres : Chapman and Hall.
- Schoonhoven, L. M., J. J. A. van Loon, et M. Dicke. 2005. *Insect-Plant Biology*. 2e éd. Oxford : Oxford University Press.
- Schoen, L. 2008. « *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) : la chenille mineuse venue d'ailleurs ». *Phytoma*, no. 232 : 503-509.
- Shankara, N., J. van Lidt de Jeude, M. de Goffau, M. Hilmi, B. van Dam, et A. Florijin. 2005. *La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation*. 5e éd. Agrodok 17. Wageningen : Agromisa.
- Sharma, A., V. Kumar, B. Shahzad, M. Tanveer, G. P. S. Sidhu, N. Handa, S. K. Kohli, et al. 2019. « Worldwide Pesticide Usage and Its Impacts on Ecosystem ». *SN Applied Sciences* 1 (11) : 1446. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>.
- Sharma, A., S. Sharma, A. Kumar, V. Kumar, et A. K. Sharma. 2022. « Plant Secondary Metabolites: An Introduction of Their Chemistry and Biological Significance ».

- Dans *Plant Secondary Metabolites*, édité par A. K. Sharma, A. Sharma, et S. Sharma, 1-45. Singapour : Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4779-6_1.
- Shashank, P. R., K. Chandrashekar, N. M. Meshram, et K. Shreedevi. 2015. « Occurrence of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) an Invasive Pest from India ». *Indian Journal of Entomology* 77 (4) : 323-329. <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2015.00069.4>.
- Shykoff, J. A. 2007. « Specialization and Local Adaptation of a Fungal Parasite on Two Host Plant Species as Revealed by Two Fitness Traits ». *Evolution* 61 (1) : 27-41. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2007.00003.x>.
- Silva, G. A., M. C. Picanço, L. Bacci, A. L. B. Crespo, J. F. Rosado, et R. N. C. Guedes. 2011. « Control Failure Likelihood and Spatial Dependence of Insecticide Resistance in the Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* ». *Pest Management Science* 67 (8) : 913-920. <https://doi.org/10.1002/ps.2131>.
- Silva, R., et al. 2024. « Field Efficacy of Sugar Spraying Against *Tuta absoluta* in Tomato Crops ». *Agricultural Sciences* 15 (2) : 123-130. <https://doi.org/10.4236/as.2024.152009>.
- Simpson, S. J., F. J. Clissold, M. Lihoreau, F. Ponton, S. M. Wilder, et D. Raubenheimer. 2015. « Recent Advances in the Integrative Nutrition of Arthropods ». *Annual Review of Entomology* 60 : 293-311. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020917>.
- Siqueira, H. A. A., R. N. C. Guedes, et M. C. Picanço. 2000. « Insecticide Resistance in Populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) ». *Agricultural and Forest Entomology* 2 (2) : 147-153. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2000.00062.x>.
- Smeekens, S., et F. Rook. 1997. « Sugar Sensing and Sugar-Mediated Signal Transduction in Plants ». *Plant Physiology* 115 (1) : 7-13. <https://doi.org/10.1104/pp.115.1.7>.
- Smeekens, S. 2000. « Sugar-Induced Signal Transduction in Plants ». *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51 : 49-81. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.49>.
- Smeekens, S., J. Ma, J. Hanson, et F. Rolland. 2010. « Sugar Signals and Molecular Networks Controlling Plant Growth ». *Current Opinion in Plant Biology* 13 (3) : 274-279. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.12.002>.
- Snyder, W. 2019. « Give Predators a Complement: Conserving Natural Enemy Biodiversity to Improve Biocontrol ». *Biological Control* 135 : 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.04.017>.

