

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Domaine : S.N.V
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Protection des végétaux

THESE

PRESENTEE POUR
L'OBTENTION DU DIPLOME
DE DOCTORAT 3^{ème} cycle LMD
par :

KRACHE FARIAL

Thème

Optimisation des stratégies de lutte à l'égard de la mineuse de la
tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)
(Lepidoptera : Gelechiidae)

Devant le Jury :

LARID Mohamed	Professeur	U. Mostaganem	Président
BOUALAM Malika	Maitre de conférences A	U. Mostaganem	Directrice de Thèse
BENOURAD Fouzia	Maitre de conférences A	U. Mostaganem	Co-directrice de Thèse
TAIBI Ahmed	Professeur	C.U. Tipaza	Examineur
GHELAMALLAH Amine	Maitre de conférences A	U. Mostaganem	Examineur

Année universitaire 2022/ 2023

REMERCIEMENTS

Louange à Allah qui a illuminé le chemin de la science et de la connaissance et nous a aidé à remplir ce devoir et nous a permis d'accomplir ce travail.

Après quatre ans de travail, je suis convaincue que la thèse est de loin d'être un travail solitaire. Si le fruit de cette thèse peut se résumer en quelques dizaines de pages, sa réalisation fut à la fois une expérience professionnelle enrichissante et une expérience humaine hors du commun. Cette expérience de vie tant rêvée, m'a permis d'apprendre, de partager, d'échanger, mais surtout de rencontrer, côtoyer et collaborer avec de nombreuses personnes, sans qui ce travail n'aurait pas pu être mené à bien.

Mes remerciements sont vains mots pour exprimer ma profonde gratitude et mon respect à ma Directrice de thèse Mme BOUALAM Malika, MCA à l'université de Mostaganem. Une femme intègre, qui a su diriger, orienter, conseiller, ne lésinant sur aucun moyen, ni perspective, œuvrant pour nous mettre le pied à l'étrier. Sa sagesse, sa bravoure et son altruisme font d'elle une enseignante exemplaire. Mes remerciements sont vains mots pour exprimer ma profonde gratitude et mon respect, qui lui sont dus.

J'exprime mes plus vifs et sincères remerciements à Mme BENOURED Fouzia, MCA à l'université de Mostaganem qui a su me faire partager toutes ses connaissances, mais aussi pour sa patience et le temps qu'elle a su consacrer à la finalité de mon travail.

Mes sincères remerciements s'adressent également à M. LARID Mohamed Professeur à l'Université de Mostaganem, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury.

J'exprime mes sincères gratitude et considérations à l'examineur du jury de ma thèse M. TAIBI Ahmed, professeur au centre universitaire de Tipaza. Votre présence est pour moi un grand honneur. Je mesure à sa juste valeur le temps qu'il m'accorde.

Je remercie vivement M. GHELAMALLAH Amine, MCA à l'université de Mostaganem, mon enseignant, je vous dois tout, absolument tout. Certains mots sont salvateurs et vous mettent le vent en poupe qu'il me soit permis de vous remercier encore une fois pour l'intérêt que vous porterez à l'examination de cette étude.

J'exprime mes remerciements et ma profonde reconnaissance à HADJEB Smail le directeur commercial de la société Profert Spa, pour son aide, sa présence, son encouragement et soutien tout au long ces quatre années.

Je remercie particulièrement Pr. Jose Fernandez-Triana, Pr. Bernardo Umberto, Pr. Zhang Yi-Bo pour leur aide dans l'identification des parasitoïdes, et Dr. Corro Chang Patricia Esther pour son aide dans l'identification de *Tuta absoluta*.

Mes sincères remerciements vont également à ma chère enseignante feu « BAHI Kheira » qui a identifié les espèces végétales sélectionnées dans notre étude. On ne vous oubliera jamais, Qu'allah illumine votre tombe et vous accueille dans son vaste paradis.

Je remercie également Cyril pour son aide inestimable dans l'identification par GC-MS des composés bioactifs des extraits et huiles essentielles.

J'exprime toute ma reconnaissance à M. BENABDELMOUMENE Djilali pour m'avoir aidé pour les analyses statistiques de mes résultats, pour son soutien et ses conseils.

Je souhaiterais remercier les agriculteurs qui m'ont accueilli dans leurs parcelles. Merci pour votre abnégation, votre sourire, votre accueil.

Mes remerciements vont notamment au personnel de la ferme expérimentale de l'Université de Mostaganem

Mes remerciements les plus distingués sont orientés éventuellement à l'ensemble des étudiants de l'Université de Mostaganem qui ont participé dans le cadre de leurs projets de fin de cycle de formation avec sérieux et compétence au bon déroulement de cette étude.

Je remercie mes parents, mes sœurs et mon beau frère, la source constante d'encouragement, de soutien et d'affection, et sans qui je n'aurais pas pu aller au bout de mes rêves. Je n'ai pas de mots pour vous dire à quel point je vous remercie.

Que serais-je devenu sans l'énorme participation, la bonne humeur, et la très grande sagesse de mes amis : Azzou, Mokhtar et Mounir. Khadidja, Rayan et Amina qu'ils trouvent ici l'expression de mes plus profonds sentiments. Vous êtes mon équilibre. Chacun de vous a su me combler, écouter, bander, et guérir. Merci pour tout ce que vous faites pour moi.

Je ne saurais terminer cette série de remerciement sans penser à tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé et encouragé au cours de la réalisation de ce travail, recevez mes remerciements sincères.

À mes chers parents

ملخص

، *Gelechiidae* عائلة من *microlépidoptère* ، هو حفار أوراق الطماطم ، *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) موطنه أمريكا اللاتينية. لوحظ لأول مرة في مستغانم عام 2008 ومنذ ذلك الحين استمر في التسبب في مشاكل كبيرة لقطاع إنتاج الخضر في المنطقة. تهاجم *T. absoluta* الأوراق، الساق والثمار حيث تفقد نباتات الطماطم المصابة ما يصل إلى 80-100% من غلتها. الهدف العام من هذه الدراسة هو البحث عن بدائل للتحكم الكيميائي في *T. absoluta* في ضوء الآثار الضارة للمبيدات الكيميائية الاصطناعية على الإنسان والبيئة والحيوانات وعدم توافقها مع الحشرات النافعة ، فقد ركزت الأبحاث على البدائل المستدامة. بعض طرق مكافحة المستخدمة بمفردها أو مجتمعة من شأنها السيطرة بفعالية على الآفة. كشف جرد الحيوانات المساعدة لـ *T. absoluta* عن وجود حشرات الحيوانات المفترسة *Macrolophus* و *Orius sp. pygmaeus*. وكذلك نوع جديد من الحشرات المتطفلة في الجزائر وإفريقيا *Dolichogenidea gelechiidivoris*. تم تصحيح الاسم التصنيفي للطفيلي *Necremnus artynes* إلى *Necremnus tutae* بعد التعرف الجزيئي. كشفت الدراسة الكيميائية النباتية لمستخلصات *Urtica membranacea*، *Mentha rotundifolia* و *Chrysanthemum coronarium* عن وجود البوليفينول الكلي والفلافونويد والعفص والستيرولات والتريتربين والبروتينات. بالإضافة إلى ذلك ، يؤكد الفحص الطيفي أن المستخلصات المائية لأوراق الأنواع الثلاثة تحتوي على مستويات عالية من البوليفينول والفلافونويد والعفص مقارنة بالمستخلصات المخمرة. كشف التحليل الكيميائي النباتي عن طريق كروماتوغرافيا الغاز إلى جانب قياس الطيف الكتلي (GC-MS) عن اختلافات في تكوين المستقلبات الثانوية في الأنواع النباتية المدروسة. كان لهذا التفاوت تأثير على عمل المنتجات المختبرة على الحشرة المعنية. أتاح برنامج مكافحة المتكاملة للآفات المطبق على مستوى دراسة البيوت المحمية تقليل تجمعات *T. absoluta*

كلمات مفتاحية: طماطم- *Tuta absoluta* - المكافحة المتكاملة للآفات - التعرف الجزيئي.

Résumé

Tuta absoluta (Meyrick, 1917) est une mineuse de la tomate, microlépidoptère de la famille des Gelechiidae, originaire de l'Amérique latine. Elle a été observée pour la première fois dans la région de Mostaganem en 2008 et depuis, elle ne cesse de causer d'importants problèmes au secteur maraîcher de la région. *T. absoluta* s'attaque aux feuilles, tiges et fruits de la tomate, ses dégâts peuvent être évalués entre 80 et 100% de pertes. L'objectif général de cette étude est la recherche d'alternatives à la lutte chimique contre *T. absoluta*. Au regard des effets néfastes des pesticides chimiques de synthèse sur l'homme, l'environnement, les animaux et de leur incompatibilité avec les auxiliaires, la recherche s'est orientée vers des alternatives durables. Certaines méthodes de lutte utilisées seules ou en combinaison permettraient de lutter efficacement contre le ravageur. L'inventaire de la faune auxiliaire de *T. absoluta* a révélé la présence de deux punaises prédatrices *Macrolophus pygmaeus* et *Orius* sp. ainsi qu'une nouvelle espèce de parasitoïde en Algérie et en Afrique *Dolichogenidea gelechiidivoris*. La dénomination taxonomique du parasitoïde *Necremnus artynes* a été corrigée en *Necremnus tutae* suite à une identification moléculaire. L'étude phytochimique des extraits de *Urtica membranacea*, de *Mentha rotundifolia* et de *Chrysanthemum coronarium* a permis de mettre en évidence l'existence des polyphénols totaux, des flavonoïdes, des tannins, des stérols et triterpènes, et les protéines. De plus, le dosage spectrophotométrique affirme que les extraits hydrométhanoliques des feuilles des trois espèces contiennent des teneurs élevées en polyphénols, en flavonoïdes et en tanins comparativement à celles des extraits fermentés. L'analyse phytochimique par la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) a permis de relever des différences dans la composition des métabolites secondaires chez les espèces botaniques étudiées. Cette disparité a eu une influence sur l'action des produits testés sur l'insecte en question. Le programme de lutte intégrée appliqué au niveau de la serre d'étude a permis de réduire les populations de *T. absoluta*.

Mots clés : Mostaganem- Tomate-*Tuta absoluta*- lutte intégrée-biologie moléculaire.

Abstract

Tuta absoluta (Meyrick, 1917) is a tomato miner, microlepidoptera of the Gelechiidae family, native to Latin America. It was first observed in the Mostaganem region in 2008 and since then has continued to cause significant problems for the market gardening sector in the region. *T. absoluta* attacks the leaves, stems and fruits of tomatoes, its damage can be assessed between 80 and 100% loss. The general objective of this study is the search for alternatives to the chemical control of *T. absoluta*. In view of the harmful effects of synthetic chemical pesticides on humans, the environment, animals and their incompatibility with auxiliaries, research has focused on sustainable alternatives. Certain control methods used alone or in combination would effectively control the pest. The inventory of auxiliary fauna of *T. absoluta* revealed the presence of two predatory bugs *Macrolophus pygmaeus* and *Orius* sp. as well as a new species of parasitoid in Algeria and Africa *Dolichogenidea gelechiidivoris*. The taxonomic name of the parasitoid *Necremnus artynes* has been corrected to *Necremnus tutae* with molecular identification. The phytochemical study of extracts of *Urtica membranacea*, *Mentha rotundifolia* and *Chrysanthemum coronarium* has revealed the existence of total polyphenols, flavonoids, tannins, sterols and triterpenes, and proteins. In addition, the spectrophotometric assay affirms that the hydromethanolic extracts of the leaves of the three species contain high levels of polyphenols, flavonoids and tannins compared to those of the fermented extracts. Phytochemical analysis by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS) revealed differences in the composition of secondary metabolites in the botanical species studied. This disparity had an influence on the action of the products tested on the insect in question. The integrated pest management program applied at the level of the study greenhouse made it possible to reduce the populations of *T. absoluta*.

Keywords: Mostaganem- Tomato-*Tuta absoluta*- integrated pest management- molecular biology.

Liste des tableaux

Tableau 01: Paramètres climatiques de la wilaya de Mostaganem (1991-2021) (CDO, 2022).	30
Tableau 02: Taux de larves ectoparasitées de <i>T. absoluta</i> sur les cultures de tomates sous serre des différents sites d'étude de la région de Mostaganem	48
Tableau 03: Taux de larves endoparasitées de <i>T. absoluta</i> sur les cultures de tomates sous serre des différents sites d'étude de la région de Mostaganem	50
Tableau 04: Tableau représentatif des auxiliaires inventoriés dans la région de Mostaganem .	66
Tableau 05: Abondance des deux espèces parasitoïdes (<i>N. tutae</i> et <i>D. gelechiidivoris</i>) sur les cultures de tomates dans la région de Mostaganem	68
Tableau 06: Abondance des deux espèces prédatrices <i>Orius</i> sp. et <i>M. pygmaeus</i> sur les cultures de tomates dans la région de Mostaganem	69
Tableau 07: Sites et dates d'échantillonnage des espèces étudiées.	89
Tableau 08: Les critères analytiques des différentes plantes étudiées	102
Tableau 09: Résultats du criblage phytochimique	105
Tableau 10: Teneurs en composés phénoliques des extraits des espèces végétales étudiées	108
Tableau 11: Teneurs en flavonoïdes des extraits des espèces végétales étudiées.....	109
Tableau 12: Teneurs en tanins des extraits des espèces étudiées.....	110
Tableau 13: Composition chimique de l'extrait méthanolique de <i>M. rotundifolia</i>	112
Tableau 14: Composition chimique de l'huile essentielle de <i>C. coronarium</i>	115
Tableau 15: Composition chimique de l'extrait méthanolique d' <i>U. membranacea</i>	119
Tableau 16: Composition chimique de l'extrait méthanolique de <i>M. rotundifolia</i>	120
Tableau 17: Composition chimique de l'extrait méthanolique de <i>C. coronarium</i>	122

Tableau 18: Composition chimique de l'extrait fermenté d' <i>U. membranacea</i>	123
Tableau 19: Quelques principaux composants et leurs indications	125
Tableau 20: Résultats de la minéralisation d' <i>U. membranacea</i>	128
Tableau 21: Résultats de la minéralisation de <i>M. rotundifolia</i>	129
Tableau 22: Résultats de la minéralisation de <i>C. coronarium</i>	129
Tableau 23: Analyse de variance de l'effet insecticide des extraits et des huiles essentielles sur les larves de <i>T. absoluta</i>	156
Tableau 24: Caractéristiques du compost utilisé (kg/t produit brut).....	167

Liste des figures

Figure 01: Répartition géographique de <i>Tuta absoluta</i> dans le monde (EPPO, 2022)	11
Figure 02: Adultes de <i>T. absoluta</i> (Corro Chang et Metz, 2021).....	25
Figure 03: Situation Géographique de la région d'étude (Mostaganem) (Originale)	29
Figure 04: Différents modes de production de la tomate chez quelques agriculteurs dans la région de Mostaganem (Originale)	33
Figure 05: Sites de collecte des ennemis naturels de <i>T. absoluta</i> dans la région de Mostaganem	43
Figure 06: Femelle de <i>N. tutae</i> (Originale)	52
Figure 07 : Holotype femelle de <i>D. gelechiidivoris</i> , Colombie, code de bon USNMENT00831760.....	56
Figure 08: Paratype femelle de <i>D. gelechiidivoris</i> , Colombie, code de bon CNC678061.....	57
Figure 09: Paratype femelle de <i>D. gelechiidivoris</i> , Colombie, code de bon CNCHYM 01043. .	58
Figure 10: Femelle de <i>D. gelechiidivoris</i> , Espagne, code de bon CNC1196542.....	59
Figure 11: Femelle de <i>D. gelechiidivoris</i> , Algérie, code de bon CNC1196948.	60
Figure 12: Femelle de <i>D. gelechiidivoris</i> , Algérie, code de bon CNC1180035.	61
Figure 13: Arbre phylogénétique de quelques séquences disponibles de <i>N. tutae</i> sur 497 paires de bases	62
Figure 14: Arbre phylogénétique de toutes les séquences disponibles de <i>D. gelechiidivoris</i> sur 600 paires de bases	64
Figure 15: Larve de <i>M. pygmaeus</i> (Originale)	65
Figure 16: Adulte de <i>M. pygmaeus</i> (Originale).....	65
Figure 17: Adulte d' <i>Orius</i> sp. (Originale).....	65
Figure 18: Abondance des différentes espèces auxiliaires inféodées à <i>T. absoluta</i>	66
Figure 19: Structures de certains composés phénoliques (Yeshe <i>et al.</i> , 2022).....	73
Figure 20: Structures de différents sous-groupes de flavonoïdes (Yeshe <i>et al.</i> , 2022)	74
Figure 21: Structures de certains alcaloïdes produits par les plantes (Yeshe <i>et al.</i> , 2022).....	76
Figure 22: Structures de certains monoterpènes (Wojtunik-Kulesza, 2022)	79

Figure 23: Structures de certains monoterpénoïdes (Perri <i>et al.</i> , 2020).....	80
Figure 24: Structures de certains sesquiterpénoïdes (Chimento <i>et al.</i> , 2019).....	81
Figure 25: Ortie à membranes (Originale).....	82
Figure 26: Menthe à feuilles rondes (Originale).....	84
Figure 27: Chrysanthème à couronne (Originale).....	86
Figure 28: Vapodistillateur de type SPRING A105 (12L) (Originale).....	91
Figure 29: Extracteur Soxhlet (Originale).....	93
Figure 30: Rotavapor utilisé pour éliminer le solvant extractant (BUCHE R-210) (Originale)..	93
Figure 31: Chromatographe en phase gazeuse de type Clarus 690 SQ8T GC-MS (Originale)...	99
Figure 32: Critères analytiques des plantes étudiées.....	102
Figure 33: Rendement (%) en extraits végétaux obtenus suite à l'extraction par Soxhlet.....	104
Figure 34: Variation des teneurs en polyphénols (mg EAG/g MS ou MF) totaux des différents extraits	107
Figure 35: Variation des teneurs en flavonoïdes des différents extraits	108
Figure 36: Variation des teneurs en tanins condensés des différents extraits	109
Figure 37: Dispositif expérimental des tests d'efficacité des bioinsecticides sur les populations larvaire de <i>T. absoluta</i> au laboratoire (Originale)	132
Figure 38: Taux de mortalité corrigée de <i>T. absoluta</i> en fonction du temps	135
et des concentrations de l'huile essentielle de <i>M. rotundifolia</i>	135
Figure 39: Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'huile essentielle de <i>M. rotundifolia</i> sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	135
Figure 40: Taux de mortalité corrigée de <i>T. absoluta</i> traitée par l'huile essentielle.....	136
de <i>C. coronarium</i>	136
Figure 41: Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'huile de <i>C. coronarium</i> sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	137
Figure 42: Analyse de variance de l'effet des huiles essentielles de <i>M. rotundifolia</i> et de <i>C. coronarium</i> sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	137

Figure 43: Taux de mortalité corrigée de <i>T. absoluta</i> en fonction du temps	141
et des concentrations de l'extrait méthanolique d' <i>U. membranacea</i>	141
Figure 44: Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait méthanolique d' <i>U. membranacea</i> sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	142
Figure 45: Larves mortes <i>T. absoluta</i> traitées à l'extrait hydroalcoolique.....	142
Figure 46: Taux de mortalité corrigée de <i>T. absoluta</i> en fonction du temps	143
et des concentrations de l'extrait méthanolique de <i>M. rotundifolia</i>	143
Figure 47: Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait méthanolique de <i>M. rotundifolia</i> sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	144
Figure 48: Larves mortes <i>T. absoluta</i> traitées par l'extrait hydroalcoolique	144
Figure 49: Taux de mortalité corrigée de <i>T. absoluta</i> en fonction du temps. et des concentrations de l'extrait méthanolique de <i>C. coronarium</i>	145
Figure 50: Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait méthanolique de <i>C. coronarium</i> sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	146
Figure 51: Larves <i>T. absoluta</i> traitées par l'extrait hydroalcoolique	146
Figure 52: Analyse de variance de l'effet de trois extraits méthanoliques sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	147
Figure 53: Taux de mortalité corrigée de <i>T. absoluta</i> en fonction du temps et des concentrations de l'extrait fermenté d' <i>U. membranacea</i>	150
Figure 54: Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait fermenté d' <i>U. membranacea</i> sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	150
Figure 55: Taux de mortalité corrigée de <i>T. absoluta</i> en fonction du temps	151
et des concentrations de l'extrait fermenté de <i>M. rotundifolia</i>	151
Figure 56: Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait fermenté de <i>M. rotundifolia</i> sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	152
Figure 57: Taux de mortalité corrigée de <i>T. absoluta</i> en fonction du temps et des concentrations de l'extrait fermenté de <i>C. coronarium</i>	153

Figure 58: Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait fermenté de <i>C. coronarium</i> sur la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i>	153
Figure 59: Analyse de variance de l'effet insecticide des extraits fermentés sur les larves de <i>T. absoluta</i>	154
Figure 60: Photo satellitaire du site d'expérimentation (Google Earth, 2019)	159
Figure 61: Système d'irrigation (goutte à goutte) (Originale)	161
Figure 62: Plantule de tomate une semaine après repiquage (Originale).....	161
Figure 63: Mise en place du Filet insect- proof dans les portières de la serre (Originale)	162
Figure 64: Mise en place du paillage dans la serre d'étude (Originale).....	162
Figure 65: Plants de l'ail en association avec la culture de tomate (Originale).....	163
Figure 66: Piège à phéromone de type Delta (Originale)	164
Figure 67: Piège à eau (Originale)	164
Figure 68: Présentation de la serre expérimentale après la plantation (Originale)	164
Figure 69: Pulvérisation de l'extrait fermenté sur le plant de la tomate (Originale)	165
Figure 70: Dispositif expérimental (Originale).....	165
Figure 71: Incorporation du compost en premiers centimètres du sol (Originale)	167
Figure 72: Variation hebdomadaire de la température et l'humidité relative de la serre expérimentale en 2019.....	168
Figure 73: Variation hebdomadaire de la température et l'humidité relative de la serre expérimentale en 2021.....	169
Figure 74: Évolution hebdomadaire des captures des mâles de <i>T. absoluta</i> par le piégeage Delta pour l'essai de 2019	170
Figure 75: Évolution hebdomadaire des captures des mâles de <i>T. absoluta</i> par le piégeage Delta pour l'essai de 2021	171
Figure 76: Évolution hebdomadaire des captures des adultes de <i>T. absoluta</i> dans les pièges à eau pour l'essai de 2019	172
Figure 77: Évolution hebdomadaire des captures des adultes de <i>T. absoluta</i> dans les pièges à eau pour l'essai de 2021	172

Figure 78: Analyse de variance des captures des adultes de <i>T. absoluta</i> par les deux types de pièges installés au niveau de la serre expérimentale en 2019 et 2021	173
Figure 79: Estimation du taux d'infestation (%) de <i>T. absoluta</i> sur les folioles de la variété Vermoni.....	175
Figure 80: Estimation du taux d'infestation (%) de <i>T. absoluta</i> sur les folioles.....	176
Figure 81: Analyse de variances des taux d'infestation de <i>T. absoluta</i> sur les deux variétés de tomates	177
Figure 82: Abondance relative des différents stades de développement de <i>T. absoluta</i> sur les plants témoins de la variété Vermoni	180
Figure 83: Abondance relative des différents stades de développement de <i>T. absoluta</i> sur les plants traités de la variété Vermoni.....	180
Figure 84: Abondance relative des différents stades de développement de <i>T. absoluta</i> sur les plants témoins de la variété Nada.....	181
Figure 85: Abondance relative des différents stades de développement de <i>T. absoluta</i> sur les plants traités de la variété Nada.....	181
Figure 86: Analyse de variance de l'abondance relative des différents stades évolutifs de <i>T. absoluta</i> sur les deux variétés de tomate	182
Figure 87: Estimation de la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i> sur les plants	183
Figure 88: Estimation de la mortalité des larves de <i>T. absoluta</i> sur les plants	184
Figure 89: Analyse de variance des taux de mortalité des stades immatures de <i>T. absoluta</i> sur les différents plants de tomate	185

Listes des planches

Planche 01: Stades de développement de <i>Tuta absoluta</i> (Originale).....	15
Planche 02: Dégâts de <i>T. absoluta</i> sur les différentes parties des plants de tomate (Originale) ..	17
Planche 03: Faces ventrales des chrysalides de <i>T. absoluta</i> (Originale).....	24
Planche 04: Morphologie générale des organes génitaux chez les mâles et femelles de <i>T.absoluta</i>	26
Planche 05: Femelle de parasitoïdes parasitant une larve de <i>T. absoluta</i> (Originale)	49
Planche 06: Différents stades de développement de l'ectoparasitoïde (Originale).....	51

Introduction générale

Introduction générale

La tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) est un arbuste vivace qui appartient à la famille des Solanacées. Elle est très importante pour la santé et la nutrition humaine avec ses diverses vitamines, substances organiques et minérales. C'est une culture légumière polyvalente, populaire et la plus importante avec un potentiel de production très élevé (Thwe *et al.*, 2020 ; Waheed *et al.*, 2020).

En Afrique, cette culture est une source alimentaire et un facteur majeur de la croissance et de l'économie de plusieurs pays (Sharma et Prasad 2017 ; Mansour *et al.*, 2018 ; Wafula *et al.*, 2018 ; Prasad *et al.*, 2020). En effet, c'est le fruit le plus consommé, tant sous sa forme brute que transformée (CABI, 2019).

La tomate est l'hôte le plus sensible à de nombreux bio-agresseurs tels que les champignons, les bactéries, les virus et les insectes (Abu-Shall, 2021). Des ravageurs importants peuvent être enregistrés pendant la production, ce qui peut affecter directement ou indirectement la production. La mineuse *Tuta absoluta* a été identifiée de nos jours comme le principal nuisible de la tomate (D'Esposito *et al.*, 2021 ; Mansour et Biondi, 2021 ; Azzazy *et al.*, 2022).

La larve est le stade le plus dévastateur de ce microlépidoptère. Après l'éclosion des œufs, les larves se nourrissent de fruits, de feuilles, de boutons floraux et de jeunes pousses de tomates et créent des mines et des galeries. L'alimentation des larves peut réduire la production de tomates de 80 à 100% en plein champ ainsi que sous serre si aucune mesure de contrôle n'est appliquée (Aigbedion-Atalor *et al.*, 2019 ; Poudel et Kafle, 2021 ; Mohamed *et al.*, 2022).

Cependant, l'application des pesticides chimiques est la gestion couramment utilisée par les producteurs. L'utilisation abusive de ces produits qui en découlent pourrait causer de sérieux problèmes à l'environnement ainsi qu'à la santé humaine et animale et favoriser la résistance du ravageur (Husin et Port, 2021 ; Gong *et al.*, 2021 ; Li *et al.*, 2021 ; Poudel et Kafle, 2021 ; Shi *et al.*, 2021 ; Langa *et al.*, 2022).

Par conséquent, des pratiques de lutte intégrée contre le ravageur impliquant le piégeage de masse à l'aide de pièges à phéromones, la lutte biologique par des prédateurs, des parasitoïdes et des entomopathogènes, des pratiques culturales doivent être mises en œuvre pour un contrôle efficace (Poudel et Kafle, 2021) et les cultivars de plantes résistants (Hassanien *et al.*, 2020 ; El-Sitiny *et al.*, 2022).

Le développement et la mise en œuvre des stratégies de contrôle les plus appropriées contre cet organisme nuisible sont considérés comme une priorité pour parvenir à une gestion réussie et durable de *T. absoluta* dans le monde (Campos *et al.*, 2017, Biondi *et al.*, 2018).

Face à cette situation, la recherche d'alternatives à la lutte chimique s'avère nécessaire. De nombreuses études ont permis de mettre la lumière sur l'existence de solutions efficaces contre *T. absoluta* se résumant en moyens biologiques et des pratiques culturales appliquées seules ou en combinaison.

L'objectif de cette étude est de contrôler le développement de la mineuse de la tomate *T. absoluta* sous serre en vue d'une production de la culture de tomate dans la région de Mostaganem dans des conditions saines tout en respectant l'environnement et la santé humaine.

Il nous a été permis d'établir un plan d'étude pour la mise en place de notre protocole expérimentale qui a débuté par une investigation sur terrain sur les régions Est, Ouest et Centre de la wilaya de Mostaganem, afin de déterminer l'impact des dégâts de la mineuse sur les cultures de tomate. Un inventaire des ennemis naturels a été réalisé pour identifier les différentes espèces entomologiques prédatrices et parasitoïdes inféodées à ce bioagresseur.

L'identification des espèces inventoriées a fait ressortir la présence sur les différents échantillons étudiés une nouvelle espèce de parasitoïde en Algérie et en Afrique *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Marsh, 1975).

Une identification moléculaire a permis de corriger l'appellation taxonomique de l'éctoparasitoïde de *T. absoluta*, *Necremnus artynes* en *Necremnus tutae* (Ribes & Bernardo, 2015).

Suivi par l'application de produits botaniques (extraits aqueux, hydroalcooliques et huiles essentielles) issus de plantes médicinales (*Urtica membranacea* Poir. ; *Mentha rotundifolia* L. ; *Chrysanthemum coronarium* L.) de la région de Mostaganem.

Ensuite, des essais basés sur le recours à la lutte prophylactique en associant l'utilisation des pièges à phéromones et pièges à eau, des plantes répulsives en intercalaire et insect-proof.

Cette recherche est organisée comme suit :

- La première partie donne un bref aperçu sur la plante hôte et le ravageur ;

- La deuxième partie est consacrée à l'étude de ses ennemis naturels ;
- La troisième partie a été sacrée une étude phytochimiques de trois plantes médicinales et l'évaluation de leur pouvoir insecticide à l'égard de la mineuse de la tomate ;
- La quatrième partie est bénie aux moyens et méthodes de lutte intégrée contre *Tuta absoluta* ;
- Enfin, une conclusion avec une synthèse des résultats obtenus et des perspectives devant faire l'objet de futures travaux.

Partie I

Plante hôte et ravageur

Chapitre I

Problèmes phytosanitaires de la tomate

I.1 Introduction

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est l'une des cultures légumières les plus cultivées et consommées dans le monde (Rwomushana *et al.*, 2019 ; Waheed *et al.*, 2020 ; Sotelo-Cardona *et al.*, 2021). Elle est originaire d'Amérique du Sud (Pérou) et cultivée dans les régions tempérées et chaudes (Alajrami et Abu-naser, 2019 ; Waheed *et al.*, 2020). Sa production est un facteur clé de moyens de subsistance durables (Pem et Jeewon, 2015 ; Materu *et al.*, 2016 ; Ochilo *et al.*, 2019). Elle est également connue comme un aliment protecteur, en raison de sa valeur nutritive dont les fruits sont riches en composés bioactifs qui pourraient agir comme antioxydants contre le développement de maladies cardiovasculaires et d'autres maladies liées aux yeux (Quinet *et al.*, 2019 ; Gholami *et al.*, 2021). Il existe plusieurs variétés de tomates cultivées destinées pour l'alimentation quotidienne sous sa forme brute ou bien pour la transformation (Thwe *et al.*, 2020).

I.2 Classification botanique

Les solanacées sont parmi les principales familles de plantes fournissant des espèces alimentaires (Samuels, 2015), dont la tomate (Quinet *et al.*, 2019).

En 1694, Tournefort attribue aux tomates le nom botanique *Lycopersicum esculentum*, qui signifie littéralement « pêche-loup comestible ». Ceci, en raison de l'association des plants de tomates aux solanacées mortelles. Plus tard, en 1753, Linnaeus a classé les tomates dans le genre *Solanum* et il a attribué à la tomate cultivée le nom de *S. lycopersicum* et *S. peruvianum* à des parents plus sauvages. Cependant, Miller a continué à utiliser le nom botanique de Tournefort pour distinguer le genre des solanacées l'année suivante 1754 (Peralta *et al.*, 2006).

Pour longtemps, les tomates étaient connues sous le nom de *L. esculentum*, mais des recherches récentes ont montré qu'elles faisaient partie du genre *Solanum* et qu'elles sont à nouveau largement appelées *S. lycopersicum* (Knapp, 2002 ; Spooner *et al.*, 2003, 2005 ; Peralta *et al.*, 2008).

La tomate appartient à la classification suivante (Cronquist, 1981 ; Gaussen *et al.*, 1982):

- Règne : Plantae
- Sous règne : Trachenobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous classe : Asteridae
- Ordre : Solonales
- Famille : Solanaceae
- Genre : *Solanum*
- Espèce : *Solanum lycopersicum* L.

I.3 Problèmes phytosanitaires de la tomate

La tomate est l'hôte préféré d'un grand nombre de bioagresseurs tels que les champignons, les bactéries, les virus, les nématodes, les acariens et les insectes (Salama *et al.*, 2015; Shah *et al.*, 2015; Poudel et Kafle, 2021).

I.3.1 Maladies

La tomate est affectée par de nombreuses maladies induites par des agents pathogènes fongiques, bactériens, phytoplasmiques, viraux et viroïdes (Gao *et al.*, 2017 ; Panno *et al.*, 2021).

Elle peut être affectée par plus de 200 maladies causées par différents agents pathogènes à travers le monde (Singh *et al.*, 2017), à savoir : l'oomycète *Phytophthora infestans* et le champignon du flétrissement vasculaire *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* les champignons nécrotrophes *Botrytis cinerea* et *Alternaria solani*. Ce dernier est connu sous le nom de moisissure grise, se classe le deuxième sur les 10 agents pathogènes fongiques des plantes en raison de sa large gamme d'hôtes et de son potentiel de dommages graves avant et après la récolte (Dean *et al.*, 2012 ; Davino *et al.*, 2018 ; Gilardi *et al.*, 2021).

D'autres problèmes d'une importance non négligeable sont dus aux maladies bactériennes desquels le chancre bactérien causé par *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, les taches bactériennes causées par *Pseudomonas syringae* pv. *Tomato* et *Xanthomonas* ainsi que le flétrissement bactérien induit par *Ralstonia solanacearum*, ces maladies sont les plus dévastatrices de la tomate (Yuqing *et al.*, 2018).

La production de tomate est fortement affectée par les maladies virales qui sont transmises par des insectes et responsables de lourdes pertes de rendement. Selon Hanssen et Lapidot (2012) ; Davino *et al.* (2018) ; Zaagueri *et al.* (2019), les principaux virus de la tomate endémiques du bassin Méditerranéen sont :

- ❖ *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV);
- ❖ *Tomato torrado virus* (ToTV) ;
- ❖ *Tomato spotted wilt virus* (TSWV);
- ❖ *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV);
- ❖ *Tomato chlorosis virus* (ToCV);
- ❖ *Pepino mosaic virus* (PepMV).

I.3.2 Ravageurs

La tomate est sujette aux attaques de plusieurs ravageurs limitant sa productivité et entraînant des pertes économiques considérable (Srinivasan *et al.*, 2019 ; Abu-Shal, 2021), dont les nématodes, les acariens et les insectes (Shiberu et Getu, 2018).

I.3.2.1 Nématodes

Les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) sont des parasites des plantes constituant une menace réelle, destructrice pour l'agriculture. Le genre *Meloidogyne* est un parasite obligatoire des plantes sur une large gamme d'hôtes et infecte les cultures les plus importantes sur le plan économique telles que les tomates, les concombres, le soja et les pommes de terre. La galle des racines est le principal symptôme affectant la capacité de la plante à absorber l'eau et les nutriments. Ils sont souvent négligés jusqu'à ce que la population se soit établie et ait causé des pertes économiques (Dahlin *et al.*, 2019).

I.3.2.2 Acariens

Parmi les ravageurs de première importance des cultures maraichères nous pouvons citer la famille des Tetranychidae. Les espèces de cette dernière peuvent causer des préjudices économiques importants (Demite *et al.*, 2016).

Les acariens vivent sur les deux côtés des feuilles avec une légère préférence pour le dessous et pour le voisinage des nervures. Les feuilles deviennent chlorotiques se dessèchent et

meurent, des toiles de soie sont également produites. En cas d'infestations importantes et fréquentes, l'alimentation et les sécrétions salivaires provoquent la mort de la plante (EPPO, 2021).

I.3.2.3 Insectes

I.3.2.3.1 Aleurodes

Les aleurodes (Hemiptera : Aleyrodidae) sont des insectes nuisibles de nombreuses cultures dans le monde (Kareem *et al.*, 2020), avec laquelle la tomate est la culture clé. Les deux espèces *Bemisia tabaci* (Gennadius) et *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) utilisent des pièces buccales modifiées pour sucer la sève en provoquant une maturation irrégulière des plants de tomates (Perring *et al.*, 2018). Les aleurodes sont des vecteurs de plusieurs virus, dont celui du jaunissement et de l'enroulement des feuilles de tomate appelé *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) (Al-Abedy *et al.*, 2018 ; Dhaliwal *et al.*, 2020).

I.3.2.3.2 Thrips

Les thrips (Thysanoptera : Thripidae) sont parmi les principaux insectes ravageurs des cultures ornementales et des fruits rouges (Mouden *et al.*, 2017) ; ils causent des pertes économiques substantielles à de nombreuses cultures, y compris la tomate (Batuman *et al.*, 2020). Ils entraînent la destruction du feuillage par le prélèvement de sa nourriture et la transmission de virose avec des répercussions sur la croissance et la maturation (Biao *et al.*, 2019).

Frankliniella occidentalis (Pergande) est signalée comme le vecteur le plus connu et le plus efficace du virus *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), tandis que d'autres espèces telles que *Thrips tabaci* (Lindeman) et *F. schultzei* comprennent également des populations pouvant être vecteur de virus (Macharia *et al.*, 2015 ; Batuman *et al.*, 2020).

I.3.2.3.3 Pucerons

Les pucerons (Hemiptera: Aphididae) ce sont des insectes polyphages, piqueurs suceurs de sève. Ils sont des vecteurs de plus de 50% des maladies virales connues en agriculture à l'échelle mondiale (Carmo-Sousa *et al.*, 2016). Son alimentation sur la sève entraîne des taches de chlorose et de nécrose, la production de miellat est un lieu favorable au développement de

certaines microorganismes dont les champignons saprophytes responsables de la fumagine et la réduction spectaculaire de la valeur marchande des cultures (Nampeera *et al.*, 2020).

Ce déprédateur peut altérer indirectement les plantes hôtes par la transmission de virus pathogènes en tant que vecteur efficace (Torres-Quintero *et al.*, 2013 ; Bosquee *et al.*, 2018). Selon Jandricic *et al.* (2014), le puceron vert du pêcher *Myzus persicae* (Sulzer), le puceron du melon *Aphis gossypii* (Glover) et le puceron de la digitale *Aulacorthum solani* (Kaltenbach) sont les pucerons les plus importants en raison des dégâts qu'ils causent.

I.3.2.3.4 Mouche mineuse

Les Agromyzidae (Diptera: Agromyzidae) c'est une famille de petites mouches desquelles les larves se nourrissent et se développent entre l'épiderme supérieur et inférieur des feuilles ou à l'intérieur des tiges (Liu *et al.*, 2015). Ce groupe de bioagresseurs endommage les plantes en minant les feuilles, ce qui réduit la surface photosynthétique des plantes et facilite l'entrée des organismes nuisibles, notamment les bactéries (Akutse *et al.*, 2015 ; Parish *et al.*, 2016).

I.3.2.3.5 Noctuelles

Helicoverpa armigera (Lepidoptera: Noctuidae) est un ravageur majeur de l'horticulture, de la floriculture et de l'agriculture (Downes *et al.*, 2016). Parmi les noctuelles recensées sur tomate, elle est la plus présente, avec une occurrence de 91,8% dans les parcelles causant des dégâts sur fruits allant jusqu'à 28%. En raison de sa large gamme de plantes hôtes et de sa forte fertilité, la chenille cause d'énormes pertes économiques à la production agricole (Diatte *et al.*, 2017 ; Wang *et al.*, 2021).

I.3.2.3.6 Mineuse de la tomate

Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) est un ravageur majeur des cultures de tomates qui provoque des pertes de rendement élevées (Sarr *et al.*, 2021 ; Shahini *et al.*, 2021). Tous les stades larvaires se nourrissent de feuilles, fruits, bourgeons apicaux, jeunes pousses et de tiges tendres (Giorgini *et al.*, 2019 ; Han *et al.*, 2019). De ce fait, son contrôle est un défi en raison de plusieurs facteurs liés à son comportement alimentaire et à sa biologie (Tonnang *et al.*, 2015).

Cette espèce fait l'objet de notre étude, un chapitre lui a été consacré.

Chapitre II

Généralités sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

II. 1 Introduction

La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) est un microlépidoptère oligophage qui occasionne des dommages économiques sérieux sur les plants de tomates et autres solanacées dans le monde (Rwomushana *et al.*, 2019). Lorsqu'aucune mesure de contrôle n'est prise, les pertes de rendement causées par les larves de *T. absoluta* peuvent atteindre 100%, affectant ainsi la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance de millions de consommateurs et de producteurs dans le monde (Biondi *et al.*, 2018 ; Tabuloc *et al.*, 2019 ; Fiaboe *et al.*, 2020), incitant ainsi certains agriculteurs à abandonner la production de tomates (Haougui *et al.*, 2017).

Cette mineuse est un ravageur envahissant difficile à contrôler. L'application d'insecticides est assez courante et reste la méthode de contrôle prédominante, en particulier dans les systèmes de culture en plein champs (Guedes *et al.*, 2019).

II.2 Position systématique de *T. absoluta*

T. absoluta a été découverte et décrite pour la première fois par Edward Meyrick en 1917. C'est un microlépidoptère de la famille des Gelechiidae qui comprend plus de 4000 espèces (Biondi *et al.*, 2018 ; Zhang *et al.*, 2020).

Cet insecte a été identifié sous différentes nomination. Il a été signalé pour la première fois sous le nom de *Phthorimaea absoluta* (Meyrick, 1917) dans les Andes péruviennes. En 1994, ce ravageur a été nommé *T. absoluta* (Meyrick, 1917) par Povolny ; un nom qui lui est resté. D'autres noms scientifiques ont été inclus : *Gnorimoschema absoluta* (Clarke, 1965), *Scrobipalpula absoluta* (Povolny, 1964) et *Scrobipalpuloides absoluta* (Povolny, 1987). Son nom commun préféré est la mineuse de la tomate (Biondi *et al.*, 2018 ; El-Shafie HAF, 2020 ; CABI, 2022).

Selon Povolny (1994), la position systématique de *T. absoluta* est comme suit :

- **Embranchement :** Arthropoda
- **Sous embranchement :** Hexapoda
- **Classe:** Insecta
- **Ordre :** Lepidoptera
- **Sous-Ordre :** Heteroneura
- **Super famille :** Gelechioidea
- **Famille :** Gelechiidae
- **Sous famille :** Gelechiinae
- **Genre :** *Tuta*
- **Espèce :** *Tuta absoluta* Meyrick (1917).

II. 3 Origine, voies d'entrée et d'établissement

II. 3.1 Dans le monde

T. absoluta est un déprédateur mondial originaire du Pérou (Han *et al.*, 2019 ; Zhang *et al.*, 2020 ; Mohamed *et al.*, 2022). Entre les années 1960 et 1990, la mineuse s'est propagée du Pérou à tous les pays d'Amérique du Sud, devenant un ravageur envahissant et non indigène (CABI, 2022). Après plus de 50 ans d'établissement en Amérique latine, son premier signalement dans le bassin méditerranéen a été noté en Espagne en 2006 ; des dégâts furent observés sur les cultures de tomate dans la communauté valencienne (Castellón, Valence) et les Iles Baléares (Ibiza). Elle s'est rapidement propagée à travers l'Europe, l'Afrique et l'Asie grâce à l'importation à grande échelle de tomates dans ces pays avec des effets dévastateurs sur la production de la tomate (Biondi *et al.*, 2018 ; Mansour *et al.*, 2018 ; Guimapi *et al.*, 2020 ; Silva *et al.*, 2021).

Cette mineuse a une grande capacité de reproduction et un grand pouvoir de dispersion et d'adaptation à de nouvelles zones. Elle devient un ennemi majeur de la famille des solanacées, y compris la tomate dans plusieurs pays du monde (Han *et al.*, 2019). Jusqu'à présent, elle a envahi plus de 100 pays en dehors de l'Amérique du Sud (Fig. 01) (CABI 2020; Zhang *et al.*, 2020 ; EPPO, 2022).

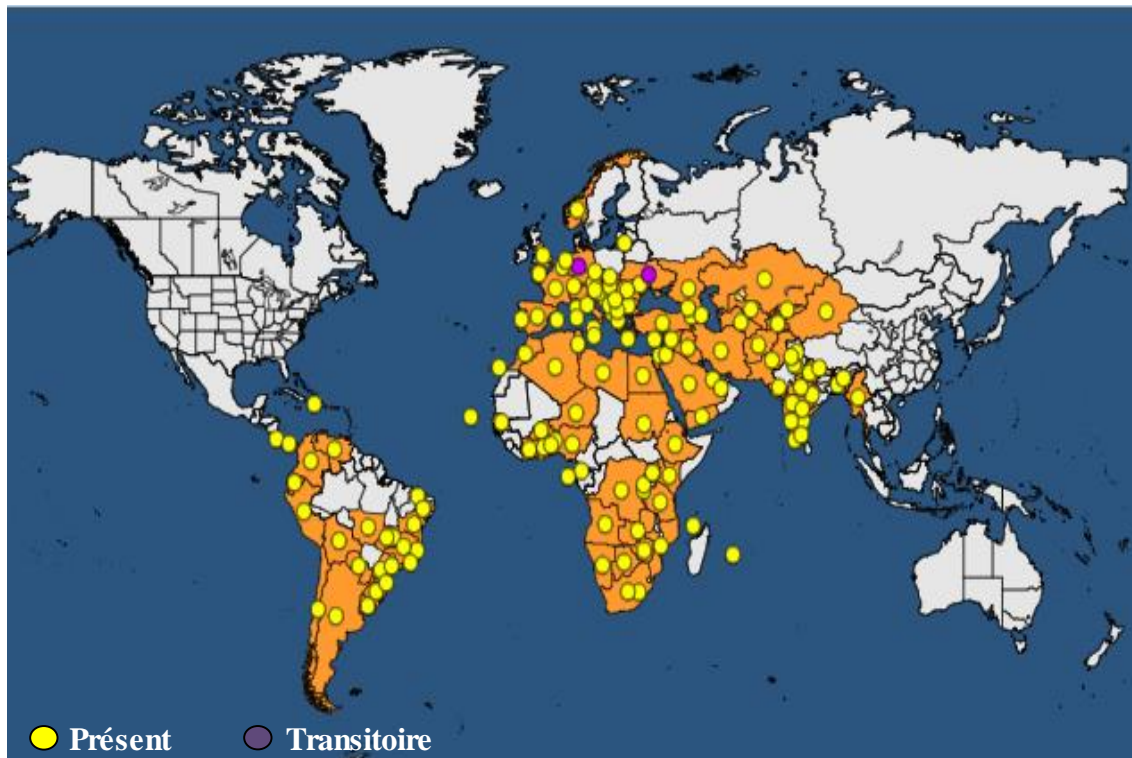


Figure 01 : Répartition géographique de *Tuta absoluta* dans le monde (EPPO, 2022)

II.3.2 En Afrique

En 2008, la mineuse de tomate d'Amérique du Sud a envahi l'Afrique pour la première fois à travers le Maroc et l'Algérie (Guimapi *et al.*, 2016 ; Fiaboe *et al.*, 2020). À ce jour, elle s'est dispersée presque sur tout le continent très rapidement et causée des pertes considérables à la culture de tomate (Tarusikirwa *et al.*, 2020). Elle a été signalée dans 41 pays sur les 54 pays africains (CABI, 2019).

II.3.3 En Algérie

En Algérie, *T. absoluta* a été détectée pour la première fois à Mostaganem (Nord-Ouest) en Mars 2008, avant de se propager à d'autres zones de production de tomate (Berkani et Badaoui, 2008 ; Guenaoui, 2008 ; INPV, 2008). Sa dispersion rapide, de la région Ouest à l'Est a alerté les autorités phytosanitaires qui ont déclaré cet insecte comme l'un des insectes nuisibles les plus dangereux (INPV, 2008). En 2009, toutes les régions de la production de tomates ont été touchées par ce ravageur, y compris dans le sud (Allache *et al.*, 2012).

II.4 Morphologie de *T. absoluta*

T. absoluta est une espèce holométabolique, avec quatre stades larvaires qui sont tous nuisibles pour les plantes hôtes (Krechemer et Foerster 2015 ; Guimapi *et al.*, 2016 ; Martins *et al.*, 2016).

II.4.1 Œufs

Les œufs sont jaunes et pondus individuellement par les femelles sur les parties supérieures de la plante (jeunes feuilles, tiges ou sépales) (Pl. 01 B) (Cocco *et al.*, 2015). Ils sont de petite taille avec un diamètre d'environ 0,22 mm de largeur et une longueur approximative de 0,36 mm, de forme cylindrique et de couleur blanche crème à jaunâtres (Genc, 2016).

II.4.2 Larves

D'après Genc (2016) ; Chennouf *et al.* (2021), les chenilles ou larves de *T. absoluta* passent par quatre stades de développement successifs, tous sont différents et identifiables.