- Soler, A., P.-M. Alphonsine, C. Corbion, S. Marie-Luce, et P. Quénéhervé. 2012. « Les défenses naturelles des plantes contre les bioagresseurs : Un nouvel atout dans la mise au point de systèmes de cultures plus écologiques ». *Les Cahiers du PRAM* 5 : 31-34.
- Spann, T. M., et A. W. Schumann. 2010. *Mineral Nutrition Contributes to Plant Disease and Pest Resistance*. University of Florida IFAS Extension. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Spooner, D. M., G. J. Anderson, et R. K. Jansen. 1993. « Chloroplast DNA Evidence for the Interrelationships of Tomatoes, Potatoes, and Pepinos (Solanaceae) ». *American Journal of Botany* 80 (6) : 676-688. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1993.tb15238.x>.
- Sridhar, V., A. K. Chakravarthy, R. Asokan, L. S. Vinesh, K. B. Rebijith, et S. Vennila. 2014. « New Record of the Invasive South American Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in India ». *Pest Management in Horticultural Ecosystems* 20 (2) : 148-154.
- SRPV d'Ain-Touta (Station Régionale de la Protection des Végétaux). 2023. *Données sur le Tuta absoluta*.
- Städler, E. 1984. « Contact Chemoreception ». Dans *Chemical Ecology of Insects*, édité par W. J. Bell et R. T. Cardé, 3-35. Londres : Chapman & Hall.
- Sylla, E. S. 2018. « Invasion de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) au Sénégal : dynamique des populations, gamme d'hôtes et potentiel de régulation biologique ». Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Sénégal.
- Sylla, S., T. Brévault, L. S. Monticelli, K. Diarra, et N. Desneux. 2019. « Geographic Variation of Host Preference by the Invasive Tomato Leaf Miner *Tuta absoluta*: Implications for Host Range Expansion ». *Journal of Pest Science* 92 (4) : 1387-1396. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01094-9>.
- Tarkowski, Ł. P., B. Van de Poel, M. Höfte, et W. Van den Ende. 2019. « Sweet Immunity: Inulin Boosts Resistance of Lettuce (*Lactuca sativa*) Against Grey Mold (*Botrytis cinerea*) in an Ethylene-Dependent Manner ». *International Journal of Molecular Sciences* 20 (5) : E1052. <https://doi.org/10.3390/ijms20051052>.
- Thiéry, D., S. Derridj, P.-A. Calatayud, N. Maher, et F. Marion-Poll. 2012. « L'insecte au contact des plantes ». Dans *Insectes et acariens des cultures maraîchères*, édité par D. Thiéry, 347-368. Versailles : Éditions Quæ.

- Thordal-Christensen, H. 2003. « Fresh Insights into Processes of Nonhost Resistance ». *Current Opinion in Plant Biology* 6 (4) : 351-357. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00063-3](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00063-3).
- Tiffrent, A. 2023. « Induction de la résistance du pommier (*Malus domestica* Borkh.) par l'application foliaire des sucres pour la lutte contre le carpocapse des pommes et des poires, *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae) ». Thèse de doctorat, Université de Batna. <http://dspace.univ-batna.dz/xmlui/handle/123456789/8127>.
- Tropea Garzia, G., G. Siscaro, A. Biondi, et L. Zappalà. 2012. « *Tuta absoluta*, a South American Pest of Tomato Now in the EPPO Region: Biology, Distribution and Damage ». *EPPO Bulletin* 42 (2) : 205-210. <https://doi.org/10.1111/epp.2556>.
- Trouvelot, S., M.-C. Héloir, B. Poinssot, A. Gauthier, F. Paris, C. Guillier, M. Combier, et al. 2014. « Carbohydrates in Plant Immunity and Plant Protection: Roles and Potential Application as Foliar Sprays ». *Frontiers in Plant Science* 5 : 592. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00592>.
- Urbaneja, A., J. González-Cabrera, J. Arnó, et R. Gabarra. 2012. « Prospects for Biological Control of *Tuta absoluta* in Tomatoes of the Mediterranean Basin ». *Pest Management Science* 68 (9) : 1215-1222. <https://doi.org/10.1002/ps.3344>.
- Van Eck, J., D. D. Kirk, et A. M. Walmsley. 2006. *Agrobacterium Protocols: Second Edition, Volume 1*. édité par Kan Wang. Totowa, NJ : Humana Press.
- Vargas, H. 1970. « Observaciones sobre la biología y enemigos naturales de la polilla del tomate, *Gnorimoschema absoluta* (Meyrick) (Lep. Gelechiidae) ». *IDESIA* 1 : 75-110.
- Verheggen, F., et R. B. Fontus. 2019. « First Record of *Tuta absoluta* in Haiti ». *Entomologia Generalis* 38 (4) : 349-353. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2019/0778>.
- Visser, J. H. 1988. « Host-Plant Finding by Insects: Orientation, Sensory Input and Search Patterns ». *Journal of Insect Physiology* 34 (4) : 259-268. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(88\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0022-1910(88)90057-1).
- Vivekanandhan, P., K. Swathy, T. A. Alahmadi, et M. J. Ansari. 2024. « Biological Control Effects of Chemical Molecules Derived from *Beauveria bassiana* Against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) Larvae ». *Frontiers in Microbiology* 15 : 1336334. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1336334>.
- Wyckhuys, K. A., Y. Lu, W. Zhou, M. J. Cock, S. E. Naranjo, A. Fereti, ... et M. J. Furlong. 2020. « Ecological Pest Control Fortifies Agricultural Growth in Asia-Pacific