- ❖ Les chenilles du 1^{er} stade, sont au départ de couleur crème puis deviennent jaunes tirant sur le vert (Pl. 01 C) ;
- ❖ Au 2^{ème} stade, une étroite bande noire venant faire son apparition à l'arrière de la tête, sur le pronotum (Pl. 01 C) ;
- ❖ Le stade L₃ mesure environ 4,5 à 4,6 mm de long et se caractérise par une couleur verte unie avec parfois quelques reflets violacés (Pl. 01 C) ;
- ❖ Le stade L₄ (dernier stade) mesure environ 7,3 à 7,7mm. Il est caractérisé par un thorax de couleur rose et par une taille plus grande (Pl. 01 C).

Les larves matures peuvent se nymphosées sur feuilles ou bien tombent dans le sol où elles produisent un cocon fin et soyeux pour se transformer en nymphes.

II.4.3 Nymphes

Les chrysalides ou nymphes sont de couleur marron qui varie du marron clair au marron foncé. Elles mesurent de 5 à 6 mm de longueur (Pl. 01 D). À ce stade, les yeux et les ailes du futur imago sont nettement visibles par transparence. En observant l'extrémité de l'abdomen de la chrysalide, il est possible de différencier les deux sexes. Les deux sexes présentent un sillon.

Le sillon génital de la femelle est une fente alors que celui du mâle comprend de part et d'autres deux boursouflures (Genc, 2016).

II.4.4 Adultes

Les papillons adultes sont petits, d'environ 5 à 7mm et se caractérisent par des écailles argentées ou grises (Bexolli et Shahini, 2017) (Pl. 01 A). Il est possible de distinguer la femelle du mâle car ce dernier est plus volumineux et plus lourd. De plus, son abdomen est de couleur crème (Urbaneja *et al.*, 2013).

Les adultes sont crépusculaires et les deux sexes sont sexuellement actifs dès le premier jour de l'émergence ; ils sont polygames et présentent une période presque non réfractaire (Lee *et al.*, 2014).

II.5 Biologie de *T. absoluta*

Dans des conditions appropriées, cette espèce est homodynamique, elle peut produire environ 12 générations par an (Desneux *et al.*, 2010 ; Nozad-Bonab *et al.*, 2017 ; Biondi *et al.*, 2018).

Selon Krechemer et Foerster (2015), la température affecte bien le développement, la reproduction et la longévité de *T. absoluta*. Le cycle biologique d'œuf à l'imago dure 23,85 jours à une température de 34°C et une humidité comprise entre 50 et 60% (Chennouf *et al.*, 2021). Boualem *et al.* (2012) signalent que, le cycle biologique est effectué en une durée moyenne de 21,1±0,4 jour, cela sous des conditions de température de 26±1,6°C, avec une humidité relative de 87±6,4% et une photopériode de 16/8.

La température minimale estimée pour le cycle complet est de 8°C. Elle est à la fois tolérante au froid et à la chaleur avec une fenêtre thermique comprise entre 14 et environ 35°C (Krechemer et Foerster, 2015 ; Martins *et al.*, 2016 ; Marchioro *et al.*, 2017). L'étude de Mohamed *et al.* (2022) rapporte que, des températures comprises entre 20 et 25°C sont idéales pour le développement, la survie, la reproduction et l'augmentation de la population de *T. absoluta*.

Les femelles s'accouplent une seule fois par jour, de quelques minutes à 6 heures, et peuvent s'accoupler jusqu'à six fois au cours de leur vie (Lee *et al.*, 2014). Elles sont capables de pondre plus de 200 œufs, sur la face inférieure des feuilles, avec un temps d'éclosion de 4 à 5

jours (Guimapi *et al.*, 2016 ; Gonring *et al.*, 2020), sous une température supérieure à 10°C (Cuthbertson *et al.*, 2013).

Selon l'étude de Cuthbertson *et al.* (2013), le premier stade larvaire (L₁) nécessite environ 18 minutes pour éclore, ensuite elle vadrouille en moyenne 12 minutes avant de commencer à creuser sa galerie sous la surface de la feuille. Cette dernière étape dure approximativement 70 minutes. Le développement larvaire du stade L₁ à L₄ se déroule en 1 à 2 semaines selon les conditions environnementales (Blancard, 2017).

Le stade larvaire représente le stade le plus long vécu dans la durée de vie totale : sa durée est d'environ 20 jours dans des conditions optimales de 30°C, soit 60 à 70% du cycle de vie total (Martins *et al.*, 2016 ; Biondi *et al.*, 2018 ; Chennouf *et al.*, 2021).

Lorsque les plants de tomates sont soumis à des limitations d'azote et d'eau ; dans ces conditions, le taux de survie juvénile diminue et le temps de développement augmente (Han *et al.*, 2014 ; Han *et al.*, 2016), ceci, en raison des modifications apportées à l'alimentation élargie (Coqueret *et al.*, 2017).

Une fois que la larve est prête à se nymphoser, celle-ci cesse de s'alimenter et se laisse généralement tomber sur le sol grâce à un fil de soie (Urbaneja *et al.*, 2013 ; Bawin *et al.*, 2015, 2016). De manière générale, le stade nymphal se déroule sur le sol mais peut également avoir lieu à l'intérieur des galeries ou sur la plante hôte. Il faudra compter entre 10 et 12 jours avant de voir apparaître l'adulte et ainsi boucler le cycle (Ballal *et al.*, 2016 ; Blancard, 2017).

Van Damme *et al.* (2014) ont signalé une mortalité des adultes de l'ordre de 90% à une température de 5°C durant un mois.

T. absoluta peut se reproduire par voie parthénogénétique ce qui peut limiter l'efficacité de certaines méthodes de lutte surtout celles basées sur l'utilisation des phéromones sexuelles (Caparros Megido *et al.*, 2012 ; Abbes et Chermiti, 2014 ; Wang *et al.*, 2021). La femelle montre également une polyandrie qui augmente considérablement ses performances de reproduction, et les avantages pour cette dernière sont plus importants lorsqu'elle s'accouple avec plusieurs mâles (Lee *et al.*, 2014).

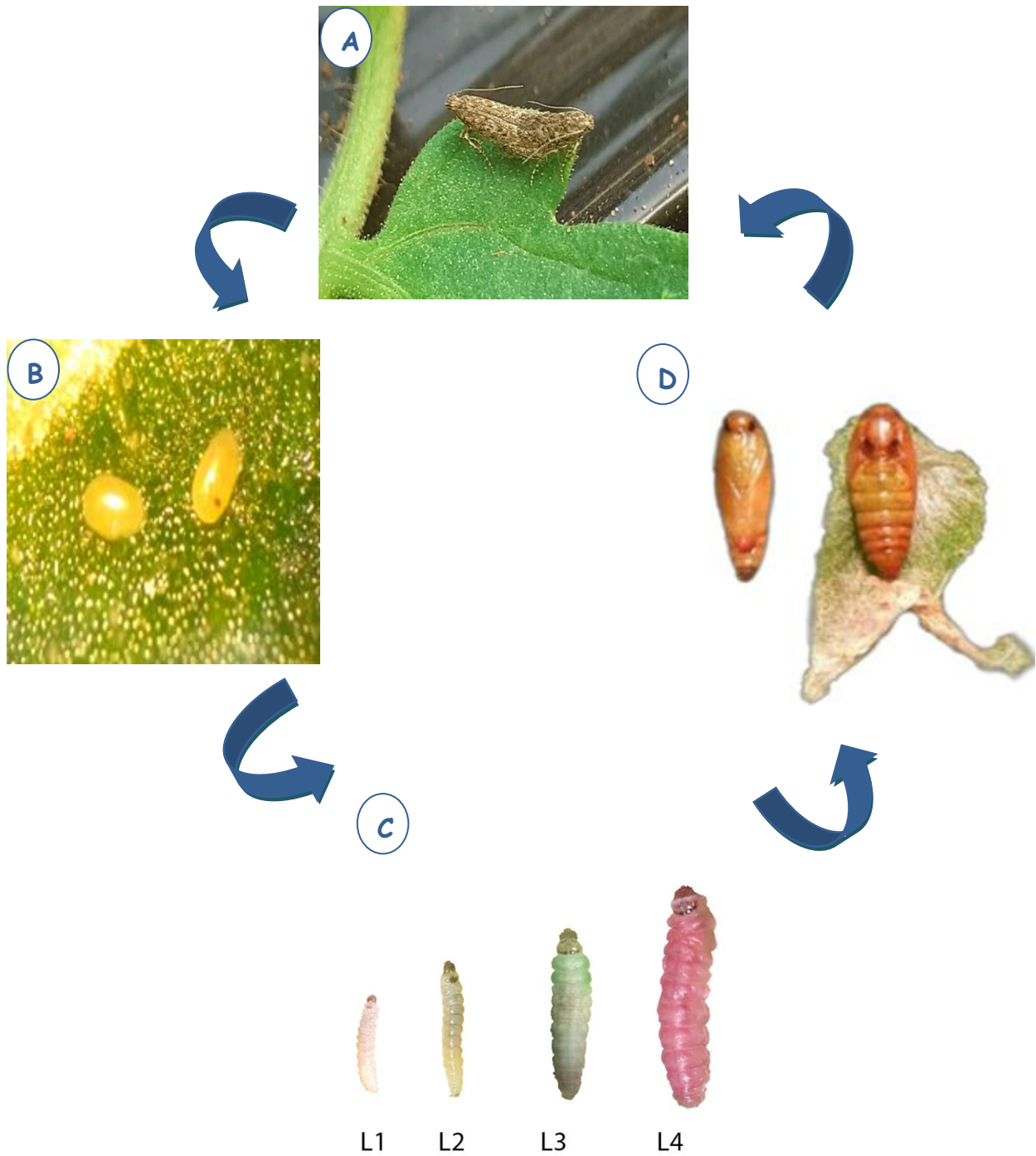


Planche 01 : Stades de développement de *Tuta absoluta* (Originale)

A: Adultes, **B:** Œufs, **C:** Stades larvaires et **D :** Nymphe

(**L1 :** Larve du 1^{er} stade, **L2 :** Larve du 2^{ème} stade, **L3 :** Larve du 3^{ème} stade, **L4:** Larve du 4^{ème} stade)

II.6 Diversité de plantes hôtes

La mineuse de la tomate a une capacité à se développer avec succès sur plusieurs espèces de Solanacées cultivées et adventices, ainsi que sur des plantes non Solanacées dans une moindre mesure (Campos *et al.*, 2017; Biondi *et al.*, 2018 ; Cherif et Verheggen, 2019 ; Abdel-Baky *et al.*, 2021) ; mais la tomate est l'hôte le plus sujet à l'invasion et aux dommages que les autres plantes hôtes (Chen *et al.*, 2021).

Selon l'EPPO (2022), les plantes hôtes de *T. absoluta* sont les suivantes :

- ❖ Les Solanacées : la tomate (*L. esculentum*), l'aubergine (*Solanum melongena*), le pepino (*S. muricatum*), la pomme de terre (*S. tuberosum*), la morelle noire (*S. nigrum*), la morelle jaune (*S. elaeagnifolium*), la tomate velue (*S. habrochaites*), le datura (*Datura stramonium*) et le tabac (*Nicotiana glauca*) ;
- ❖ Les *Amaranthaceae* : la betterave (*Beta vulgaris*) et l'épinard (*Spinacia oleracea*), l'épinard piquant (*Amaranthus spinosus*) et le chenopodium bonus-henricus (*Blitum bonus-henricus*);
- ❖ Les Fabacées : l'haricot (*Phaseolus vulgaris*) et la luzerne (*Medicago sativa*) ;
- ❖ Les Cucurbitacées : la pastèque (*Citrullus lanatus*) ;
- ❖ Les Euphorbiaceae : le pourghère (*Jatropha curcas*) ;
- ❖ Les Astéracées : la lampourde glouteron (*Xanthium strumarium*).

En Algérie, *T. absoluta* peut s'attaquer à un large éventail de plantes hôtes, en plus de la tomate, qui sont : l'aubergine, la pomme de terre, la morelle jaune, la morelle noire, le datura, le chénopode rouge, le chénopode bon-henri, l'épinard, la betterave et l'haricot (Drouai *et al.*, 2016).

II.7 Dégâts

Gonring *et al.* (2020) affirment que toute partie aérienne des plants de tomates y compris les feuilles (Pl. 2 A), les tiges (Pl. 2 B) et les fruits (Pl. 2 C) peuvent être attaqués par *T. absoluta* ; à n'importe quel stade de développement (Tabuloc *et al.*, 2019 ; Mama Sambo *et al.*, 2022).

Les dégâts causés par l'alimentation se produisent lorsque les larves pénètrent dans la feuille et se nourrissent des parties des feuilles. Il en résulte des mines irrégulières à la surface des feuilles, affectant négativement la capacité photosynthétique et la capacité de la plante à se

défendre contre d'autres agents nocifs (Biondi *et al.*, 2018). Les dommages indirects peuvent souvent se manifester à la suite d'infections bactériennes ou fongiques dans les galeries d'organes faites par la mineuse (Lahore, 2018). Les infestations causées par ce dernier conduisent à la réduction du rendement de la tomate et de son exportation mondiale (Abdel-Baky *et al.*, 2021).

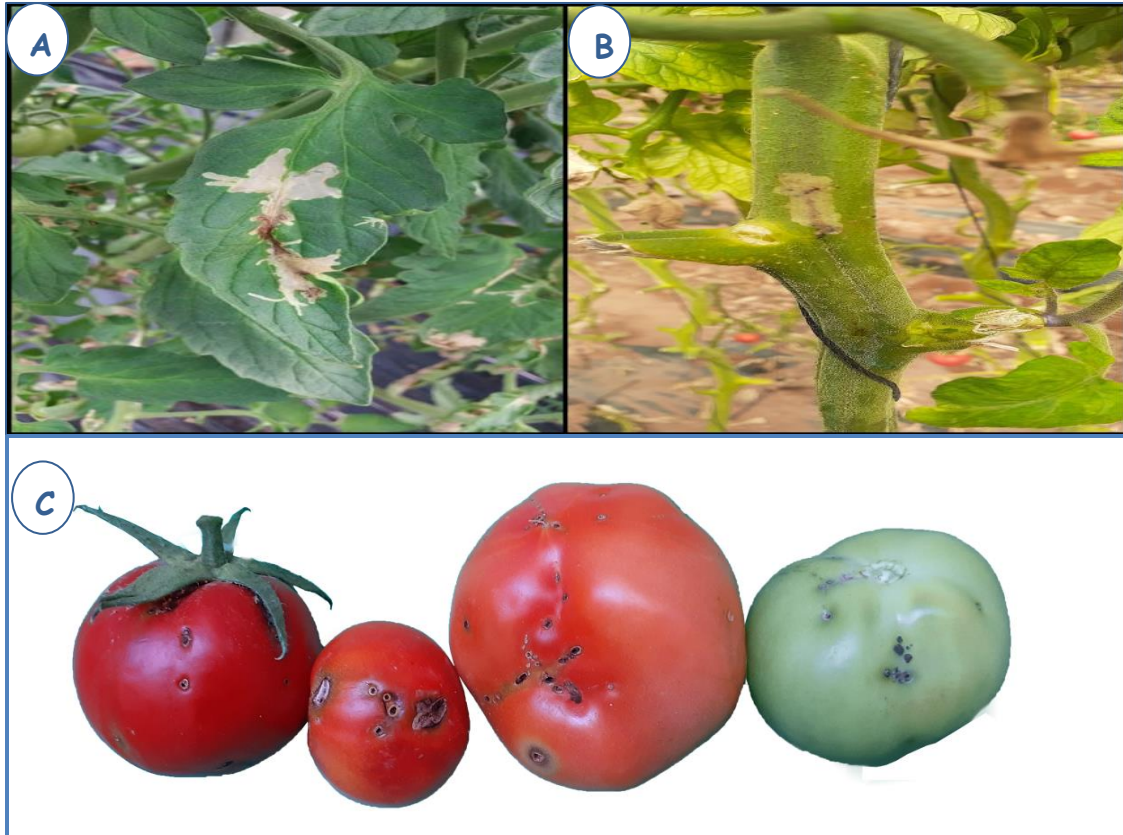


Planche 02: Dégâts de *T. absoluta* sur les différentes parties des plants de tomate (Originale)

A : Feuilles, B : Tiges, C : Fruits

II.8 Moyens de dissémination

Au cours des dix dernières années, *T. absoluta* a augmenté son rayon annuel de répartition de 800km, infestant ainsi près de 60% de la superficie cultivée de tomates dans le monde (Campos *et al.*, 2017 ; Sankarganesh *et al.*, 2017). Selon Xian (2017), la transmission à longue distance et la dispersion à courte distance sont les principaux moteurs de l'invasion. Le commerce agricole international est un mode de transmission clé à longue distance qui peut avoir contribué dans une plus large mesure à l'introduction de ce déprédateur. En Afrique, par exemple, l'importation de fruits (tomates et aubergines) en provenance de zones infestées de ravageurs a pu contribuer à l'introduction de ce bioagresseur (Karadjova *et al.*, 2013 ; CABI, 2019).

II.9 Moyens de contrôle

II.9.1 Lutte intégrée

La gestion de la mineuse sur tomate sous serre et en plein champs repose sur une approche intégrée, ciblant largement les stades d'œufs et de larves du ravageur (Erasmus *et al.*, 2021). Par conséquent, des pratiques de lutte intégrée contre les ravageurs impliquant la lutte biotechnique par le piégeage de masse à l'aide des différents types de pièges, la lutte biologique des prédateurs, des parasitoïdes et des agents entomopathogènes, y compris des pratiques culturales sont recommandés pour un contrôle efficace contre *T. absoluta* (Biondi *et al.*, 2018 ; Desneux *et al.*, 2021 ; Poudel et Kafle, 2021).

II.9.2 Contrôle cultural

Les pratiques culturales conseillées à utiliser pour surveiller le ravageur et pour prévenir les infestations sont divers telles que :

- ❖ La rotation des cultures, la culture intercalaire, la culture piège, l'élimination des feuilles symptomatiques et la destruction des plants de tomates infestés (Mohamed *et al.*, 2015 ; Li *et al.*, 2021) ;
- ❖ La manipulation de la fertilisation et de l'irrigation ont le potentiel de contrôler *T. absoluta* par des effets ascendants (Han *et al.*, 2019b) ;
- ❖ L'élimination de plantes hôtes alternatives à l'intérieur/autour des serres pourrait aider à supprimer la population de *T. absoluta*. Cependant, cette pratique oblige les producteurs à identifier les espèces de plantes sauvages qui peuvent servir d'hôtes saisonniers potentiels (Arnó *et al.*, 2019) ;
- ❖ Des barrières physiques telles que l'exclusion des compartiments par des filets anti-insectes et la conception de doubles portes à l'entrée des serres pourraient être utiles pour réduire le risque d'infestation (Retta et Berhe, 2015 ; Biondi *et al.*, 2018) ;
- ❖ La rotation des cultures passant de la tomate à d'autres cultures non hôtes pourrait briser le cycle de vie de *T. absoluta*, limitant ainsi l'accumulation de population. Enfin, exposer les champs sous serre à la température ambiante en hiver, notamment dans certaines régions à hiver froid, peut tuer une grande partie des individus de ravageurs restants qui ont tenté d'hiverner à l'abri (Li *et al.*, 2021).

II.9.3 Contrôle biotechnique

C'est la deuxième méthode la plus couramment utilisée après les insecticides, qui repose en grande partie sur l'utilisation de la phéromone sexuelle. Par exemple, l'annihilation des mâles par piégeage de masse avec des pièges delta est considérée comme une mesure efficace car elle peut gérer de faibles densités initiales de populations nouvellement arrivées (Aksoy et Kovanci, 2016; Bayram *et al.*, 2017 ; Mirhosseini *et al.*, 2019).

Les pièges à phéromones sont utilisés pour détecter la présence et l'abondance du ravageur, ce qui aide ensuite à déterminer le moment opportun pour l'application des mesures de contrôle incitant l'utilisation rationnelle des pesticides (Berxolli et Shahini, 2017).

Les pièges à phéromones sont des formes de pièges garnis de phéromones sexuelles femelles qui permettent d'attirer et de capturer des mâles adultes, dont on distingue plusieurs types : pièges à phéromone du type Delta, pièges à eau (Caparros Megido *et al.*, 2013), pièges collants de différentes couleur (Erlor *et al.*, 2020) et pièges lumineux (Ettaïb *et al.*, 2016 ; Erlor et Bayram, 2021).

II.9.4 Contrôle chimique

T. absoluta est le principal problème dans la production de tomate, les insecticides chimiques sont les mesures de contrôle les plus préférées sur le terrain en raison de leurs performances supérieures et de leur facilité d'utilisation (Bastola *et al.*, 2020 ; Kumar *et al.*, 2020).

La lutte chimique contre la mineuse dans la région méditerranéenne repose sur l'utilisation d'insecticides appartenant à quelques classes chimiques distinctes avec différents modes d'action, à savoir : les diamides (chlorantraniliprole limité à certains pays, cyantraniliprole), les avermectines (benzoate d'abamectine et d'émamectine), les spinosynes (spinosad) et les oxadiazines (indoxacarbe) (Haddi *et al.*, 2017 ; Diatte *et al.*, 2018 ; Roditakis *et al.*, 2018).

II.9.4.1 Inconvénients des produits chimiques

Le contrôle intensif de cette espèce invasive est principalement basé sur des pesticides synthétiques conventionnels, cette forme de contrôle perd constamment l'approbation de la société. Tarusikirwa *et al.* (2020) lient ceci au développement de la résistance aux pesticides et la perte consécutive d'efficacité sur le terrain ; aux préoccupations croissantes en matière de santé publique ainsi qu'à la contamination de l'environnement et la perte de la diversité biologique et

ses services écologiques associés. Par ailleurs, Rwomushana *et al.* (2019) reportent que les coûts sont insoutenables, en particulier pour les agriculteurs africains pauvres en ressources puisque l'utilisation d'insecticides est extrêmement difficile, car les larves présentent un port endophyte, restant à l'intérieur du mésophylle des feuilles ou des fruits protégées de la plupart des cas des composés chimiques.

Afin de contrer ce problème, on insiste de plus en plus sur la réduction de l'utilisation des pesticides couramment appliqués au profit des biopesticides, aux produits végétaux naturels et aux méthodes physiques de lutte contre les infestations d'insectes (Navarro et Navarro, 2018).

II.9.5 Contrôle biologique

Le contrôle biologique est souvent considéré comme l'un des moyens les plus économiques et écologiquement durables de gestion des ravageurs indigènes ainsi que des ravageurs exotiques et des maladies des cultures (Van Lenteren *et al.*, 2018a). Il consiste sur l'application de biopesticides, l'utilisation potentielle de nématodes entomopathogènes, la libération de parasitoïdes et/ou de prédateurs (Mansour et Biondi, 2020).

II.9.5.1 Bio-pesticides

Les formulations insecticides qui ont été utilisées contre *T. absoluta* peuvent être basées sur des microorganismes (bactéries, champignons ou virus), des dérivés microbiens et des extraits de plantes (Mansour *et al.*, 2018 ; Lengai *et al.*, 2020).

Les bio-pesticides à base d'entomopathogènes et de produits botaniques représentent des techniques de lutte antiparasitaire importantes pour les agriculteurs afin de gérer les populations de *T. absoluta*, en particulier dans la production biologique, où les risques économiques, environnementaux ou pour la santé humaine peuvent exclure totalement l'utilisation de pesticides chimiques (Amizadeh *et al.*, 2015 ; Abd El-Ghanny *et al.*, 2018; Lengai *et al.*, 2020).

Mansour et Biondi (2020), affirment que l'application de ces produits représente une approche de contrôle potentielle à adopter contre la mineuse de la tomate.

II.9.5.1.1 Bactéries entomopathogènes

Bacillus thuringiensis (*Bt*) est largement utilisée pour lutter contre divers ravageurs agricoles. Plus de 3000 espèces appartenant à 16 ordres d'insectes, dont les larves de *T. absoluta*

ont été très sensibles à cette bactérie (Abd El - Ghany *et al.*, 2016 ; 2018 *et al.*, 2017; El Hajj *et al.*, 2017).

II.9.5.1.2 Champignons entomopathogènes

Ce sont l'une des options les plus prometteuses appliquée contre les stades larvaires et œufs de *T. absoluta* (Alikhani *et al.*, 2019 ; Erasmus *et al.*, 2021). Or, les deux champignons *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* ont été signalés comme étant efficaces contre *T. absoluta* (Alikhani *et al.*, 2019 ; Tadele et Eman, 2019).

II.9.5.1.3 Nématodes entomopathogènes

Ils ont montré une efficacité vis-à-vis de la mineuse de tomate, en particulier lorsque la population est élevée. Il a été démontré que l'espèce *Steinernema feeliae* causait une mortalité importante chez les larves de *T. absoluta*, mais seulement lorsque les larves se trouvaient à l'extérieur des mines (Gozel et Kasap, 2015; Turkoz et Kaskavaci, 2016). D'autres espèces telles que *Steinernema carpocapsae* et *Heterorhabditis bacteriophora* ont également montré un niveau de contrôle élevé contre *T. absoluta* (Kamali *et al.*, 2018).

II.9.5.2 Bio-engrais

Mohamadi *et al.* (2017a) ont confirmé que l'ajout d'engrais humiques et de vermicompost dans le sol réduit la croissance des populations de *T. absoluta* et améliore la croissance des œufs de son parasitoïde *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Les mécanismes sous-jacents à ce résultat sont encore inconnus, mais ils mettent en évidence le double effet positif de l'utilisation de ces bio-engrais dans la lutte contre le ravageur (Mohamadi *et al.*, 2017b).

II.9.5.3 Auxiliaires

La lutte biologique est l'une des plusieurs options pour contrôler les individus de *T. absoluta* où un grand nombre d'ennemis naturels a été recensé (Seydi *et al.*, 2021). Dans leur zones d'origine et nouvellement envahies plus de 200 espèces de prédateurs et de parasitoïdes ont été signalés en association avec le ravageur (Biondi *et al.*, 2018 ; Ferracini *et al.*, 2019).

Chapitre III
Identification du ravageur *Tuta*
absoluta

III.1 Introduction

Les lépidoptères sont un ordre d'insectes très diversifié, principalement phytophages, avec des espèces transportées en dehors de leur aire de répartition d'origine par le commerce mondial des plantes (Mally *et al.*, 2022).

Les caractères des organes génitaux mâles et femelles chez les lépidoptères sont essentiels pour l'identification des espèces car ils présentent une variation morphologique importante (Wanke et Rajaei, 2018).

Pour identifier correctement l'espèce, la seule méthode fiable consiste à disséquer les organes génitaux des papillons mâles et femelles. Parallèlement à la dissection des organes génitaux, il est très important de les monter sur une diapositive, ce qui facilite une étude détaillée de l'organe pour des recherches ultérieures (Padwal *et al.*, 2018).

L'identification actuelle de *T. absoluta* repose sur l'examen de la morphologie, l'extraction de génitalia et l'évaluation des dommages causés aux plantes qui sont difficiles à différencier de ceux des ravageurs indigènes de la tomate.

L'objectif de cette étude est de montrer les détails morphologiques spécifiques aux appareils génitaux des mâles et femelles de la mineuse de la tomate *T. absoluta*.

III. 2 Matériel et méthodes

III.2.1 Identification morphologique

Les spécimens de mineuse de la tomate destinés à l'identification ont été obtenus suite à un élevage conduit avec des feuilles de tomate infestées au laboratoire de la protection des végétaux de l'université de Mostaganem.

Diverses différences morphologiques ont été signalées pour déterminer le sexe des nymphes de lépidoptères (Anton et Garrido, 1996) et bien que la morphologie soit similaire, les différences sexuelles ne sont pas exactement les mêmes chez toutes les espèces étudiées. Coelho et Franca (1987) reportent que les différences sexuelles entre les chrysalides femelles et mâles relevées sur *Scrobipalpula absoluta* sont actuellement signalées sur *T. absoluta*.

Afin de déterminer les caractères nymphaux spécifiques de la mineuse de la tomate, les faces ventrales des 8^{ème}, 9^{ème} et 10^{ème} segments abdominaux des nymphes vivantes ont été examinées pour les différences morphologiques externes sous une loupe binoculaire (Genc, 2005, Posada *et al.*, 2011 ; Genç, 2015).

Les adultes, avant leur dissection ont été identifiés et laissés en vie au moins 24 heures afin que leur chitine soit complètement durcie et que leurs graisses soient complètement métabolisées

III.2.2 Extraction des génitalia

L'extraction de génitalia a été réalisée au laboratoire de protection des végétaux et confirmé par Dr. Corro Chang Patricia Esther au laboratoire de l'entomologie à l'université de Panama.

La dissection des spécimens a été réalisée selon Lee et Brown (2006). L'abdomen de l'insecte a été séparé du reste du corps à l'aide d'une paire d'épingles entomologiques ; puis mis dans de l'éthanol à 20% pour un rinçage des microparticules. Il a ensuite été macéré dans du KOH chaud à 10% pendant 13 minutes.

Un second rinçage a été réalisé avec l'acide lactique suivi d'une coloration des tissus avec le colorant orange G 1% et le noir chlorazol (pour la reconnaissance des structures membraneuses). Les échantillons ont été déshydratés dans de l'alcool isopropylique et montés sur lame monté à l'euparal. Certains échantillons supplémentaires ont été stockés dans de la glycérine pour permettre la visualisation des dissections sous plusieurs angles.

L'utilisation de colorants basiques, tels que le Chlorazol Black, le Safranin O, le Mercurochrome et le Rose Bengale donne de meilleurs résultats dans les tissus membraneux, tels que les organes génitaux femelles (Jaeger, 2016).

Pour l'identification morphologique des organes génitaux on a eu recours aux travaux de Hodges (1966), Landry (1991), Huemer et Karsholt (1999, 2010). Des photographies d'échantillons et des dissections génitales ont été obtenues avec un microscope LEICA modèle M205A et un microscope à contraste de phase LED LEICA modèle DM3000.

III.3 Résultats et discussion

III.3.1 Identification morphologique des nymphes

Les nymphes ont été initialement molles, cylindriques et vertes. Après, elles sont devenues bruns foncé avant l'émergence des adultes.

Deux petits tubercules présents sur le 8^{ème} segment abdominal des chrysalides femelles sont utiles pour distinguer des chrysalides mâles de *T. absoluta*. L'ouverture génitale chez les femelles se trouve entre les tubercules et est indiquée par une suture longitudinale au milieu du 8^{ème} segment abdominal (Pl. 03 A). L'ouverture génitale mâle se trouve également sur le 9^{ème} segment abdominal (P3. 01 B).

Des études ont indiqué que les examens de ces segments montraient certaines similitudes et différences basées sur la présence et / ou l'absence de tubercules, de peignes et de stigmates, ainsi que sur des sutures spécifiques connues. Leur forme, leur position et leur apparence sont différentes et peuvent être spécifiques à la famille ou à l'espèce (Anton et Garrido, 1996 ; Posado *et al.*, 2011). Nos résultats convergent vers les résultats de Genç (2016) qui a indiqué que l'orifice génital se situait dans le 8^{ème} segment abdominal chez les femelles et dans le 9^{ème} chez les mâles de la mineuse de la tomate.

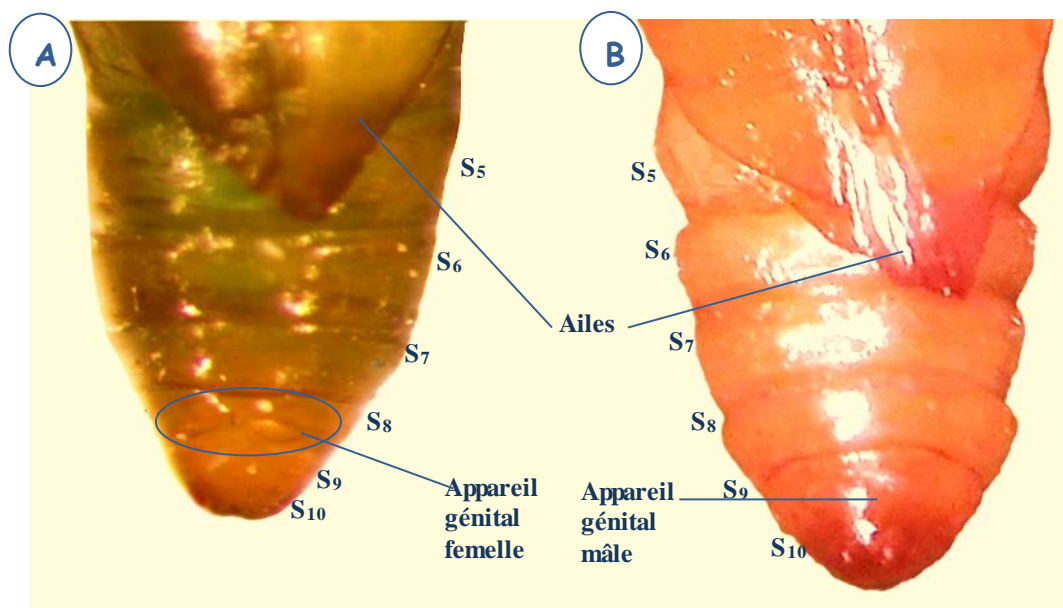


Planche 03 : Faces ventrales des chrysalides de *T. absoluta*

A : Face ventrales d'une chrysalide femelle

B : Face ventrales d'une chrysalide mâle

Segments abdominaux indiqués : S₅ : 5^{ème} segment abdominal ; S₆ : 6^{ème} segment abdominal ;

S₇ : 7^{ème} segment abdominal S₈ : 8^{ème} segment abdominal ; S₉ : 9^{ème} segment abdominal ; S₁₀ : 10^{ème} segment abdominal

III.3.2 Identification morphologique des adultes

L'examen de la morphologie des papillons Gelechiidae qui ont émergé des feuilles infestées ont montré des caractéristiques identiques avec l'espèce *T. absoluta* telle que décrite par Hayden *et al.* (2013). Les adultes sont diagnostiqués par les caractères suivants :

- ❖ Des petits papillons, la longueur de leur corps varie de 6 à 7 mm (Fig. 02) ;
- ❖ Les ailes antérieures sont étroites, marbrées de brun, de gris et de noir;
- ❖ Les ailes postérieures sont lancéolées, gris foncées avec de longs cils ;
- ❖ Les antennes sont longues et filiformes ;
- ❖ Les pattes ont un aspect rayé brun foncé et gris.

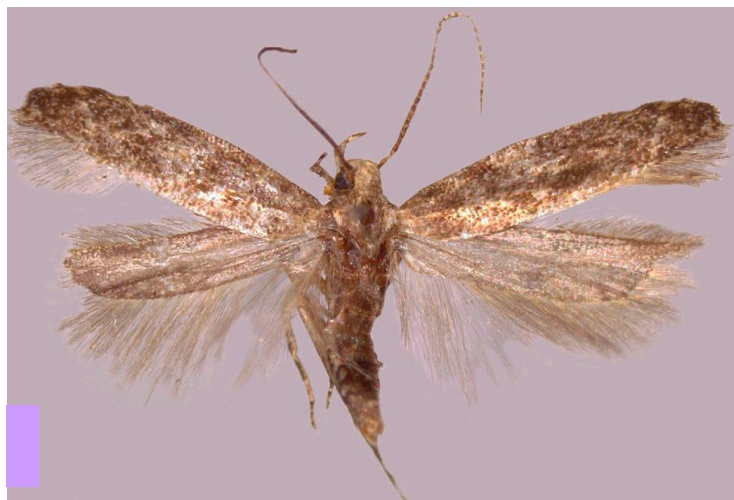


Figure 02: Adulte de *T. absoluta* (Corro Chang et Metz, 2021)

III.3.3 Morphologie des organes génitaux

L'identification des genitalia des mâles et des femelles sous microscope après montage entre lame et lamelle a permis de confirmer l'identification morphologique des spécimens de *T. absoluta*.

III.3.3.1 Génitalia mâle

L'appareil génital des mâles est un appareil fragile constitué par des valves aplaties couvertes de longues soies avec un sommet s'étendant presque jusqu'à la pointe de l'uncus. Un gnathos circulaire, un saccus large avec deux lignes de fusion formant un losange à la base. Un édéage sclérifié ou pénis, droit, avec un coecum court, large et gonflé et un uncus presque

aplatis. Un saccus long et subrectangulaire sur la longueur de la valve et du vinculum, & légèrement plus petit que l'uncus et les gnathos et le vinculum (Pl. 04 B et C).

III.3.3.2 Génitalia femelle

Les organes génitaux des femelles sont réduits et délicats dont le corps des bourses copulatrices est plus long que large, lisse. L'antrum sclérifié a une forme d'entonnoir. Le signum est allongé, réduit, rhomboïde et à bout émoussé (Pl. 04 A).

La morphologie interne et externe d'échantillons de papillons adultes a été examinée et s'est avérée conforme aux caractères utilisés pour diagnostiquer les adultes de *T. absoluta* (Badaoui et Berkani, 2010 ; Karlsson *et al.*, 2018 ; Corro Chang et Metz, 2021).

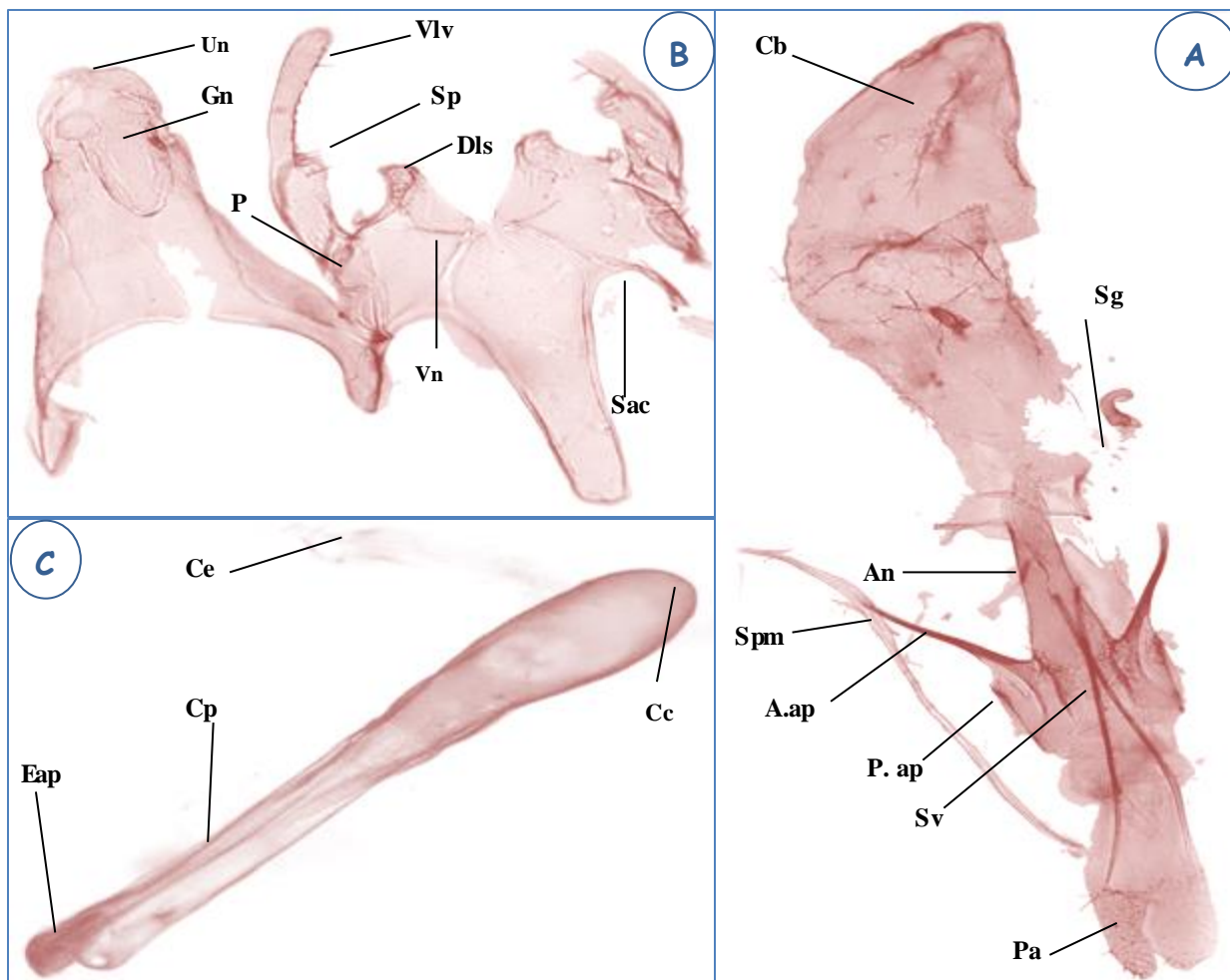


Planche 04 : Morphologie générale des organes génitaux chez les mâles et femelles de *T. absoluta*

A : Appareil génital femelle : Cb = bourse copulatrice ; Sg = signum ; Un = antrum ; Spm = spermathèque ; A.ap.= apophyse antérieure ; Sv= sinus vaginal ; P.ap.= processus postérieur ; Pa = papille anale ;

B : Appareil génital mâle : Vlv = valve ; Ps = processus sacculaire ; Dls = lobe distal du sacculus ; Vn = vinculum ; Sac = saccus ; A = uncus ; Gn = gnathos ; P = pédoncule ;

C : Pénis ou l'édéage Eap = épine apicale du pénis ; Cp = corps du pénis ; Ce = canal éjaculateur ; Cc = caecum.

III.4 Conclusion partielle

En conclusion, l'étude des génitalia des spécimens de la mineuse a permis l'identification de ce déprédateur comme étant *Tuta absoluta* Meyrick.

Les chrysalides vivantes examinées ont révélé les principaux caractères morphologiques des deux sexes de *T. absoluta*. En effet, la détermination du sexe des pupes était précise en utilisant l'apparence d'une fente spécifique située au milieu du 8^{ème} segment abdominal chez les femelles et au 9^{ème} segment abdominal chez les mâles.

Chapitre IV

Impact de *Tuta absoluta* sur la production des cultures de tomate à Mostaganem

IV.1 Introduction

La culture de tomate est considérée comme la deuxième culture légumière la plus produite au monde après la pomme de terre (Singh *et al.*, 2018 ; Blanchard-Gros *et al.*, 2021). En 2019, sa production a été estimée à 180 millions de tonnes sur une superficie de 5 millions d'ha (Panno *et al.*, 2021).

Au niveau continental, l'Asie représente près de 62% de la part de la production mondiale, suivie de l'Amérique (13,2%), de l'Europe (12,6%) et de l'Afrique (12%). Les deux premiers pays producteurs mondiaux sont la Chine avec 62,8 millions de tonnes suivie de l'Inde avec 19 millions de tonnes. Les États Unis d'Amérique occupent le troisième rang mondial avec plus de 12,8 millions de tonnes de tomate produite ; vient ensuite la Turquie avec 10,9 millions de tonnes et l'Égypte avec 6,8 millions de tonnes (FAOSTAT, 2021).

En Algérie, la tomate est l'une des plus importantes cultures légumières cultivées en plein champs et sous serre avec un rendement annuel très variable (Bradea *et al.*, 2015). La production de tomates industrielles s'est élevée à plus de 23 millions de qx en 2021, enregistrant une croissance de plus de 17% par rapport à l'exercice précédent. D'autre part, la production nationale de tomate fraîche a donné 13,72 millions de qx lors de la campagne 2020-2021 (MADR, 2022).

Parmi les principales régions productrices de la tomate, la Wilaya de Mostaganem a enregistré une production de 1,33 million de qx sur une superficie de 2 438.5ha (DSA Mostaganem, 2022). Au cours de son cycle végétatif, cette culture est continuellement menacée par différents bioagresseurs dont *Tuta absoluta*, le principal ravageur qui affecte aussi bien la qualité que la quantité de production dans cette région.

Compte tenu de l'importance de la tomate dans la région de Mostaganem, du potentiel de nuisibilité de ce ravageur et des multiples plaintes des producteurs, nous nous sommes intéressés à évaluer la situation phytosanitaire en interrogeant les producteurs de tomate sous serre et plein champ.

IV.2 Présentation de la wilaya de Mostaganem

IV.2.1 Situation géographique

La région de Mostaganem s'étend sur une superficie de 2269 km², de 0°8' Ouest à 0°46' Est et de 36°29' à 35°37' Nord. Située dans le Nord-Ouest de l'Algérie, elle est bordée, au Nord et au Nord-Ouest par la mer Méditerranée, avec une façade maritime de l'ordre de

120 km, à l'Est par la wilaya de Chlef, au sud par les wilayas de Mascara et de Rélizane, et à l'Ouest par celle d'Oran (Fig. 03) (Caïd *et al.*, 2019).

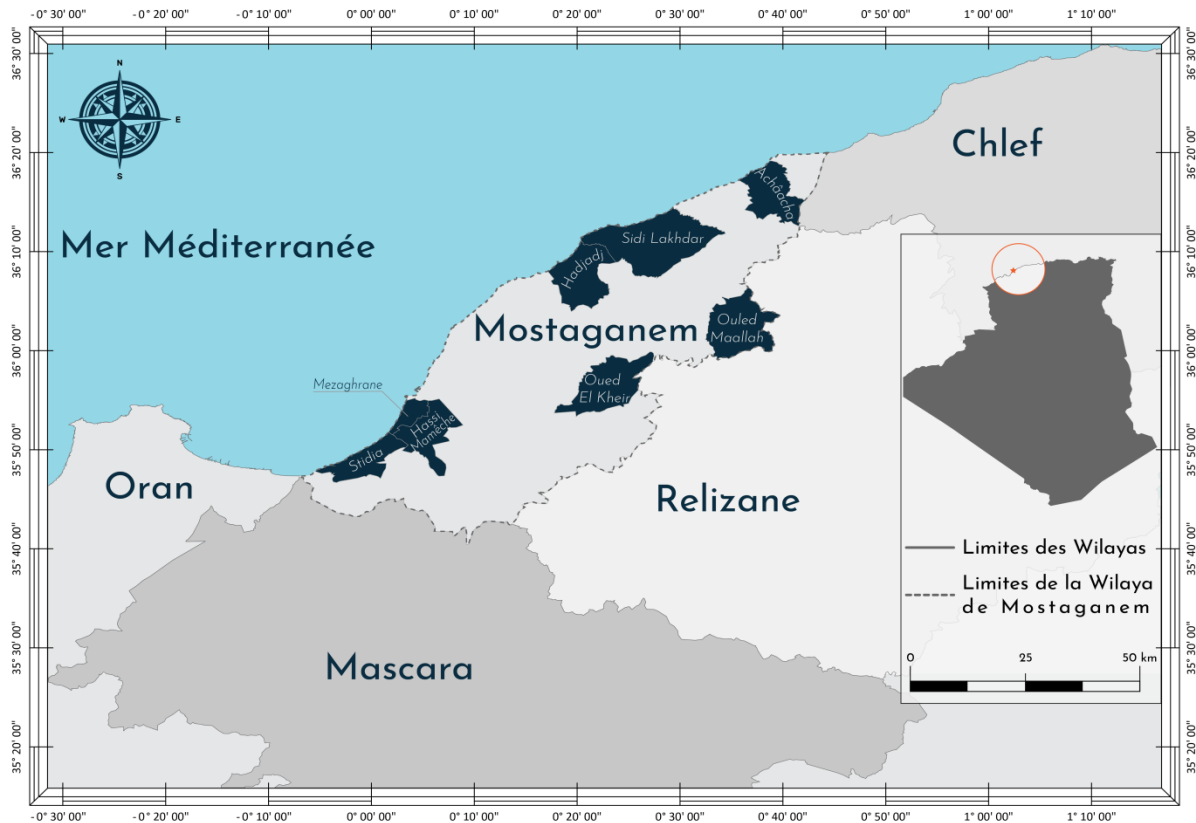


Figure 03: Situation Géographique de la région d'étude (Mostaganem) (Originale)

IV.2.2 Caractéristiques édaphiques

Nous distinguons deux grandes zones dans la wilaya : le plateau de Mostaganem dont la superficie est de 88 629 ha (62%) avec un sol à texture généralement sablonneuse, et la plaine du Dahra, dont la superficie est de l'ordre de 55 060 ha (38%), avec des sols à texture généralement argilo-limoneuse et dont la pente varie de 3 à 25% (DSA Mostaganem, 2015).

IV.2.3 Conditions climatiques

Les conditions météorologiques dans le district côtier de Mostaganem correspondent à un climat méditerranéen semi-aride, caractérisé par des étés secs et chauds et des hivers pluvieux (Senouci *et al.*, 2021). À Mostaganem, la pluie tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. La température moyenne dans cette région est de 18.3°C pendant l'année et les précipitations moyennes sont de l'ordre 387mm (Tab. 01) (CDO, 2022).