- Economies » *Nature Ecology & Evolution* 4 (11) : 1522-1530. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01294-y>.
- Zaaboubi, S., I. Brahim, I. Brahim, S. N. Nacer, et Y. Moussaoui. 2025a. « The Control of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera, Tortricidae) Population Using Sugars Under Semi-Arid Climate (Batna, Algeria) ». *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Biologia* 70 (1) : 133-152. <https://doi.org/10.24193/subbbiol.2025.1.07>.
- Zaaboubi, S., I. Brahim, A. Djerah, S. Chafaa, F. Mimeche, et I. Brahim. 2025b. « Sustainable Management of the Codling Moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) Using Sugar in Northeast of Algeria ». *Biologica Nyssana* 16 (2). <https://doi.org/10.46793/BiolNyss.16.2.2Z>.
- Zaynab, M., M. Fatima, Y. Sharif, M. H. Zafar, H. Ali, et K. A. Khan. 2019. « Role of Primary Metabolites in Plant Defense Against Pathogens ». *Microbial Pathogenesis* 137 : 103728. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103728>.
- Zeugrou, R., et B. Badache. 2012. « Contribution à la lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sous serre ». Mémoire d'ingénieur d'Etat en Agronomie, Université Biskra.
- Zhang, Gui-fen, Wang Yu-sheng, Gao You-hua, et al. 2020. « First Report of the South American Tomato Leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick), in China ». *Journal of Integrative Agriculture* 19 (7) : 1912-1917. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63189-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63189-6).
- Zhao, L., C. Feng, K. Wu, W. Chen, Y. Chen, X. Hao, et Y. Wu. 2017. « Advances and Prospects in Biogenic Substances Against Plant Virus: A Review ». *Pesticide Biochemistry and Physiology* 135 : 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.07.003>.
- Zhao, H., S. Ni, S. Cai, et G. Zhang. 2021. « Comprehensive Dissection of Primary Metabolites in Response to Diverse Abiotic Stress in Barley at Seedling Stage ». *Plant Physiology and Biochemistry* 161 : 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.01.048>.
- Zheng, F., L. Chen, P. Zhang, J. Zhou, X. Lu, et W. Tian. 2020. « Carbohydrate Polymers Exhibit Great Potential as Effective Elicitors in Organic Agriculture: A Review ». *Carbohydrate Polymers* 230 : 115637. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115637>.
- Zuckerman, B. M., et H.-B. Jansson. 1984. « Nematode Chemotaxis and Possible Mechanisms of Host/Prey Recognition ». *Annual Review of Phytopathology* 22 : 95-113. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.22.090184.000523>.
- Economies » *Nature Ecology & Evolution* 4 (11) : 1522-1530. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01294-y>.