Tableau 01 : Paramètres climatiques de la wilaya de Mostaganem (1991-2021) (CDO, 2022)

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Températures moyennes (°C)	10.9	11.4	13.6	16.1	19.4	23.5	26.3	26.9	24	20.6	15.1	12.1
Températures minimales (°C)	7.2	7.5	9.5	11.8	15	18.7	21.5	22.3	20	16.6	11.6	8.6
Températures maximales (°C)	15	15.7	18.3	20.8	24.1	28.6	31.7	32.2	28.8	25.3	19	16.1
Précipitations (mm)	56	45	44	38	24	4	1	3	15	34	74	49
Humidités (%)	78	75	74	70	68	63	62	64	67	71	74	77
Jours de pluie	6	5	5	5	3	1	0	0	2	4	7	6
Heures de soleil (h)	7.3	8.1	9.0	10.1	11.1	11.9	11.9	11.1	10.1	9.0	7.6	7.1

IV.3 Méthodologie

Pour évaluer l'impact phytosanitaire causé par l'invasion de *T. absoluta* sur les cultures de tomates à Mostaganem, nous avons mené une enquête auprès de 45 producteurs issus des principales communes productrices de la région (Achâacha, Sidi Lakhdar, Stidia, Hadjadj, Mazagan, Hassi Mamèche, Ouled Maallah et Oued El Kheir). Les entretiens avec les producteurs se sont déroulés pendant la période allant de 2019 à 2020.

Les sites retenus pour l'enquête ont été déterminés en collaboration avec les responsables des sociétés Profert Spa et Timac Agro qui ont une promiscuité avec les agriculteurs et les producteurs de tomate.

Un questionnaire (Annexe 01) a été élaboré permettant de caractériser les exploitations de tomate, d'évaluer le niveau de connaissances des producteurs du ravageur, estimer les dégâts causés et de lister les pratiques phytosanitaires de contrôle de cet insecte.

IV.4 Résultats et discussion

IV.4.1 Identification des agriculteurs

IV.4.1.1 Age

Tous les maraîchers interrogés au cours de cette étude étaient des hommes. En effet, ils ont été majoritairement constitués d'une population âgée entre 30 à 39 ans avec 51.11%. Alors que, 42.22% de producteurs avaient un âge entre 40 à 49 ans et seulement 04.45%

avaient un âge de 25 à 29 ans. En revanche, les maraîchers qui ont plus de 49 ans ont été largement minoritaires avec 02.22% des effectifs (Annexe 02).

L'âge des producteurs est considéré comme l'un des points les plus importants affectant la production agricole en général, en particulier la culture de tomate qui nécessitent plus d'efforts et nécessite des producteurs plus jeunes.

IV.4.1.2 Niveau scolaire des agriculteurs

L'enquête nous indique que 02.22% ont un niveau primaire, 15.56% ont un niveau moyen et 66.67% ont un niveau secondaire. Alors que, 04.44% des maraîchers ont fait une formation agricole. Seulement 11.11% des agriculteurs ont fait des études supérieures non agricoles (Annexe 02). Cette dernière catégorie pourrait être le noyau ou le moteur du développement dans la zone. Un bon niveau d'instruction permettra au maraîcher de pouvoir lire et suivre correctement les instructions indiquées dans le domaine de la protection des cultures.

IV.4.1.3 Expérience dans la production de tomate

En termes d'expérience dans la production de tomate, 55.56% des producteurs ont une expérience inférieure à 10 ans et 42.22% ont une expérience comprise entre 10 et 20 ans. Seulement 02.22% présentent une ancienneté de plus de 20ans dans la production maraichère (Annexe 02).

IV.4.2 Caractérisation des exploitations de tomate

IV.4.2.1 Superficie réservée à la production de la tomate

La superficie réservée à la production de la tomate sous serre et en plein champ par les producteurs varie entre 0,5 et 13 hectares. En effet, 42.22% des agriculteurs ont cultivé la tomate sur une superficie de ½ha et 46.67% l'ont cultivée sur 1 et 5ha. Seulement 11.11% des maraîchers la produisent sur 5 hectares (Annexe 02).

IV.4.2.2 Mode d'acquisition des terres agricoles

L'enquête indique que 55.56% des agriculteurs sont des propriétaires et 44.44% des agriculteurs sont des locataires (Annexe 02).

La plupart des producteurs (53.33%) ont préféré de produire la tomate sous serre, certains maraîchers (15.56%) installent la tomate de plein champ comme culture d'arrière-

saison. D'autre part, 31.11% des agriculteurs ont utilisé les deux modes sous serre et plein champ pour produire la tomate (Annexe 02).

IV.4.2.3 Mode d'irrigation

Tous les maraîchers enquêtés utilisent le système goutte à goutte comme mode d'irrigation très efficace et compatible économiquement.

IV.4.2.4 Variétés cultivées

Plusieurs variétés de tomates se cultivent dans la région de Mostaganem ; grâce à leurs adaptations aux climats et à leurs résistances aux maladies et ravageurs. Après tout, les fruits diffèrent par leur taille, leurs aspects, leurs goûts, leurs besoins pédoclimatiques. En effet, les principales variétés utilisées sont Kawa (32.14%), Tomastar (21.42%), Nada (14.3%), Suzana (14.3%), Panekra (10.07%) et Belfast (7.14%) (Annexe 02). Elles sont généralement préférées par les agriculteurs parce que ayant un bon rendement, leurs fruits sont caractérisés par la tolérance aux nuisibles et se conservent bien durant le transport.

IV.4.2.5 Système de production (Monoculture /Association de culture)

Dans notre échantillon, 22.22% des exploitations appliquent le système de production diversifié (tomate, piment, poivron, haricot, ail...etc.) (Fig. 04), et 77.78% des exploitations appliquent le système simple (monoculture) pour la production de tomate (Annexe 02).



Figure 04: Différents modes de production de la tomate chez quelques agriculteurs dans la région de Mostaganem (Originale)

IV.4.2.6 Fertilisation

La fertilisation est généralement considérée comme l'un des matériaux de restauration de base les plus importants pour la culture de tomate. Tous les producteurs de la tomate de la zone d'étude utilisent des engrais organiques et chimiques. L'utilisation du fumier organique se balancera entre le fumier des volailles et fumier des bovins et cela varie selon la qualité de sol et la limpidité et la salinité d'eau. Le fumier avec toutes ses sources aides au démarrage et à la croissance de la plantule. Or, le fumier des volailles accélère le démarrage de la plantule et provoque les racines pour absorbé les sels minéraux par contre le fumier des bovins à longue durée montre une efficacité souvent en hiver.

Les NPK s'utilisent dans le sol pour compléter les matières nécessaires de la croissance de la plante dans tous ses cycles et corrigent l'insuffisance de la matière organique.

IV.4.3 État de connaissances des producteurs sur *T. absoluta*

Compte tenu de l'ampleur de ses dégâts occasionnés en plein champ et sous serre, tous les producteurs enquêtés savent identifiés *T. absoluta* et sont capables de décrire les symptômes qu'elle occasionne sur les différents organes de la plante.

IV.4.3.1 Dégâts causés par *T. absoluta*

Les dégâts causés par *T. absoluta* sont rencontrés durant tous les stades de développement des cultures. Cependant, les dégâts sont observés sur toute la partie aérienne des plants à savoir : les feuilles, les tiges et les fruits. La majorité de ces producteurs ne se sont pas formés sur la reconnaissance des ravageurs en particulier les insectes. Ils les reconnaissent en effet par habitude ou connaissances transmise de génération en génération.

IV.4.3.2 Spéculations attaquées par *T. absoluta*

Mostaganem étant une zone propice aux cultures maraichères, différents types de spéculations y sont cultivés par les maraîchers. Au total, trois spéculations attaquées par la mineuse de la tomate appartenant à la famille des Solanacées ont été citées par les maraîchers au cours de notre étude. Il s'agit du poivron (62.22%), de l'aubergine (20%) et de la pomme de terre (17.78%) (Annexe 02).

IV.4.3.3 Estimation des dégâts

Les dégâts causés par *T. absoluta* sur la culture de la tomate sont importants dans les zones de la production où 53.33% des producteurs estiment qu'entre 25 et 50% de la végétation de leur champ est détruite par ce ravageur à partir de la première récolte de tomate. Un degré de sévérité inférieur à 25% est atteint pour 26.67% des agriculteurs. Alors que, 15.56% des maraîchers affirment des pertes de productions entre 50 et 75%, et 4.44% des cultivateurs déclarent que les larves de cet insecte peuvent causer des dégâts entre 75 et 100% (Annexe 02).

Cette disparité de sévérité estimée par les agriculteurs, pourrait s'expliquer par les conditions climatiques des zones de production ainsi que de l'efficacité des principales molécules utilisées. D'autre part, l'alternance des pesticides à modes d'actions différents et au recours aux bonnes pratiques phytosanitaires par les producteurs.

Durant notre étude, 57.78% des producteurs affirment qu'ils ne pouvaient pas vendre les fruits de tomate attaqués par *T. absoluta*, par contre 42.22% des agriculteurs signalent leur vente des fruits infectés mais avec des prix bas destinés aux usines de transformations des tomates (Annexe 02).

IV.4.4 Mesures de protection phytosanitaire

Tous les agriculteurs enquêtés n'ont jamais reçu de formation en protection des cultures. En effet, les principales sources d'informations des agriculteurs en ce qui concerne les mesures de protection phytosanitaire sont :

- ❖ Leur expérience personnelle, agrémentée par celle de leurs aînés, de leur voisin, d'autres agriculteurs, cela étant pour 48.89% des exploitants enquêtés ;
- ❖ Les ingénieurs des sociétés des intrants agricoles qui contribuent à informer les exploitants à hauteur de 46.67% ;
- ❖ Les services de l'agriculture (INPV) correspondant également à 4.44% (Annexe 02).

IV.4.4.1 Pratiques phytosanitaires pour lutter contre *T. absoluta*

Pour contrer l'action des ravageurs, différentes méthodes sont utilisées par les producteurs que soit les pratiques culturales ou bien l'utilisation des pesticides. Les résultats de notre enquête révèlent que les pratiques culturales adoptées par les maraîchers de Mostaganem sont :

- ❖ La rotation des cultures avec d'autres spéculations (37.78%) ;
- ❖ L'association des cultures (11.11%) ;
- ❖ L'installation du paillage (44.44%) ;
- ❖ L'installation de l'insect-proof (6.67%) (Annexe 02).

Tous les agriculteurs appliquent le désherbage, l'arrachage et la destruction des organes/plantes infestées. En effet, la lutte contre les adventices se faisant manuellement avec la houe, cette pratique pourrait présenter l'avantage supplémentaire de permettre de remuer également la terre et ramener en surface les chrysalides enfouies dans le sol et les exposer aux rayons solaires.

Pour les rotations, les spéculations utilisées sont : le chou, le chou-fleur, la pomme de terre, le concombre, la fève, le petit pois, le melon, la pastèque, le blé dur et le blé tendre.

IV.4.4.2 Pesticides utilisés par les producteurs

Tous des producteurs rencontrés connaissent les noms des produits qu'ils utilisent. Pour les produits chimiques, les producteurs ont cités 08 molécules actives utilisées contre *T. absoluta* au cours de cette enquête : lambda-cyhalothrin (32.60% des produits utilisés), spinozad (22.83%), abamectine (15.21%), emamectine benzoate (9.78%), proact (6.52%), chlorantraniliprole (6.52%), cyperméthrine (4.34%), deltaméthrine (2.17%) (Annexe 02).

Certains producteurs affirment même qu'ils mélangent jusqu'à cinq produits différents pour réaliser les traitements contre ce ravageur. Plusieurs producteurs nous ont confié que certains de leurs traitements s'étaient avérés inefficaces au point de devoir abandonner leurs champs à cause des contaminations de *T. absoluta* incontrôlables.

IV.4.4.3 Période d'utilisation des pesticides chimiques

Parmi les règles des bonnes pratiques d'utilisation de produits phytopharmaceutiques, figure l'application des produits chimiques seulement en cas de stricte nécessité. Tous les producteurs rencontrés ont déclaré qu'ils traitent leurs cultures avec des produits chimiques. Aucun agriculteur ne traite ses cultures qu'en cas d'attaque par les ravageurs ou d'apparition de symptômes.

Tous les agriculteurs ont dit avoir essayé tous les insecticides dont ils disposaient pour combattre *T. absoluta*. En effet, plusieurs pulvérisations sont réalisées au cours du cycle de production de la tomate. Ainsi 22.22% des producteurs réalisent entre 10 à 15 traitements, 33.33% appliquent de 20 à 25 traitements phytosanitaires et 33.33% réalisent entre 30 à 35

pulvérisations. Seulement 11.12% des maraîchers traitent 40 fois leurs cultures de tomate (Annexe 02).

Cette utilisation répétée des pesticides explique leur actuelle relative inefficacité. Cela se traduirait par une méconnaissance du pesticide adéquat à utiliser en fonction du ravageur mais aussi par l'acquisition de résistance des bio-agresseurs vis-à-vis des pesticides. En effet, ce ravageur invasif n'est pas aisé à combattre, compte tenu de sa grande capacité de reproduction, sa stratégie alimentaire et sa résistance avérée à plusieurs molécules. Ainsi, plusieurs cas d'abandon de parcelles de production suite aux attaques de *T. absoluta*.

Nous constatons que la plupart des producteurs ne veulent pas respectez des doses recommandées (62.22%), des délais avant récolte (82.22%) (Annexe 02). Cette situation entraîne des conséquences désastreuses incluant les échecs des traitements, le développement de populations résistantes, l'intoxication humaine et des animaux, ainsi que la pollution de l'environnement.

IV.4.5 Difficultés liées à l'enquête

La réalisation de cette étude n'a pas été aussi simple qu'on l'imaginait. Nous avons trouvé plusieurs difficultés mais elles n'ont pas eu d'influence sur notre volonté de réaliser ce travail. Parmi celles-ci nous citons :

- ❖ Les agriculteurs ne comptabilisent pas leurs productions. En général l'agriculteur calcul les ventes global par serre et ne compte pas à la production et la quantité produite ;
- ❖ Leurs déclarations concernant les prix d'achat des matières premières ne sont pas justifiées par des factures ou d'autres pièces ;
- ❖ La difficulté de tirer les informations concernant les coûts et de communiquer avec les agriculteurs sur quelques aspects sensibles (rentabilité, prix de vente...etc.) ;
- ❖ L'indisponibilité des agriculteurs dans certains cas au niveau de leurs exploitations agricoles.

IV.5 Conclusion partielle

La tomate occupe une place très important dans le secteur maraicher à Mostaganem. Les bonnes pratiques permettent de faire pousser une culture saine ainsi que d'obtenir un rendement suffisamment constant.

T. absoluta est un microlépidoptère qui attaque les cultures de tomate. Grâce à l'enquête réalisée auprès de 45 producteurs dans différentes communes de Mostaganem nous avons évalué l'impact de ce ravageur sur la culture de tomate.

Ce ravageur attaque la culture de tomate durant tous leurs stades de développement et causent des dégâts divers sur les différentes parties de la plante. De plus, le poivron et l'aubergine sont les deux spéculations les plus attaquées après la tomate par cet insecte et que ses dégâts constatés par la majorité des producteurs.

La plupart des cultivateurs produisent la tomate sur des superficies comprises entre un à 5ha. Tous ont démontré leur connaissance de *T. absoluta* et peuvent en décrire les symptômes. En moyenne, les producteurs estiment que cette mineuse leur fait subir des pertes de rendement comprises entre 25 et 50%.

Pour lutter contre les ravageurs dans leurs cultures, la totalité des maraîchers rencontrés ont recours aux produits phytopharmaceutiques. Au total, 08 produits insecticides ont été cités par les maraîchers, dont lambda-cyhalothrin, spinosad, abamectine, emamectine benzoate, proact, chlorantraniliprole, cyperméthrine, deltaméthrine.

Les méthodes agroécologiques pratiquées par les maraîchers rencontrés se limitent à la rotation des cultures, à l'association des cultures et au ramassage des fruits ou organes attaqués. La résistance des populations est telle que de nombreux producteurs abandonnent des parcelles à cause d'infestations incontrôlables. Des méthodes alternatives sont parfois employées : la destruction des plantes infestées, la rotation de cultures, le désherbage, l'association des cultures, l'installation du paillage et l'installation de l'insect-proof.

Partie II

Ennemis naturels de *Tuta asoluta*

Chapitre I

Aperçu sur les ennemis naturels de *Tuta absouta*

I.1 Introduction

Les invasions biologiques causées par les insectes ravageurs représentent des menaces majeures pour les agroécosystèmes et les cultures agricoles (Xian *et al.*, 2017 ; Biondi *et al.*, 2018). Une culture à haut rendement, comme la tomate avec une production élevée peut augmenter considérablement le revenu des petits exploitants agricoles lorsque sa santé est maintenue (Mkonyi *et al.*, 2020). Les consommateurs sont de plus en plus intéressés par des aliments plus sains et plus savoureux et par conséquent les produits sans produits chimiques ou contenant de faibles doses de ces derniers sont très demandés sur le marché (Thwe *et al.*, 2020).

La lutte antiparasitaire a joué un rôle essentiel pour atteindre le niveau actuel de l'approvisionnement alimentaire et son importance continuera d'augmenter en raison de la croissance de la population humaine, de la dispersion mondiale des espèces envahissantes et du changement climatique en cours. Parallèlement, les préoccupations concernant la préservation de l'environnement et de la santé humaine augmentent également. Dans ce contexte, la lutte biologique est souvent considérée comme l'un des moyens les plus économiques et écologiquement durables de l'homme (van Lenteren *et al.*, 2018b). Bien que, ces options montrent un potentiel prometteur pour le contrôle de *Tuta absoluta*. Jusqu'à présent, seul le contrôle biologique augmentatif est appliqué, et exclusivement en Afrique du Nord. Les deux catégories d'ennemis naturels qui sont appliquées avec un certain succès sont les parasitoïdes et les prédateurs (Cherif *et al.*, 2018 ; Mansour et Biondi, 2021 ; Mama Sambo *et al.*, 2022). En effet, de nombreuses espèces peuvent réguler naturellement les populations de *T. absoluta* (Bacci *et al.*, 2018 ; de Campos *et al.*, 2020). À l'échelle mondiale, plus de 160 espèces d'auxiliaires sont associées à ce ravageur tant dans sa zone d'origine que d'introduction (Biondi *et al.*, 2018 ; Ferracini *et al.*, 2019 ; Lenteren *et al.*, 2019).

I.2 Parasitoïdes

Les insectes parasitoïdes présentent généralement une plus grande efficacité de recherche d'hôte et une plus grande spécificité d'hôte par rapport à d'autres agents de lutte biologique comme les prédateurs et les organismes entomopathogènes (Kenis *et al.*, 2017 ; Thancharoen *et al.*, 2018 ; Han *et al.*, 2019 ; Salas Gervasio *et al.*, 2019).

Par ailleurs, près de 100 espèces de parasitoïdes hyménoptères appartenant à des familles de Chalcidoidea, Chrysoidea et Ichneumonoidea...etc., ont été signalées en association avec *T. absoluta* dans le monde (Ferracini *et al.*, 2019).

Fait intéressant, un fort modèle d'adaptation des ennemis naturels a émergé dans les aires de répartition envahies de l'hémisphère oriental, avec 53 espèces de parasitoïdes formant un nouvel hôte *T. absoluta* au cours de la dernière décennie (Salas Gervassio *et al.*, 2019).

I.2.1 Parasitoïdes des œufs

Du point de vue taxonomique, tous les parasitoïdes des œufs enregistrés en association avec *T. absoluta* appartiennent à l'ordre des hyménoptères et les familles de Eupelmidae Encyrtidae et Trichogrammatidae (Ghoneim, 2014).

Les Trichogrammes peuvent parasiter les œufs d'aux moins huit ordres d'insectes et certaines espèces ont été utilisées avec succès dans des programmes de lutte biologique à grande échelle ciblant les lépidoptères nuisibles (Zang *et al.*, 2021 ; Cherif *et al.*, 2022). En effet, Chailleux *et al.* (2012) ont signalés leur efficacité dans la protection des cultures de tomate. Parmi eux, *Nabis pseudoferus* (Remane) et *Trichogramma brassicae* (Bezdenko) (Mohammad pour *et al.*, 2020).

En Amérique du Sud deux espèces parasitoïdes des œufs ont été enregistrées à savoir *Neochrysocharis formosa* (Westwood), *Trichogramma dendrolimi* (Matsumura) et *Trichogramma exiguum* (Girault) (Ferracini *et al.*, 2019).

En Afrique, le contrôle biologique augmentatif de *T. absoluta* à l'aide des Trichogrammes n'a été mis en œuvre que dans quelques pays d'Afrique du Nord (Mansour et Biondi 2021). La libération de *Trichogramma cacoeciae* et de *T. bourarachae* (Pintureau & Babault) a considérablement réduit les densités de *T. absoluta* et les dommages aux plants des tomates en Tunisie (Cherif *et al.*, 2019 ; Mansour *et al.*, 2019).

En Asie, l'utilisation de parasitoïdes trichogrammatidés pour la lutte contre *T. absoluta* n'a été tentée qu'en Turquie, en Iran et en Arabie saoudite (Mansour et Biondi, 2021).

I.2.2 Parasitoïdes des larves

Parmi les parasitoïdes larvaires connus de *T. absoluta*, seuls *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Marsh), *Pseudapanteles dignus* (Muesebeck) (Hymenoptera : Braconidae), *Dineulophus phthorimaeae* et *Necremnus tutae* (Ribes & Bernardo) (Hymenoptera : Eulophidae) qui ont été envisagées dans le cadre de programmes de lutte intégrée en Amérique du Sud et en Europe (Salas Gervassio *et al.*, 2019).

En Afrique, de nombreux parasitoïdes attaquant *T. absoluta* ont été décrits. Ceux-ci incluent plusieurs espèces des genres *Apanteles oerster*, *Bracon Fabricius* (Hymenoptera :

Braconidae) (Oke *et al.*, 2016 ; Biondi *et al.*, 2018 ; Mansour *et al.*, 2018). Au Kenya, deux espèces de parasitoïdes, *Bracon nigricans* (Szépligeti) (Hymenoptera : Braconidae) et *Stenomesus* sp. près de *japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera : Eulophidae) ont émergé sur les larves de *T. absoluta* (Mama Sambo *et al.*, 2022). Au Sénégal, des braconides *Cotesia vestalis* (Haliday), *Apanteles litae* (Nixon), *Meteorus laphygmarum* (Brues), *Chelonus* sp. et *Diadegma insulare* (Cresson), des Ichneumonidae *Pristomerus pallidus* (Kriechbaumer) et des Eulophidae *Elasmus* sp. ont été observés sur les larves de la mineuse de la tomate (Seydi *et al.*, 2021).

En Algérie, la zone de Mostaganem a montré la présence de six espèces de parasitoïdes: *Necremus tutae*, *Hyposoter didymator* (Thunberg) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Neochrysocharis* sp., *Sympiesis* sp., *Diglyphus isaea* (Walker) (Hymenoptera : Eulophidae) *Bracon* sp. (Guenaoui *et al.*, 2011; Boualem *et al.*, 2012).

I.3 Prédateurs

Au moins 60 espèces d'arthropodes prédateurs généralistes, appartenant à 26 familles, ont été détectées en train de se nourrir de *T. absoluta*. Parmi elles, plus de 50 espèces ont été recensées en Amérique du Sud. Tandis que, dix hémiptères ont été signalées dans des pays européens nouvellement envahis (Ferracini *et al.*, 2019). Certaines de ces espèces jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations de la mineuse de la tomate dans sa zone d'origine (Bacci *et al.*, 2018 ; Abraços-Duarte *et al.*, 2021).

Les mirides prédateurs sont des ennemis naturels souvent utilisés dans les programmes de lutte biologique et constituent une stratégie clé de lutte antiparasitaire actuellement utilisée dans le Bassin Méditerranéen sur les cultures de tomates et de poivrons (Jaworski *et al.*, 2015; Pérez-Hedo et Urbaneja, 2015 ; Mansour *et al.*, 2018 ; Abraços-Duarte *et al.*, 2021 ; Kouadio *et al.*, 2022). Parmi eux, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter), *N. volucer* (Kirkaldy), *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Hemiptera: Miridae), *Macrolophus caliginosus* (Wagner) (Heteroptera: Miridae), *Rhynocoris segmentarius* (Germar) (Hemiptera: Reduvidae) et certaines espèces du genre *Dicyphus* spp. (Hemiptera : Myridae). Ils se sont avérés particulièrement efficaces pour contrôler les populations de ravageurs dans les cultures de tomates (Shaltiel -Harpaz *et al.*, 2015 ; Biondi *et al.*, 2018; Mansour *et al.*, 2018 ; Ingegno *et al.*, 2019).

Des acariens prédateurs (*Amblyseius swirskii* et *A. cucumeris* Oudemans) et des fourmis prédatrices (*Tapinoma nigerrimum*) ont été signalés comme agents de lutte biologique contre les œufs et les larves de la mineuse de la tomate en Afrique du Nord (Tarusikirwa *et al.*, 2020).