- Zaaboubi, S., I. Brahim, I. Brahim, S. N. Nacer, et Y. Moussaoui. 2025a. « The Control of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera, Tortricidae) Population Using Sugars Under Semi-Arid Climate (Batna, Algeria) ». *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Biologia* 70 (1) : 133-152. <https://doi.org/10.24193/subbbiol.2025.1.07>.
- Zaaboubi, S., I. Brahim, A. Djerah, S. Chafaa, F. Mimeche, et I. Brahim. 2025b. « Sustainable Management of the Codling Moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) Using Sugar in Northeast of Algeria ». *Biologica Nyssana* 16 (2). <https://doi.org/10.46793/BiolNyss.16.2.2Z>.
- Zaynab, M., M. Fatima, Y. Sharif, M. H. Zafar, H. Ali, et K. A. Khan. 2019. « Role of Primary Metabolites in Plant Defense Against Pathogens ». *Microbial Pathogenesis* 137 : 103728. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103728>.
- Zeugrou, R., et B. Badache. 2012. « Contribution à la lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sous serre ». Mémoire d'ingénieur d'Etat en Agronomie, Université Biskra.
- Zhang, Gui-fen, Wang Yu-sheng, Gao You-hua, et al. 2020. « First Report of the South American Tomato Leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick), in China ». *Journal of Integrative Agriculture* 19 (7) : 1912-1917. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63189-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63189-6).
- Zhao, L., C. Feng, K. Wu, W. Chen, Y. Chen, X. Hao, et Y. Wu. 2017. « Advances and Prospects in Biogenic Substances Against Plant Virus: A Review ». *Pesticide Biochemistry and Physiology* 135 : 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.07.003>.
- Zhao, H., S. Ni, S. Cai, et G. Zhang. 2021. « Comprehensive Dissection of Primary Metabolites in Response to Diverse Abiotic Stress in Barley at Seedling Stage ». *Plant Physiology and Biochemistry* 161 : 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.01.048>.
- Zheng, F., L. Chen, P. Zhang, J. Zhou, X. Lu, et W. Tian. 2020. « Carbohydrate Polymers Exhibit Great Potential as Effective Elicitors in Organic Agriculture: A Review ». *Carbohydrate Polymers* 230 : 115637. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115637>.
- Zuckerman, B. M., et H.-B. Jansson. 1984. « Nematode Chemotaxis and Possible Mechanisms of Host/Prey Recognition ». *Annual Review of Phytopathology* 22 : 95-113. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.22.090184.000523>.

ANNEXES

Annexe 1 : Evolution des captures des adultes mâles

Date	Temp °C	Captures Lamartine F1	Captures SeyhanF1
08/06/2017	19,35	30	19
15/06/2017	24,45	39	36
22/06/2017	23,75	10	20
29/06/2017	30,7	43	11
06/07/2017	22,1	48	55
13/07/2017	24,25	30	52
20/07/2017	28,65	95	105
27/07/2017	30,5	23	30
03/08/2017	23,8	100	120
10/08/2017	26,2	28	30
17/08/2017	24,25	58	75
24/08/2017	25,9	130	150
31/08/2017	22,6	198	210
07/09/2017	18,55	36	47
14/09/2017	18	49	58
<i>/</i>	<i>/</i>	917	1018

Annexe 2 : Durée de vie des stades de *T. absoluta* chez variété Seyhan F1

Date	Tem °C	Durée de vie de chaque stade							Durée totale du cycle
		Œufs	L1	L2	L3	L4	Chrys	Adulte	
07/08/2017	24,95	4,5	3,66	4,33	5	5	8	10	40,49
13/08/2017	24,35	4,67	4	4	5,33	6,5	9	10	43,5
21/08/2017	35	2	2	3	3	4	9,33	12	35,33
27/09/2017	19,75	5	5	5,33	6,5	7	5,5	10	44,33
11/09/2017	15,9	8	6	7,33	8	8	10,66	11,5	59,49
20/09/2017	18,45	6,67	4	6	7	6,66	10,33	16	56,66
MOYENNE	23,07	5,14	4,11	5	5,81	6,19	8,8	11,58	46,63
e.s	2,78	0,84	0,55	0,63	0,72	0,59	0,77	0,95	3,86