Le prédateur *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera : Chrysopidae) a été suggéré comme agent de lutte efficace contre *T. absoluta* (Zappalà *et al.*, 2013 ; Ismoilov *et al.*, 2020 ; Tarusikirwa *et al.*, 2020).

Malgré leurs avantages en tant qu'agents de lutte biologique commerciaux clés, la large utilisation de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* a été entravée par la préoccupation concernant les dommages potentiels aux cultures de tomates. Les dégâts sont liés à leur caractère zoophytophage (Jiao *et al.*, 2019 ; Li *et al.*, 2021). Des pertes économiques ont été observées dans les cultures de tomates dues à des anneaux bruns nécrotiques autour des tiges et des pousses, ainsi que des dégâts sur les fleurs et les fruits causés par leur alimentation. Dans cette perspective, le rôle potentiel de certaines plantes cultivées et non cultivées, pour la bonne gestion de *T. absoluta* et de ses prédateurs, est actuellement à l'étude afin de parvenir à une lutte biologique plus efficace (Ingegno *et al.*, 2017 ; Naselli *et al.*, 2017a).

Chapitre II
Potentialités des ennemis
naturels de *Tuta absoluta*
dans la région de
Mostaganem

II.1 Introduction

Depuis l'apparition de la mineuse de la tomate dans les pays du bassin Méditerranéen, plusieurs espèces de prédateur et parasitoïde ont été observées se nourrissant sur ce ravageur (Arnó *et al.*, 2021). La reconnaissance et l'identification des différents entomophages inféodés à cette espèce s'avèrent indispensables dans le cadre de leur utilisation dans des programmes de lutte biologique (Boualem *et al.*, 2012).

L'objectif de notre travail consiste à établir un inventaire des espèces d'insectes inféodée à la mineuse de la tomate *T. absoluta* dans la région de Mostaganem, dans le but d'identifier éventuellement les différents ennemis naturels associés à cette mineuse dans les champs de tomates et de déterminer leur abondance relative.

II.2 Matériel et méthodes

II.2.1 Choix des sites

L'inventaire des espèces auxiliaires a été réalisé dans des parcelles de tomate en plein champ et sous serre dans plusieurs sites de la région de Mostaganem (Nord-Ouest de l'Algérie) à savoir: 3 régions côtières Stidia (35° 50' 00"N, 0° 00' 00"E), Hadjadj (36° 06' 00" N, 0° 20' 00"E) et Mazagran (35° 53' 44" N, 0° 04' 17"E), et 3 régions intérieures Aïn Tadles (35° 59' 47"N, 0° 17' 52"E), Hassi Mamech (35° 51' 37" N, 0° 04' 23" E) et Sidi Ali (36° 06' 00"N, 0° 25' 00"E) (Fig. 05) (DB-CITY, 2021).

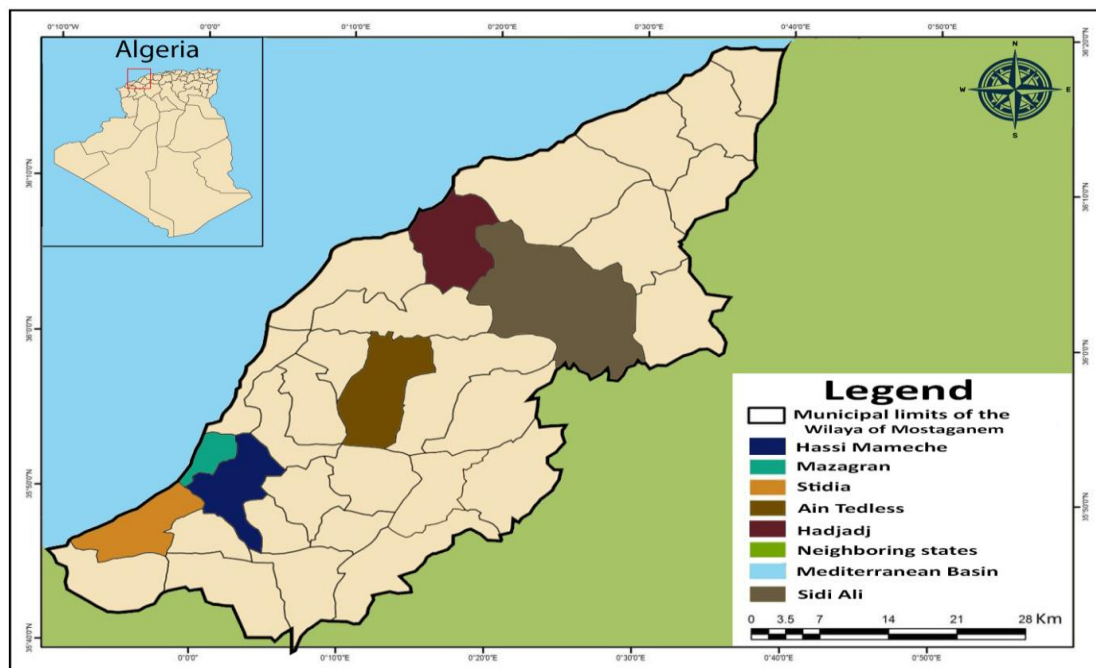


Figure 05 : Sites de collecte des ennemis naturels de *T. absoluta* dans la région de Mostaganem

II.2.2 Méthode d'échantillonnage

L'inventaire de la faune prédatrice et parasitoïde de la mineuse de la tomate a été réalisé mensuellement de Mars 2020 à Octobre 2021, sur un réseau de 12 parcelles (6 parcelles sous serres et 6 parcelles en plein champ). Pour cela, nous avons adopté la méthode, d'échantillonnage aléatoire, qui consiste à prendre 03 folioles de tomate par étage foliaire (bas, milieu et sommet) soit 09 folioles par plant, équivalent à 315 folioles par parcelle. Le suivi a été étalé sur une période du repiquage des plants jusqu'à la récolte. Les feuilles échantillonnées ont été prélevées et placées dans des sacs en plastique étiquetés. Ensuite, ils ont été acheminés au laboratoire pour les observations.

II.2.3 Suivi du parasitisme au laboratoire

L'observation des échantillons a été effectuée sous stéréomicroscope. Les adultes des auxiliaires ont été placés dans des tubes avec de l'alcool pour leur identification ultérieure.

Les larves ont été classées comme « ectoparasitées » (avec des pupes, des larves ou des œufs d'un parasitoïde sur les larves de *T. absoluta*), « vivantes » (sans ectoparasitoïdes clairement visibles ont été conservées afin de déterminer le taux de parasitisme par les endoparasitoïdes) ou « mortes » et le nombre de chaque catégorie a été enregistré pour étudier l'activité parasitaire sur les chenilles de cette mineuse. Ensuite, les larves parasitées ont été placées dans des boîtes de Petri (maximum 3 larves par boîte) et conservées à température ambiante. Un suivi quotidien de chaque chenille est réalisé jusqu'à la nymphose de *T. absoluta* ou l'émergence des parasitoïdes, ces derniers sont quantifiés. Après, ils ont été maintenus dans l'éthanol (70%) pour la conservation jusqu'à l'identification.

Le taux de parasitisme a été calculé par l'application de la formule suivante :

$$TP (\%) = (Ni / N) \times 100$$

TP : Taux de parasitisme ; **Ni** : Nombre d'individus parasités ; **N** : Nombre total des individus.

II.2.4 Identification morphologique des parasitoïdes

II.2.4.1 Ectoparasitoïdes

Les adultes des ectoparasitoïdes ont été identifiées à l'aide d'une approche intégrative à partir de l'identification morphologique basée sur les clés disponibles de Gebiola *et al.* (2015),

puis envoyés à l'Institut du développement de la protection des plantes, le Consulat de la Recherche Nationale (CNR), en Italie pour la confirmation de nos identifications par le Professeur Umberto Bernando.

II.2.4.2 Endoparasitoïdes

Des espèces de Microgastrinae ont été identifiées par Jose Fernandez-Triana au Collection Nationale Canadienne d'Insectes (CNC), au Canada, par comparaison avec des spécimens Sud-américains certifiés et référencés au CNC, comprenant un paratype et d'autres spécimens authentifiés d'Amérique du Sud. L'holotype (déposé au Muséum d'histoire naturelle de Washington DC, États-Unis) et des échantillons supplémentaires de Catalogne (Nord-est de l'Espagne) ont également été examinés et photographiés. Les spécimens identifiés d'Algérie sont déposés au CNC et à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Algérie.

Pour les termes morphologiques, on a suivi plusieurs références publiées de Fernandez-Triana *et al.* (2020) ainsi que le site Web Hymenoptera Anatomy Ontology (HAO) (<http://portal.hymao.org/projects/32/public/ontology/>). Les photographies ont été prises avec un microscope numérique Keyence VHX-1000, en utilisant des objectifs avec une plage de 10 à 130×. Plusieurs images ont été prises d'une structure à travers le plan focal, puis combinées pour produire une seule image nette à l'aide d'un logiciel associé au système Keyence. Les plaques ont été préparées à l'aide de Microsoft PowerPoint 2010 et enregistrées ultérieurement sous forme de fichiers.tiff.

II.2.5 Identification moléculaire

Pour confirmer l'identification morphologique de *Necremnus tutae* et *Dolichogenidea gelechiidivoris*, des spécimens ont été séquencés pour l'identification par code-barres d'ADN.

II.2.5.1 Identification de *N. tutae*

L'identification moléculaire des spécimens collectés dans la région de Mostaganem a été effectuée dans l'Institut de protection des plantes et des sciences agricoles de l'Académie chinoise. L'ADN a été extrait de la tête des mâles. La région de code-barres de 497 paires de bases (pb) du gène COI mitochondrial a été amplifiée, en utilisant 1µl de chaque amorce universelle LCO1490 (F) : 5'GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG3' et HCO2198 (R) :

5'TAAACTTCAGGGGTACCAAAAAATCA3', 1µl de matrice d'ADN, 25µl d'ADN polymérase et 22µl de ddH₂O.

Le système d'amplification PCR est le suivant : 95°C pendant 5min, 34 cycles de dénaturation (95°C pendant 30s), d'anneau (51.6°C pendant 30s), 34 cycles d'extension (72°C pendant 45s) et une extension finale (72°C pendant 5 min). Les produits de PCR ont été extraits et purifiés par gel puis envoyés à Sangon (Shang Hai, Chine) pour le séquençage.

Celles-ci ont ensuite été enregistrées dans les bases de données du Centre national d'information de la biotechnologie (NCBI) à l'aide de séquences de nucléotides. Un arbre de jonction voisin basé sur le maximum de vraisemblance avec 12 séquences des spécimens de *N. tuta* a été construit à l'aide de paramètres standard (NCBI).

Les séquences de *N. tuta* disponibles sur GenBank proviennent de six pays différents dont l'Algérie, la Tunisie, le Maroc, l'Espagne la France et l'Italie.

II.2.5.2 Identification de *D. gelechiidivoris*

Des codes-barres d'ADN ont été obtenus à partir des spécimens collectés en Algérie (Mostaganem) et en Espagne. L'ADN a été extrait de manière destructive de la patte arrière de 4 spécimens avec le kit DNeasy Blood and Tissue (Qiagen, Valencia, CA, USA). Des modifications du protocole du fabricant de Moreau (2014) et Cruaud *et al.* (2019) ont été incorporés dans l'extraction. La région de code-barres de 658 paires de bases (pb) du gène COI mitochondrial a été amplifiée dans un Eppendorf MasterCycler Pro S par des réactions contenant 2µl de dNTP 2,5mM, 2µl de MgCl₂ 25mM, 2,5µl de tampon 10XTaq, 1µl de chaque 10µM amorce universelle LCO1490 et HCO2198 (Folmer *et al.*, 1994), 0,2µl d'ADN polymérase ExTaq HS (Takara Bio USA, Madison, WI), de 1 à 4µl de matrice d'ADN et de 1 à 25µl ddH₂O. Le programme d'amplification était le suivant : 95°C pendant 1 min, 35 cycles de dénaturation (95°C pendant 15s), anneau (49°C pendant 15s), extension (72°C pendant 45s) et une extension finale à 72°C pendant 4min. Le succès de l'amplification a été confirmé par visualisation sur un gel à 1%. Les échantillons qui ont été amplifiés avec succès ont été nettoyés avec ExoSAPIT (PE Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Le séquençage de cycle a été complété avec le kit de séquençage de cycle BigDye Terminator v3.1 (PE Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) dans des réactions de 10µl. Les échantillons ont été purifiés et séquencés sur un analyseur génétique d'ADN de 3500xl (PE Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) à l'installation centrale de séquençage au Centre de recherche des céréales et des oléagineux d'Agriculture et Agroalimentaire de l'Est de Canada (Ottawa, ON, Canada).

Les séquences ont été déposées dans le Barcode of Life Data Systems (BOLD; <http://www.boldsystems.org>). Un ensemble de données contenant toutes les séquences disponibles de *D. gelechiidivoris* (la nôtre et d'autres précédemment obtenues à partir de spécimens en Amérique du Sud) a été créé en BOLD et un doi a été reçu pour une référence future ([dx.doi.org/10.5883/DS-DOLIGELE](https://doi.org/10.5883/DS-DOLIGELE)). Un arbre de jonction voisin avec les 16 séquences de l'espèce sur 600 paires de bases (pb) a été construit en utilisant les paramètres standards BOLD.

II.2.6 Identification morphologique des prédateurs

Au laboratoire de la protection des végétaux l'identification morphologique des prédateurs a été déterminée selon des clés proposées par : Delvare et Aberlenc (1989), Fauvel *et al.* (1987).

II.2.7 Abondance relative des espèces

Selon Dajoz (1975), l'abondance relative des espèces (AR) est exprimée par le pourcentage des individus d'une espèce N_i par rapport au nombre total des individus N .

$$AR(\%) = (N_i / N) \times 100$$

II.3 Résultats et discussion

Durant toute la période de l'échantillonnage, les infestations des feuilles de tomates par *T. absoluta* ont été très faibles sur les cultures sous serre et plein champ dans tous les sites d'étude.

II.3.1 Estimation du taux de parasitisme de *T. absoluta* sur les cultures de tomates

II.3.1.1 Taux de larves ectoparasitées de *T. absoluta*

Le taux des larves de *T. absoluta* ectoparasitées sur les cultures de tomates sous serre est présenté dans le tableau 02.

Tableau 02 : Taux de larves ectoparasitées de *T. absoluta* sur les cultures de tomates sous serre des différents sites d'étude de la région de Mostaganem

Sites d'échantillonnages	Dates	Modes de production	Taux de parasitisme (%)
Hassi Mameche	Mars 2020	Sous serre	07.33
Hadjadj	Mai 2021	Sous serre	16.25
Sidi Ali	Juin 2021	Sous serre	09.09
Aïn Tadles	Juin 2021	Sous serre	30.00

Les taux de parasitisme des larves ectoparasitées enregistrés ont été variables d'une région à l'autre. En effet, dans les serres de tomates à Aïn Tedles, un taux maximal de 30% a été obtenu au mois de juin, suivi par un pourcentage de 16.25 noté au mois de Mai dans la région de Hadjadj. Tandis que, des taux moins importants de 9.09 et 7,33% ont été relevé sur les échantillons de Sidi Ali et Hassi Mameche, respectivement. Par contre, dans les deux sites Mazargan ainsi que Stidia et sur les cultures de tomates en plein champ on n'a pas pu déterminer le taux de parasitisme puisque seuls des adultes parasitoïdes ont été trouvés.

Les taux de larves (du deuxième au quatrième stade larvaire) ectoparasitées enregistrés au cours de cette étude étaient faibles, ce qui révèle une pression limitée sur les populations de *T. absoluta*. Ils étaient inférieurs en comparaison à ceux consignés dans l'étude de Crisol-Martinez et Van der Blom (2019), où une valeur de 73% a été obtenue dans les serres de tomates du Sud-est de l'Espagne. Alors que, Denis *et al.* (2021) ont obtenus des niveaux de larves ectoparasitées allant de 0,1 (Mai) à 35,7% (Novembre) au Nord-est de l'Espagne. Dans

la même région, Arnó *et al.* (2021) ont consigné un taux proche de 20%. De même, Abbas *et al.* (2014) ont rapporté un taux de parasitisme moyen de 26% dans les cultures de plein champ tunisiennes utilisant des plantes sentinelles et entre 11 et 15% lors de l'échantillonnage direct des feuilles de tomate de la culture.

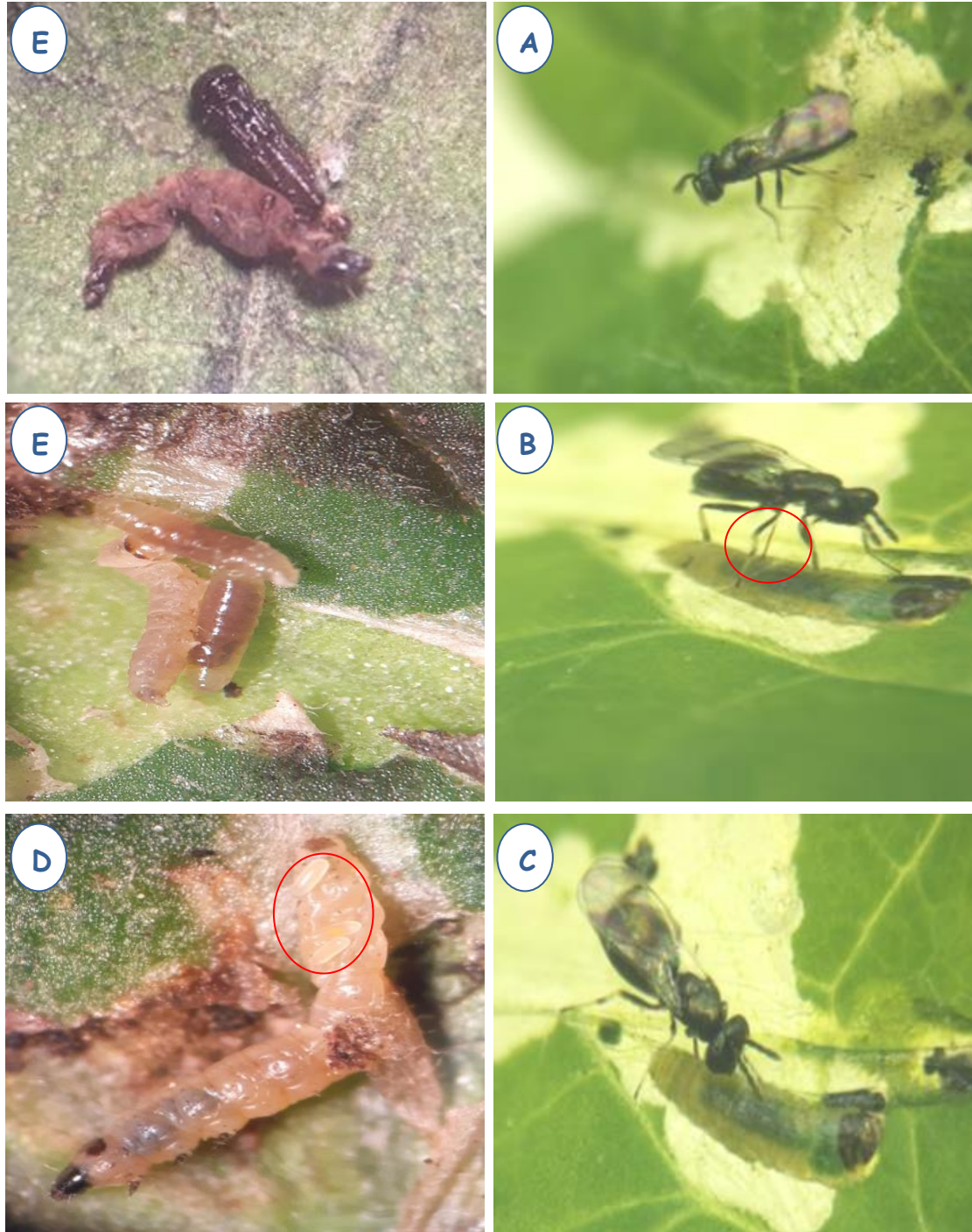


Planche 05 : Femelle de parasitoïdes parasitant une larve de *T. absoluta* (Originale)

A : Recherche de l'hôte, **B :** Introduction de l'aiguillon à venin à travers la feuille pour paralyser la larve, **C :** Prédation par succion du liquide qui s'écoule de la larve piquée, **D :** Œufs du parasitoïde, **E :** Larves de parasitoïde, **F :** Nymphes de parasitoïdes.

II.3.1.2 Taux des larves endoparasitées

Le taux des larves de *T. absoluta* endoparasitées sur les cultures de tomates sous serre est présenté dans le tableau 03.

Tableau 03 : Taux de larves endoparasitées de *T. absoluta* sur les cultures de tomates sous serre des différents sites d'étude de la région de Mostaganem

Sites d'échantillonnage	Dates	Modes de production	Taux de parasitisme (%)
Hassi Mameche	Aout 2021	Plein champ	3.33
Mazagran	Septembre 2021	Plein champ	4.44
Hadjadj	Octobre 2021	Plein champ	2.77
Sidi Ali	Juin 2021	Sous serre	9.16
	Juillet 2021	Sous serre	5.66

Selon les résultats obtenus les taux de parasitisme ont été supérieurs sur les cultures de tomates sous serre en comparaison avec celles cultivées en plein champ. En effet, des pourcentages importants de 5.66 et 9.16% ont été enregistré aux mois de Juin et de Juillet 2021, respectivement dans les serres de Sidi Ali. Cependant, des taux respectifs de 3.33 ; 4.44 et 2.77% ont été notés sur les feuilles de tomates cultivées en plein champ dans les parcelles de Hassi Mameche, Mazagran et Hadjadj.

Nos résultats corroborent avec ceux de Denis *et al.* (2021). Ces auteurs n'ont enregistré aucun endoparasitoïde en Mars, Avril et Novembre sur les tomates sous serre au Nord-est de l'Espagne. Par contre, ils ont trouvé que le pourcentage d'endoparasitisme a régulièrement augmenté de Mai à Octobre. D'autre étude menée par Aigbedion-Atalor *et al.* (2020) au laboratoire sur les performances du parasitoïde ont confirmé que *D. gelechiidivoris* est un agent de lutte prometteur avec plus de 55% de parasitisme sur les premiers stades larvaires du ravageur.



Planche 06 : Différents stades de développement de l'ectoparasitoïde (Originale)

A et B : Larves, C : Prénymphe, D : Nymphes

II.3.2 Inventaire des parasitoïdes

L'identification morphologique des adultes des parasitoïdes relevés dans nos échantillons a permis de mettre en évidence la présence de deux espèces parasitoïdes, il s'agit de *Necremnus tutae* (Ribes & Bernardo, 2015) et *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Marsh, 1975).

II.3.2.1 L'ectoparasitoïdes *N. tutae*

Les parasitoïdes élevés à partir de larves ectoparasitées ont été principalement identifiés morphologiquement comme *N. tutae* (Fig. 06). Ce dernier a été observé sur les cultures de tomates sous serre et plein champ dans tous les sites sélectionnés.

Les résultats obtenus dans notre étude sont cohérents avec des études précédentes qui suggèrent que *N. tutae* est largement distribué en Méditerranée (Ferracini *et al.*, 2012; Zappalà *et al.*, 2013 ; Gabarra *et al.*, 2014 ; Gebiola *et al.*, 2015 ; Biondi *et al.*, 2018).

Les espèces du genre *Necremnus* sont des ectoparasitoïdes qui parasitent les larves du deuxième au quatrième stade de *T. absoluta* (Calvo *et al.*, 2013; Abbes *et al.*, 2014). Par

ailleurs, plusieurs travaux ont montré que les deux espèces *N. tutae* et *N. cosmopterix* sont parmi les parasitoïdes larvaires les plus abondants de *T. absoluta* dans le bassin Méditerranéen (Cocco *et al.*, 2015 ; Gabarra *et al.*, 2014 ; Zappalà *et al.*, 2013). De nombreuses études ont reconnu la contribution des populations naturelles au contrôle biologique de la mineuse de la tomate (Abbes *et al.*, 2014; Crisol-Martínez et van der Blom, 2019 ; Arnó *et al.*, sous presse). En 2010, un contrôle réussi de *T. absoluta* par *N. tutae* a été enregistré pour la première fois dans une seule serre de la province d'Almeria en Espagne (van der Blom *et al.*, 2011). Cinq ans après, ce parasitoïde s'est avéré être beaucoup plus répandu comme agent de contrôle (Van der Blom *et al.*, 2016). Il a été considéré comme un agent de lutte biologique potentiel à lâcher pour la lutte antiparasitaire (Calvo *et al.*, 2013, 2016 ; Chailleux *et al.*, 2014 ; Bodino *et al.*, 2016). D'autre part, les études de Naselli *et al.* (2017) ont dévoilé que le parasitoïde *N. tutae* est plus efficace que *Bracon nigricans* pour contrôler ce phytophage.