Annexe 3 : Durée des stades de développement de *Tuta absoluta* sur la tomate Lamantin F1

Date	Temp °C	Durée de vie de chaque stade							Durée totale du cycle
		Œufs	L1	L2	L3	L4	Chrys	Adulte	
07/08/2017	24,95	4,67	3,67	3,33	5	8,67	8,3	11	46,34
13/08/2017	24,35	3,67	3,67	3,3	5,33	8	9,5	10	42,27
21/08/2017	35	3	3	3	5	8	9	9,67	41,17
27/09/2017	19,75	4,67	4,33	6	6	9,33	8,5	13,67	53
11/09/2017	15,9	5,67	5,33	5,3	6	8,33	10	14	53,13
20/09/2017	18,45	5,33	5,33	5,3	6	8,33	9,22	18	58,29
Moyenne	23,07	4,5	4,22	4,37	5,56	8,44	0,74	12,72	49,03
Ecart-type	6,8	1,01	0,96	1,3	0,5	0,5	0,74		

Résumé

La culture tomate algérienne, menacée par *Tuta absoluta*, requiert des stratégies durables face aux limites et impacts de la lutte chimique. Notre étude vise à développer une stratégie de lutte intégrée en caractérisant la bio-écologie du ravageur dans les conditions de la région de Tazoult (Batna) et en évaluant l'efficacité de sucres foliaires comme alternative aux insecticides en plein champs et au laboratoire. La méthodologie a combiné un suivi en plein champ des populations via des pièges à phéromones sur deux variétés (Seyhan F1 et Lamantin F1) avec des essais testant différentes concentrations de saccharose et de fructose (10-1000 ppm) selon un dispositif randomisé. Les paramètres évalués incluaient la dynamique des populations, les taux d'infestation, la surface foliaire minée et l'abondance des stades larvaires. Les résultats ont révélé quatre générations annuelles influencées par la température et la variété, la Lamantin F1 étant moins attractive et un cycle de développement de l'insecte plus long, suggérant l'existence de mécanismes de résistance variétale. Les résultats de l'apport exogène des sucres ont démontré un effet différentiel et spécifique. Le saccharose à 100 ppm a significativement réduit la surface foliaire minée de 25 % et l'abondance des stades larvaires avancés (L3, L4). À l'inverse, le fructose a souvent exercé un effet phagostimulant, exacerbant les dégâts. Les essais en laboratoire sur la variété Saada F1 ont précisé les mécanismes d'action, révélant une efficacité stratifiée verticalement, avec une protection apicale remarquable (efficacité Abbott de 64,98 %) pour le mélange saccharose-fructose à 1000 ppm, probablement via une altération des signaux de surface foliaire et de la disponibilité cationique. Il est recommandé d'intégrer le saccharose (100-1000 ppm) dans les stratégies de lutte intégrée en ciblant les stades larvaires avancés et les strates apicales, et de privilégier la variété Lamantin F1. Les perspectives concernent l'optimisation des calendriers d'application et l'étude des synergies avec d'autres agents de biocontrôle.

Mots-clés : *Tuta absoluta*, Tomate, Stimulateurs de défenses naturelles, Glucides, Métabolites primaires