Figure 06 : Femelle de *N. tutae* (Originale)

II.3.2.2 L'endoparasitoïde *D. gelechidivoris*

En Décembre 2020, une espèce de Microgastrinae a été relevée à partir des feuilles de tomates collectées dans les champs de la commune de Stidia, situés au long de la baie d'Arzew et à 15 km au SW de la ville de Mostaganem. La localité est caractérisée par un climat méditerranéen doux. La même espèce de parasitoïde a ensuite été retrouvée dans les cultures de tomate sous serre dans d'autres communes de la province de Mostaganem.

Les spécimens de parasitoïdes collectés en Algérie à partir de *T. absoluta* sur tomate ont été identifiés comme *D. gelechidivoris*, sur la base de la description originale (Marsh, 1975) et de la comparaison avec l'holotype de l'espèce, un paratype et d'autres matériaux déposés au

CNC (Fig. 07–11). Cette espèce n'a jamais été signalée comme parasitoïde des larves de *T. absoluta* en Afrique.

Les spécimens algériens ont des pattes postérieures légèrement plus foncées (Fig. 11 et 12) mais correspondent par ailleurs au reste des individus identifiés.

Un total de 25 espèces de *Dolichogenidea* ont été enregistrées jusqu'à présent en Afrique (Fernandez-Triana *et al.*, 2020), mais beaucoup d'autres restent non décrites. Il n'y a jamais eu de revue taxonomique du genre sur le continent, bien que certaines espèces, alors sous le genre *Apanteles*, aient été traitées par Wilkinson (1932) et Nixon (1965), et que les faunes de la péninsule arabique et de l'île de la Réunion aient été partiellement étudiés récemment (Rousse & Gupta 2013 ; Fernandez-Triana & van Achterberg, 2017).

À l'heure actuelle, il n'existe pas de clés pour séparer les espèces africaines de *Dolichogenidea*, mais la combinaison suivante de caractères morphologiques devrait suffire pour caractériser et reconnaître sans équivoque *D. gelechiidivoris* parmi toutes les autres espèces décrites du genre en Afrique :

- 1) Les antennes sont plus courtes que le corps ;
- 2) Le anteromesoscutum est le plus souvent brillant, couvert de soies blanches et de perforations relativement clairsemées mais uniformément réparties et bien marquées ;
- 3) Le disque mésoscutélaire est brillant avec des perforations comparativement moins profondes et plus clairsemées que dans l'anteromesoscutum ;
- 4) La zone polie (lunules) du côté latéral du complexe axillaire atteint environ la moitié de la hauteur du côté latéral ;
- 5) Le propodeum est principalement lisse et brillant sur la moitié antérieure, la moitié postérieure rugueuse médialement, avec des rugosités près de la nuque et formant la partie inférieure d'une aréole ;
- 6) Le métasome est relativement court et légèrement comprimé latéralement ;
- 7) Le premier médiotergite (T_1) est principalement à côtés parallèles, mais légèrement rétréci près de la marge postérieure ;
- 8) Le T_1 est lisse sur la moitié antérieure, rugueuse sur la moitié postérieure ;
- 9) deuxième médiotergite (T_2) relativement transversal, sa largeur à la marge postérieure supérieure à $3,0\times$ sa longueur médiale, avec des côtés latéraux obliques et une marge postérieure sinueuse (la forme de T_2 varie légèrement et il est parfois moins transversal chez certains spécimens de toutes les zones géographiques examinés) ;
- 10) T_2 principalement sculpté, avec une petite zone lisse le long du bord postérieur ;

- 11) Les gaines de l'ovipositeur ont à peu près de la même longueur (ou légèrement plus courtes) que la longueur des métatibias, ovipositeur uniformément courbé vers le bas ;
- 12) Les ailes antérieures avec pterostigma sont relativement épais, de couleur claire (jaune-brun pâle) mais avec de fines marges brunes ;
- 13) La veine de l'aile antérieure R1 est relativement courte, sa longueur est à peu près la même que celle du ptérostigma, mais inférieure à $2,5 \times$ la distance entre son extrémité et l'extrémité de la veine 3RS ;
- 14) La plupart des nervures des ailes sont bruns clair à brun-jaunes ou transparentes ;
- 15) Les pattes sont principalement bruns foncé à noir mais avec 0,1–0,2 postérieur de fémurs et la plupart des tibias jaunes à brun jaune (les spécimens d'Algérie et certains spécimens d'Espagne que nous avons examinés ont des tibias plus foncés, qui peuvent être principalement brun foncé à noirs) ;
- 16) La couleur du corps est principalement noire, y compris le tegula et le complexe huméral.

Surtout, les caractères suivants sont utiles pour reconnaître l'espèce : la sculpture de propodeum ; la sculpture et la forme de T₁ et T₂ ; la couleur et la forme du pterostigma ; la veine est courte R1 ; l'antenne est relativement courte, le métasome est relativement comprimé latéralement. Parmi les spécimens inclus dans l'étude suivante, la variation morphologique était relativement mineure (certains spécimens ayant des pattes légèrement plus foncées et une forme T₂ légèrement moins transversale), ainsi l'espèce est assez reconnaissable et uniforme.

D. appellator (Telenga, 1949) est la seule autre espèce de *Dolichogenidea* d'Afrique qui a été enregistrée parasitant *T. absoluta* sur le continent (Idriss *et al.*, 2018 ; Mansour *et al.*, 2018). Il se distingue clairement de *D. gelechiidivoris* en raison de la sculpture différente des deux premiers segments métasomiques (T₁ et T₂ sont entièrement lisses) ; le ptérostigma de l'aile antérieure est principalement brun clair avec une tache blanche ou transparente sur la partie antérieure 0,2–0,3 ; le tegula (entièrement) et le complexe huméral (partiellement) sont jaunes ; le pro-fémur (entièrement) et le méso-fémur (moitié antérieure) sont pâles (jaune à brun-jaune clair) ; et une antenne plus longue, aussi longue que la longueur du corps.

D. gelechiidivoris est originaire des néotropiques, c'est un endoparasitoïde solitaire koinobionte de *T. absoluta* et de quelques autres espèces étroitement apparentées (Marsh 1975 ; Yu *et al.*, 2016). Ce parasitoïde a été initialement décrit à partir de spécimens collectés en Colombie, au Chili et au Pérou (Marsh 1975). Des spécimens ont été relâchés aux États-Unis pour lutter contre *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) (Lepidoptera : Gelechiidae) (Marsh 1975) et l'espèce a également été considérée comme un agent de lutte biologique

contre *Keiferia lycopersicella* (Walshingham, 1897) (Lepidoptera : Gelechiidae) (Marsh 1975 ; Palacios & Cisneros 1995 ; Mujica & Kroschel 2013). Récemment, *D. gelechiidivoris* a été signalé comme parasitoïde de *T. absoluta* en Espagne (Denis *et al.*, 2021), cette espèce a été considérée comme introduite involontairement depuis les Néotropiques avec le ravageur lépidoptère.

Le centre international de la physiologie et d'écologie des insectes (icipe) au Kenya, en collaboration avec le Centre international de la pomme de terre (CIP) au Pérou, ont également identifié *D. gelechiidivoris* comme un ennemi naturel endémique efficace de *T. absoluta* dans son aire de répartition d'origine (hauts plateaux du centre du Pérou) et importé des spécimens du parasitoïde au Kenya depuis le Pérou en 2017 pour des études de faisabilité en tant que candidat pour le contrôle biologique classique de *T. absoluta* en Afrique (Aigbedion-Atalor *et al.*, 2020).

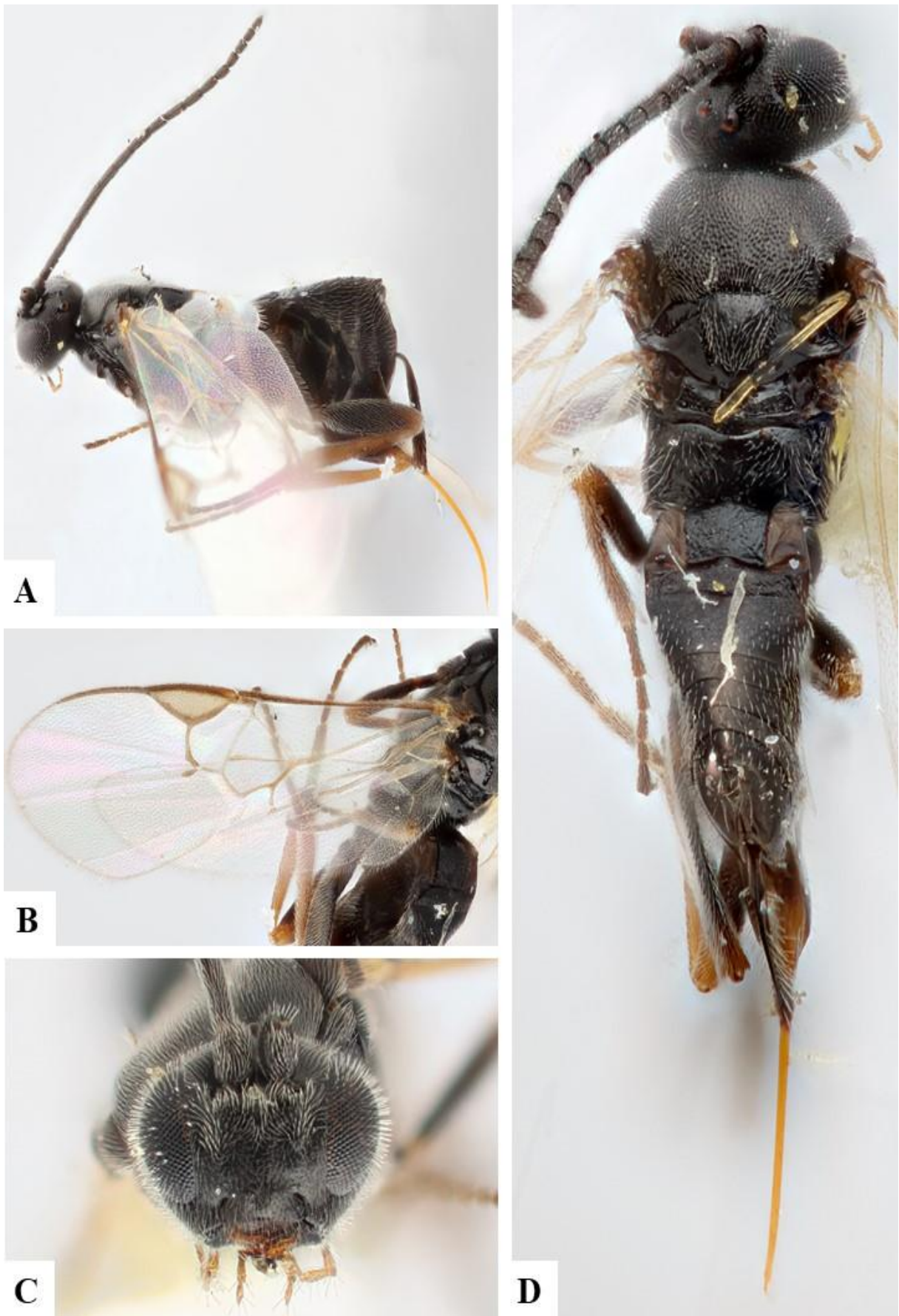


Figure 07 : Holotype femelle de *D. gelechiidivoris*, Colombie, code de bon USNMENT00831760.

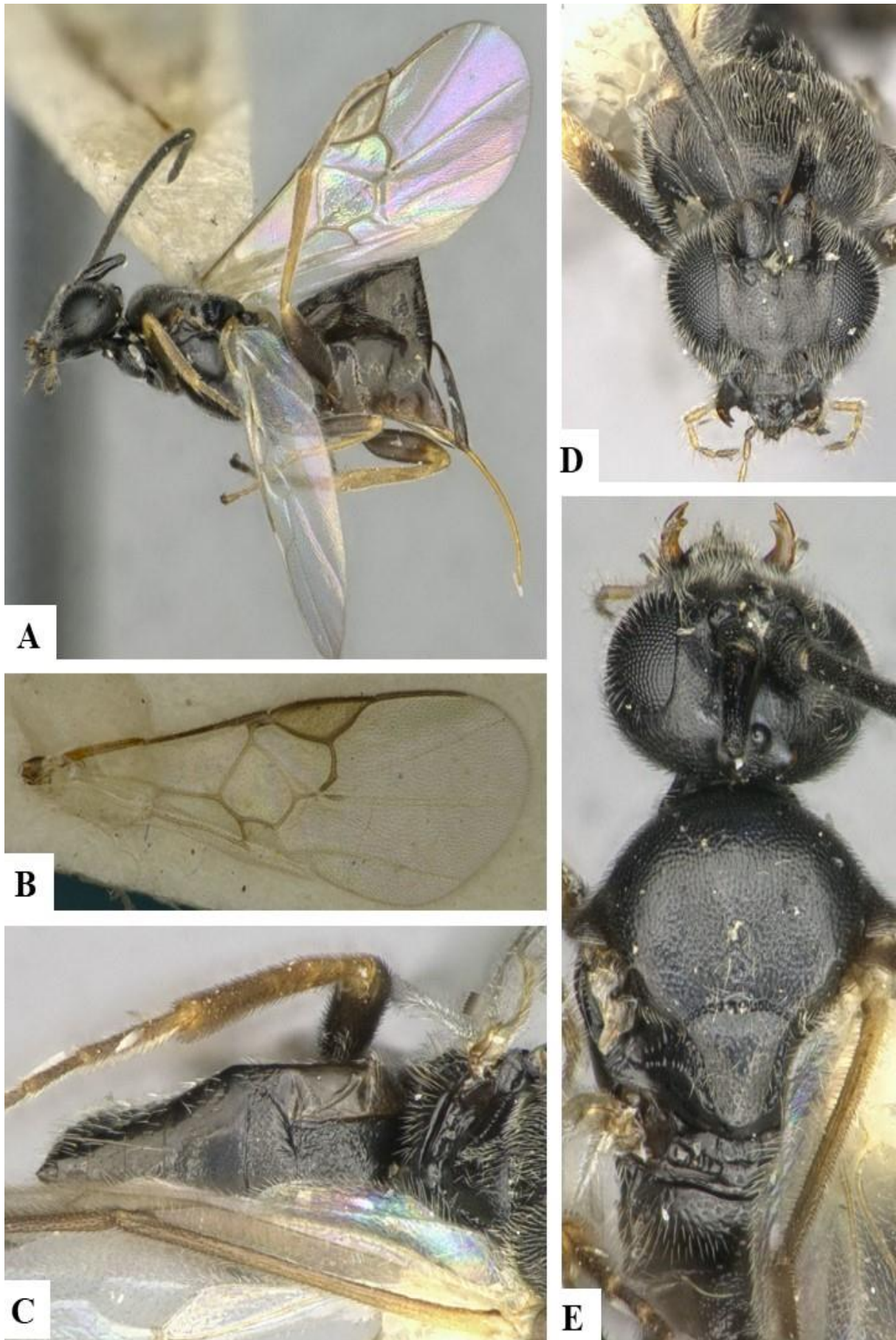


Figure 08 : Paratype femelle de *D. gelechiivoris*, Colombie, code de bon CNC678061.

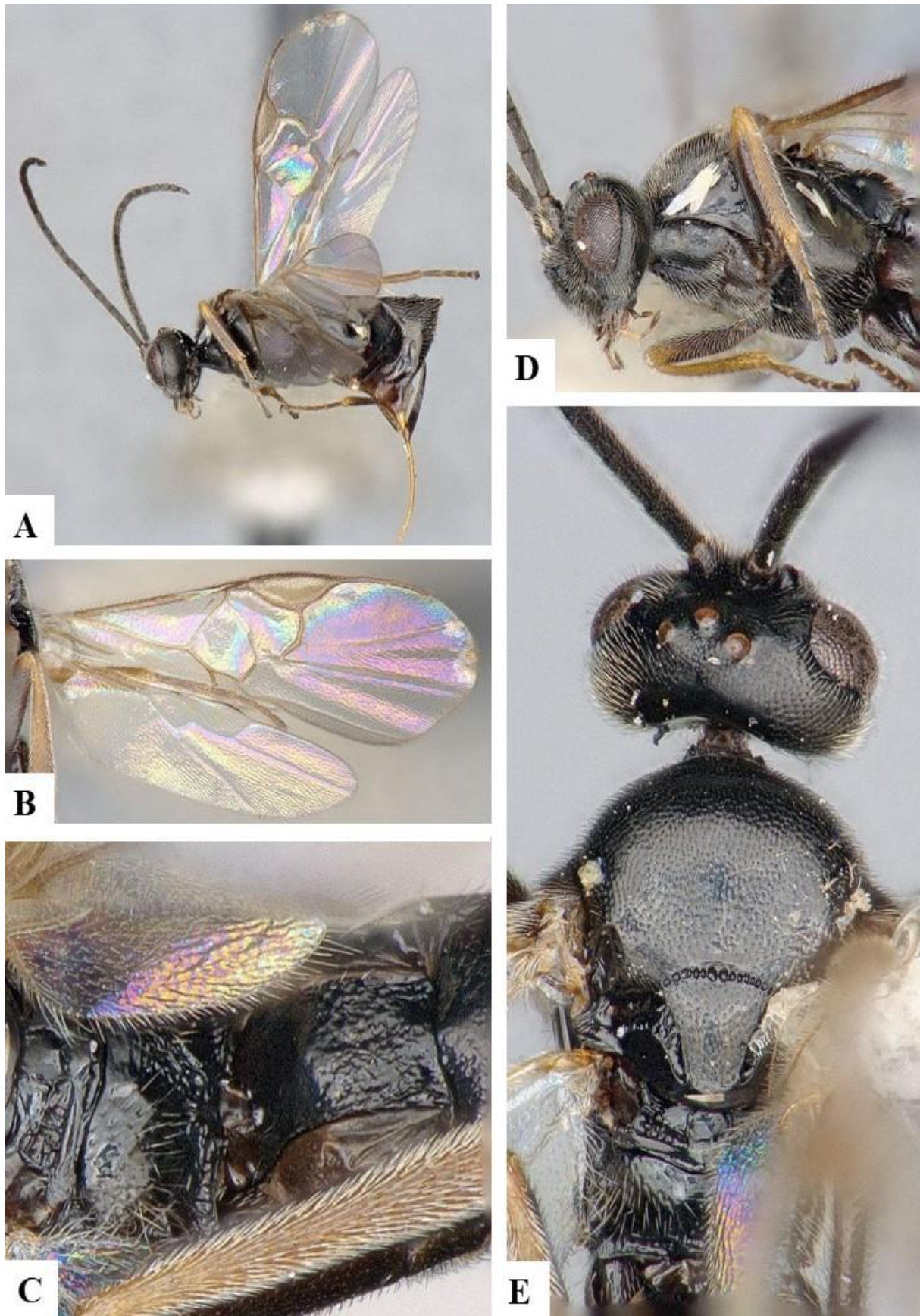


Figure 09 : Paratype femelle de *D. gelechiivoris*, Colombie, code de bon CNCHYM 01043.

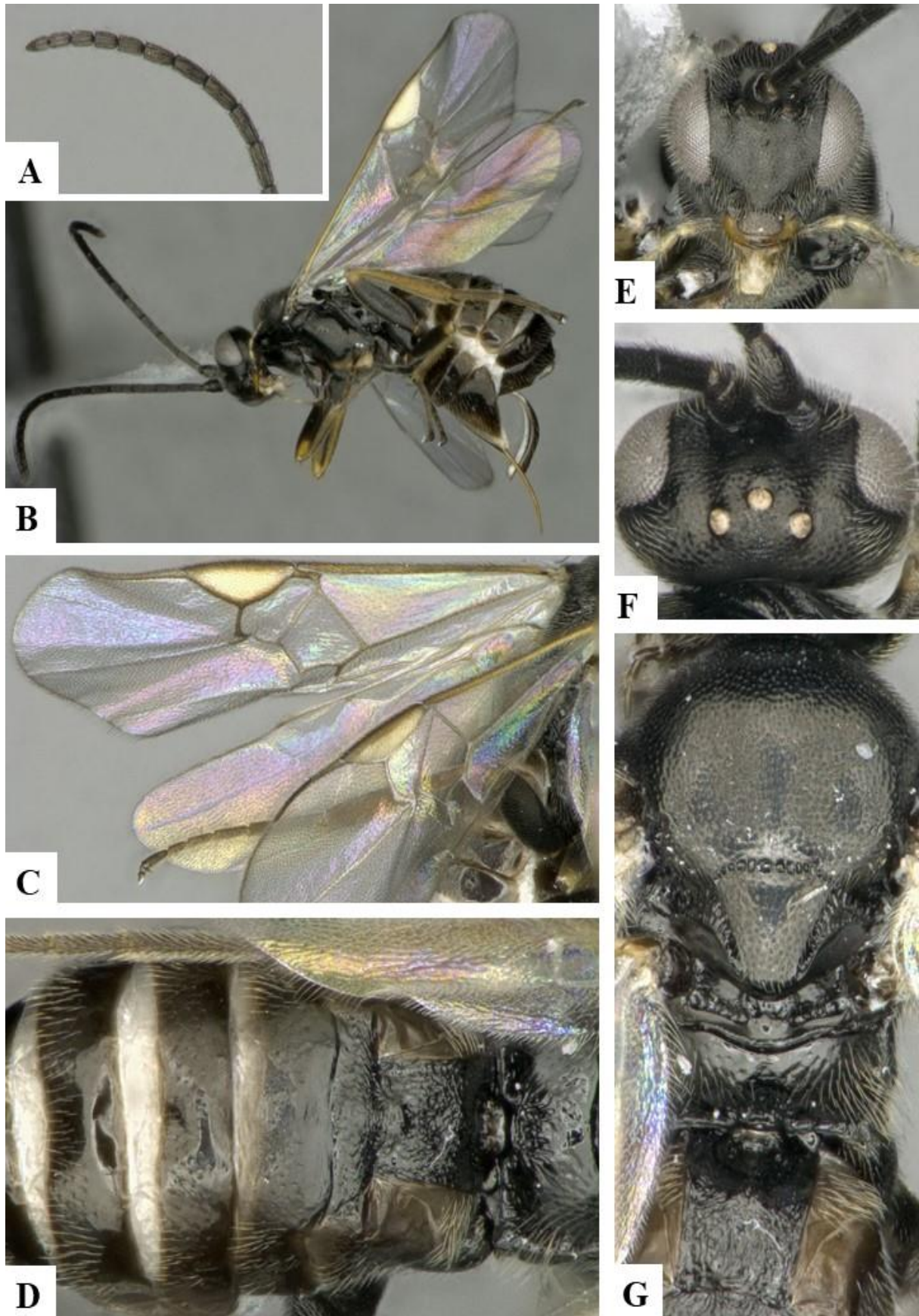


Figure 10 : Femelle de *D. gelechiidivoris*, Espagne, code de bon CNC1196542.