Abstract

Algerian tomato cultivation, threatened by *Tuta absoluta*, requires sustainable strategies to address the limitations and impacts of chemical control. Our study aimed to develop an integrated pest management strategy by characterizing the pest's bio-ecology in the Tazoult region (Batna) and evaluating the efficacy of foliar sugars as an alternative to insecticides in both field and laboratory settings. The methodology combined field monitoring of pest populations using pheromone traps on two tomato varieties (Seyhan F1 and Lamantin F1) with randomized trials testing different concentrations of sucrose and fructose (10-1000 ppm). Evaluated parameters included population dynamics, infestation rates, mined leaf area, and larval stage abundance. Results revealed four annual generations influenced by temperature and variety, with Lamantin F1 being less attractive and supporting a longer insect development cycle, suggesting varietal resistance mechanisms. The application of exogenous sugars on the Saada F1 variety demonstrated a differential and specific effect. Sucrose at 100 ppm significantly reduced mined leaf area by 25% and the abundance of advanced larval stages (L3, L4). Conversely, fructose often acted as a phagostimulant, exacerbating damage. Laboratory trials clarified the mechanisms of action, revealing a vertically stratified efficacy, with remarkable apical protection (Abbott efficacy of 64.98%) for the sucrose-fructose mixture at 1000 ppm, likely through alteration of leaf surface signals and cation availability. Integrating sucrose (100-1000 ppm) into IPM strategies by targeting advanced larval stages and apical strata, and prioritizing the Lamantin F1 variety, is recommended. Future perspectives include optimizing application schedules and studying synergies with other biocontrol agents.

Keywords : *Tuta absoluta*, Tomato, Natural defense stimulators, Carbohydrates, Primary méabolites

الملخص

تواجه زراعة الطماطم في الجزائر، المهددة من قبل حشرة توتا أيسولوتا، حاجة ملحة لاستراتيجيات مستدامة لمعالجة قيود وأثار مكافحة الكيماوية. هدفت دراستنا إلى تطوير استراتيجية للمكافحة المتكاملة من خلال توصيف البيئة الحيوية للأفة في منطقة تازولت (باتنة) وتقييم فعالية السكريات الورقية كبديل للمبيدات الحشرية في كل من الحقل والمختبر. جمعت منهجية العمل بين المراقبة الحقلية لمجتمعات الأفة باستخدام مصائد الفيرومونات على صنفين من الطماطم (سيحان أف 1 و لامانتين أف 1) مع اختبارات عشوائية لتركيزات مختلفة من السكروز والفركتوز (10-1000 جزء في المليون). شملت المعايير التي تم تقييمها ديناميكيات المجموعة، معدلات الإصابة، مساحة السطح الورقي المتأثر، ووفرة الأطوار اليرقية. كشفت النتائج عن وجود أربعة أجيال سنوية تتأثر بدرجة الحرارة والصنف، حيث كان صنف لامانتين أف 1 أقل جاذبية للأفة ويدعم دورة تطور أطول للحشرة، مما يشير إلى آليات مقاومة صنفية. أظهر تطبيق السكريات الخارجية تأثيرًا تفاضليًا ومحددًا. حيث قلل السكروز بتركيز 100 جزء في المليون بشكل ملحوظ من مساحة السطح الورقي المتأثر بنسبة 25% ومن وفرة الأطوار اليرقية المتقدمة (L3, L4). على العكس من ذلك، عمل الفركتوز في كثير من الأحيان كمحفز للتغذية، مما زاد الضرر سوءًا. أوضحت الاختبارات المعملية التي أجريت على صنف سعادة أف 1 آليات العمل، وكشفت عن فعالية طبقية رأسية، مع حماية قمية ملحوظة (فعالية أبوت 64.98%) لمزيج السكروز-الفركتوز بتركيز 1000 جزء في المليون، وذلك على الأرجح من خلال تعديل إشارات سطح الورقة وتوافر الكاتيونات. يوصى بدمج السكروز (100-1000 جزء في المليون) في استراتيجيات المكافحة المتكاملة من خلال استهداف الأطوار اليرقية المتقدمة والطبقات القمية، والاعتماد على صنف لامانتين أف 1. تشمل الآفاق المستقبلية تحسين جداول التطبيق ودراسة التأثر مع عوامل المكافحة الحيوية الأخرى.

الكلمات المفتاحية: توتا أيسولوتا، الطماطم، محفزات الدفاع الطبيعية، الكربوهيدرات، المستقبلات الأولية.