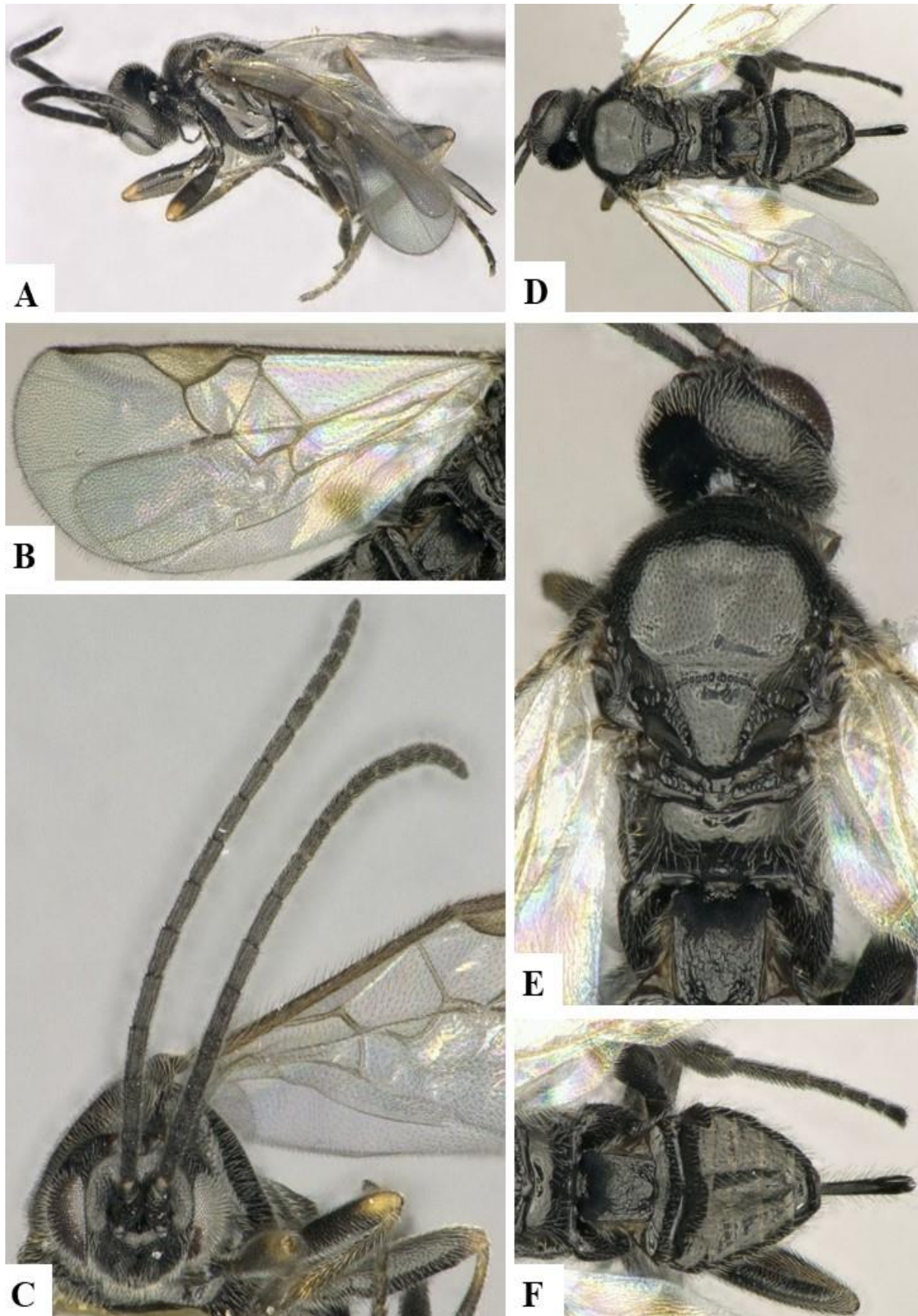


Figure 11 : Femelle de *D. gelechiivivoris*, Algérie, code de bon CNC1196948.

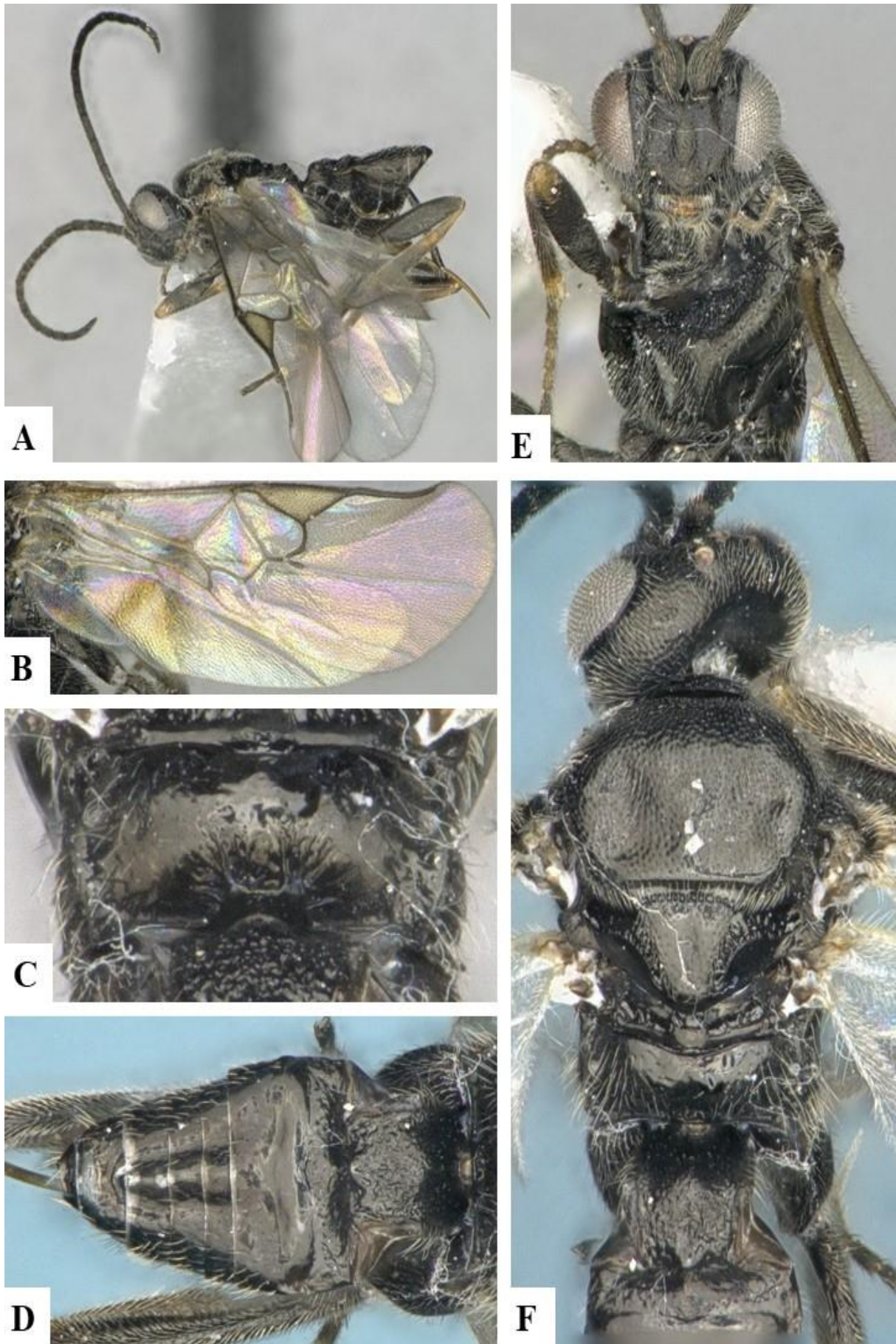


Figure 12 : Femelle de *D. gelechiidivoris*, Algérie, code de bon CNC1180035.

II.3.3 Identification moléculaire

II.3.3.1 Identification de *N. tutae*

Les spécimens de parasitoïdes de *T. absoluta* collectés à Mostaganem sur tomate ont été identifiés comme *N. tutae*. Les résultats moléculaires ont confirmé l'identification morphologique. D'après la construction d'un arbre phylogénétique, il a été constaté que notre séquence se rassemble à tous individus de *N. tutae* qui ont été identifiés et étudiés dans les différents pays du bassin Méditerranéen (la Tunisie, le Maroc, l'Espagne la France et l'Italie). Mais elle est plus proche aux individus de la Tunisie (2 GBAH26551-19) et de la France (3|COI-3P|KJ846081 et 4|COI-3P|KJ846122) (Fig.13).

Cette espèce a été identifiée auparavant sur *T. absoluta* à Mostaganem dans les travaux de Guenaoui *et al.* (2011) ; Zaid *et al.* (2011) ; Boualem *et al.* (2012) sous le nom *N. artynes*. En effet, les résultats de l'identification morphologique et moléculaire de notre étude ont montré la présence de *N. tutae* précédemment identifié comme *N. artynes* en association avec *T. absoluta* dans la même région.

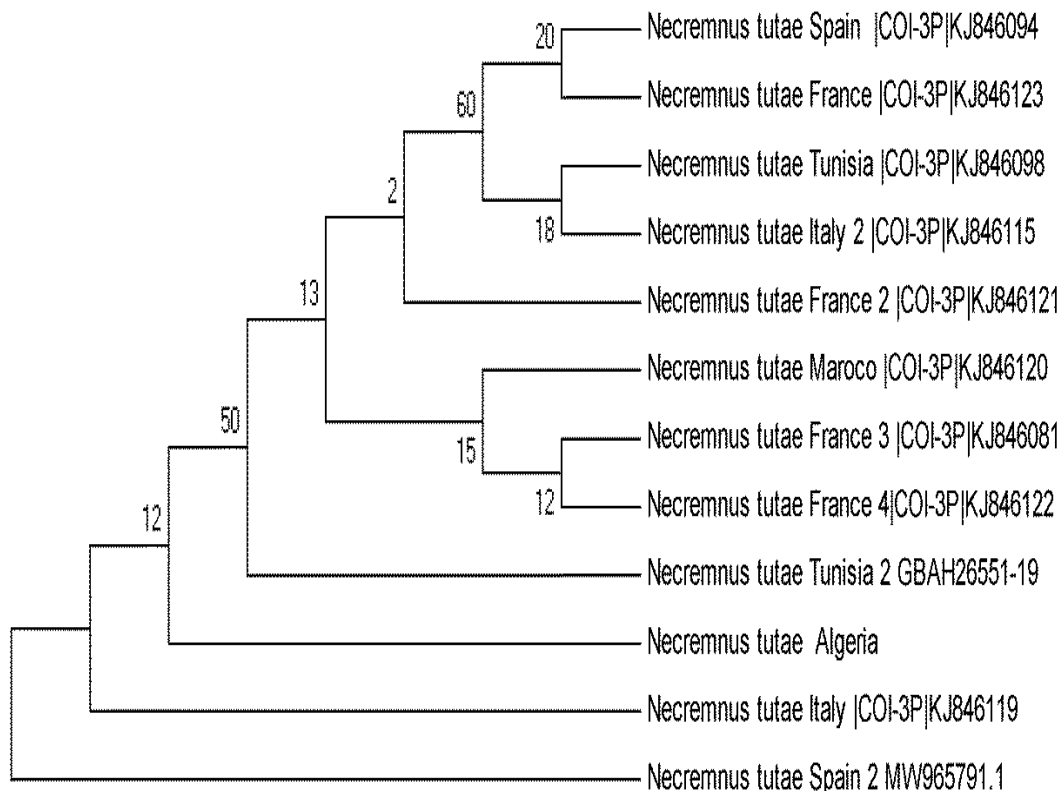


Figure 13 : Arbre phylogénétique de quelques séquences disponibles de *N. tutae* sur 497 paires de bases. Pour chaque spécimen, les détails du code, du pays d'origine et du nombre total de paires de bases sont indiqués dans la branche correspondante.

II.3.3.2 Identification de *D. gelechiidivoris*

D'un point de vue moléculaire, *D. gelechiidivoris* est également clairement distinctif et diagnosticable. Les spécimens dont les données sont disponibles en gras proviennent de six pays différents, l'Algérie, le Chili, la Colombie, le Pérou, l'Espagne et le Venezuela. Ils comprennent 19 séquences, dont 16 de plus de 600 pb (15 représentant des codes-barres complets). Sur les trois courtes séquences (107-164 pb), deux sont particulièrement importantes car elles ont été récupérées à partir de spécimens de paratype hébergés dans le CNC (codes de coupon: CNCHYM 01042 et CNCHYM 01043, voir les détails dans l'ensemble des données (dx.doi.org/10.5883/DS-DOLIGELE)) ; ces séquences de paratype correspondent très bien aux codes-barres complets. Il n'y avait pas de différences entre les spécimens de l'Amérique du Sud, de l'Espagne ou de l'Algérie (Fig. 14) ; la seule exception était un spécimen du Chili (code de bon WAM 0495) qui avait une paire de bases différente (0,16%) par rapport à toutes les autres séquences. Le numéro d'index de code à barres (BIN, voir plus de détails sur le concept de BIN dans Ratnasingham et Hebert 2013) attribué à *D. gelechiidivoris* est BOLD : AAM4042. Ce BIN présente une différence de 31 pb (4,72 %) avec le BIN disponible le plus proche en BOLD (BOLD : AAZ9580) qui comprend un seul spécimen non identifié de spécimen de *Dolichogenidea* de Californie, États-Unis ; rendant ainsi l'identification de *D. gelechiidivoris* à l'aide de codes-barres ADN assez facile et très fiable (http://www.boldsystems.org/index.php/Public_BarcodeCluster?clusteruri=BOLD:AA M4042). Bien que des spécimens sud-américains de *D. gelechiidivoris*, des hauts plateaux du centre du Pérou, aient été amenés au Kenya en 2017 par des chercheurs de l'icipe, ils n'ont été étudiés qu'en laboratoire pour un contrôle biologique classique potentiel de *T. absoluta* (Aigbedion-Atalor *et al.*, 2020). D'après les rapports et les publications scientifiques disponibles, *D. gelechiidivoris* n'a pas encore été relâché dans des conditions de terrain en Afrique. Ainsi, notre découverte de l'espèce de guêpe parasitoïde dans les champs de tomates ouverts et les serres en Algérie.

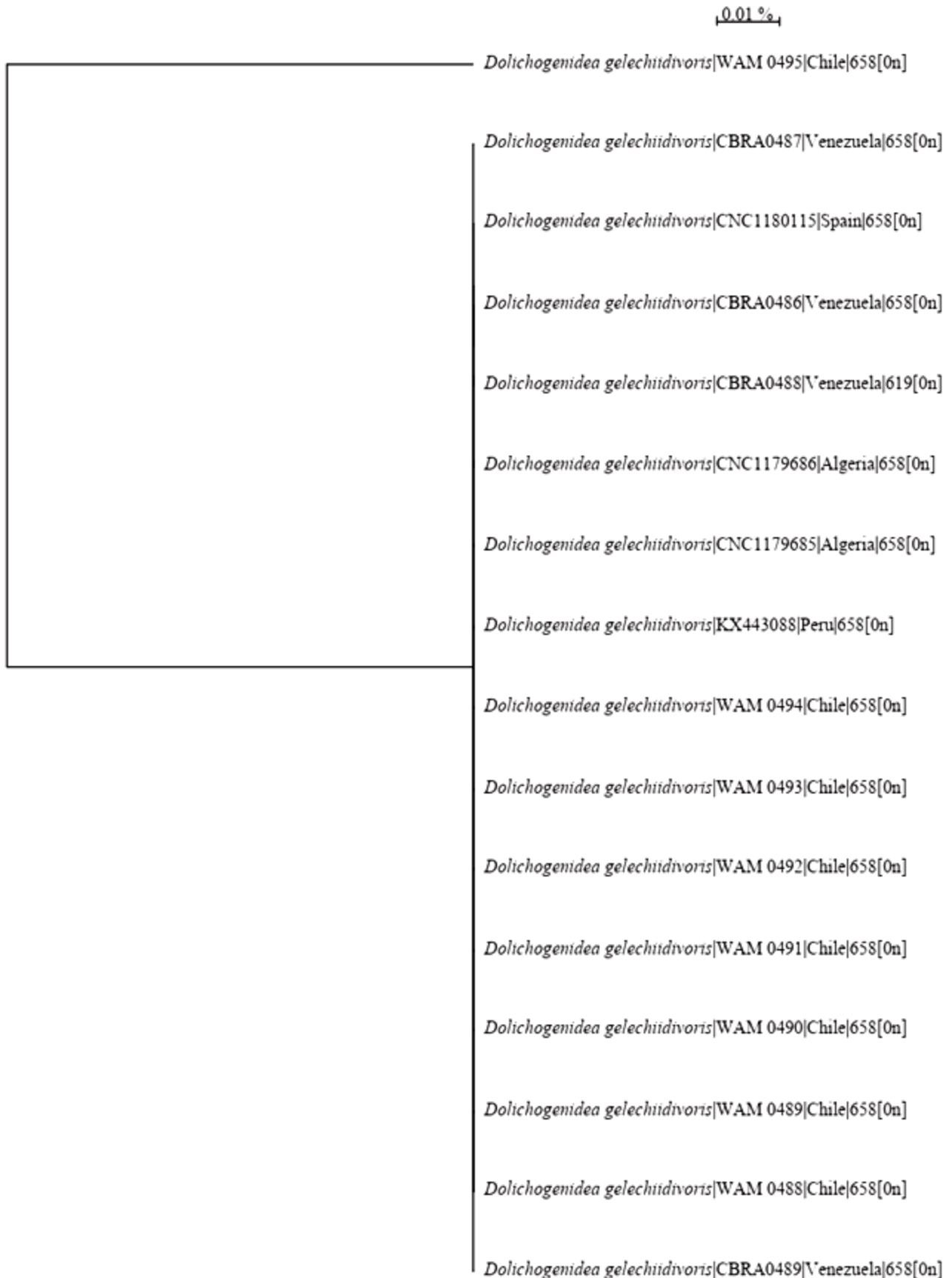


Figure 14 : Arbre phylogénétique de toutes les séquences disponibles de *D. gelechiidivoris* sur 600 paires de bases. Pour chaque spécimen, les détails du code, du pays d'origine et du nombre total de paires de bases sont indiqués dans la branche correspondante.

II.3.4 Inventaire des prédateurs

L'inventaire des prédateurs se compose essentiellement de punaises appartenant à l'ordre des Hémiptères. Il s'agit de : *Macrolophus pygmaeus* (Rambur, 1839) (Fig. 15 et 16) et *Orius* sp. (Fig. 17).

Ces espèces ont été signalées comme prédateurs de la mineuse de la tomate dans plusieurs régions du monde (Urbaneja *et al.*, 2009 ; Calvo *et al.*, 2012). Cependant, Guenaoui *et al.* (2011a ; 2011b) ont signalé les prédateurs mirides *M. pygmaeus*, *M. caliginosus*, *Dicyphus tamaninii* et *Nesidiocoris tenuis* se développant ou se nourrissant de *T. absoluta* dans les cultures de tomates du Nord-ouest de l'Algérie. Par ailleurs, une prospection des ennemis naturels menée dans les serres de tomates dans la même région a montré la présence de trois prédateurs : *N. tenuis*, qui était l'espèce la plus abondante, *M. pygmaeus* et *Dicyphus errans* (Boualem *et al.*, 2012).



Figure 15 : Larve de *M. pygmaeus*
(Originale)



Figure 16 : Adulte de *M. pygmaeus*
(Originale)



Figure 17 : Adulte d'*Orius* sp. (Originale)

II.3.5 Analyse de l'inventaire

Les espèces d'invertébrés collectées durant la période allant du mois de Mars 2020 jusqu'à Octobre 2021 dans la région de Mostaganem sont présentées dans le tableau 04.

L'analyse de l'inventaire a révélé une biodiversité de 04 espèces d'insectes sur un effectif total de 338 individus, qui sont répartis en 02 ordres et 04 familles, mais il demeure toujours insuffisant pour contrôler les populations de *T. absoluta*.

Tableau 04 : Tableau représentatif des auxiliaires inventoriés dans la région de Mostaganem

Ordres	Familles	Espèces	Abondance
Hémiptères	Miridae	<i>M. pygmaeus</i>	07
	Anthocoridae	<i>Orius</i> sp.	03
Hyménoptères	Eulophidae	<i>N. tutae</i>	143
	Brachonidae	<i>D. gelechiidivoris</i>	185

II.3.5.1 Abondance relative des espèces inventoriées

La répartition des auxiliaires inféodés à la mineuse *T. absoluta* sur les feuilles de tomates dans la région de Mostaganem est illustrée dans la figure 18.

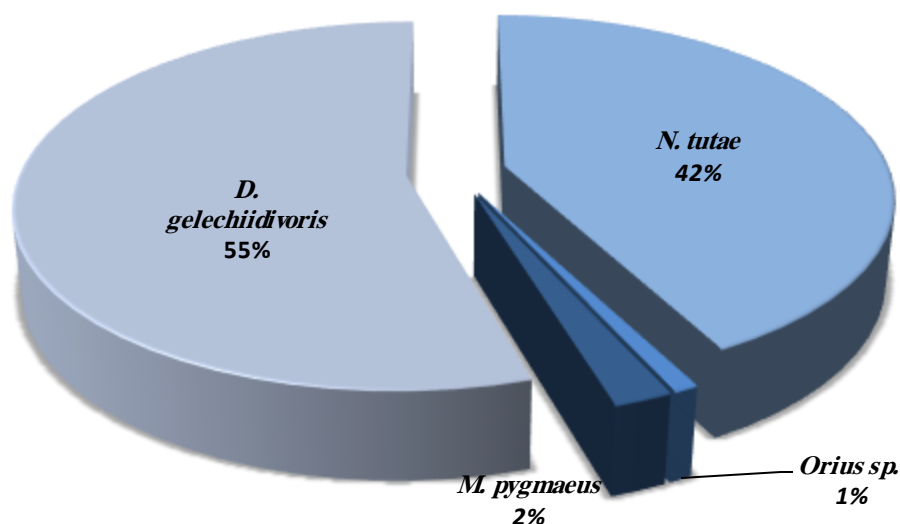


Figure 18 : Abondance des différentes espèces auxiliaires inféodées à *T. absoluta*

Les résultats obtenus montrent la dominance de l'endoparasitoïde *D. gelechiidivoris* avec une abondance de 55%, suivi par l'ectoparasitoïde *N. tutae* avec une fréquence relative de 42%, ensuite viennent les prédateurs *M. pygmaeus* et *Orius* sp. avec des pourcentages respectifs de 2 et 1% (Fig. 18).

Toutes ces différences de nombres des individus collectées peuvent s'expliquer par les conditions écologiques de chaque région, de types de cultures, de mode de production et aux applications des produits phytosanitaires.

Le nombre de prédateurs mirides était de loin le plus élevé parmi les ennemis naturels potentiels collectés sur les feuilles de tomate. Cependant, le pourcentage d'individus appartenant aux familles de Braconidae sont les plus abondants suivis des Eulophidae ce qui est conforme à Zappalà *et al.* (2013) ; Biondi *et al.* (2018). Ces auteurs ont indiqué que ces deux familles étaient les mieux représentées parmi les parasitoïdes attaquant naturellement *T. absoluta* en Méditerranée tant par le nombre d'espèces que par leur répartition géographique.

Dans ce scénario de coexistence de plusieurs ennemis naturels, les interactions entre *D. gelechiidivoris* et *Necremnus* sp. sera d'une grande importance. Le résultat de la compétition entre parasitoïdes attaquant le même hôte dépend de nombreux facteurs qui peuvent être expliqués par la dominance d'un parasitoïde sur un autre, par exemple où le venin des ectoparasitoïdes idiobiontes a peu ou pas d'effet sur le développement des koinobiontes endoparasites (Harvey, 2013), bien que dans les parasitismes multiples entre un ectoparasitoïde et un endoparasitoïde, le premier l'emporte normalement (Mitsunaga et Yano, 2004). De plus, l'interaction entre *D. gelechiidivoris* et les mirides prédateurs est également intéressante. Ces prédateurs préfèrent se nourrir d'œufs mais peuvent également se nourrir de jeunes larves de *T. absoluta* (Arnó *et al.*, 2009 ; Urbaneja *et al.*, 2009), qui sont le stade hôte préféré du parasitoïde (Aigbedion-Atalor *et al.*, 2020). *Nesidiocoris tenuis* n'a pas attaqué ni réduit la ponte de *D. gelechiidivoris*, et l'efficacité des deux ennemis naturels ensemble sur *T. absoluta* était significativement plus élevée que l'un ou l'autre des ennemis naturels seuls (Aigbedion Atalor, 2020). Le résultat des interactions entre ces agents de lutte biologique sera déterminant pour un contrôle plus efficace de *T. absoluta* (Tarusikirwa *et al.*, 2020).

II.3.5.2 Abondance des parasitoïdes

Les effectifs des parasitoïdes *N. tutae* et *D. gelechiidivoris* collectés dans les différents sites d'échantillonnage sont représentés dans le tableau 05.

Tableau 05: Abondance des deux espèces parasitoïdes (*N. tutae* et *D. gelechiidivoris*) sur les cultures de tomates dans la région de Mostaganem

Sites	Abondance de <i>N. tutae</i>			Abondance de <i>D. gelechiidivoris</i>		
	Dates	Modes de production	Abondance	Dates	Modes de production	Abondance
Stidia	Mai 2021	Sous serre	07	Décembre 2020	Plein champ	52
				Mai 2021	Sous serre	08
Hadjadj	Mai 2021	Sous serre	13	Mai 2021	Sous serre	05
				Octobre 2021	Plein champ	10
Mazagran	Avril 2021	Sous serre	09	Avril 2021	Sous serre	12
				Septembre 2021	Plein champ	08
Aïn Tadles	Juin 2021	Sous serre	30	Juin 2021	Sous serre	25
Hassi Mamech	Mars 2020	Sous serre	11	Avril 2021	Sous serre	10
	Avril 2021	Sous serre	13	Aout 2021	Plein champ	05
Sidi Ali	Juin 2021	Sous serre	43	Juin 2021	Sous serre	33
	Juillet 2021	Sous serre	17	Juillet 2021	Sous serre	17

Les abondances des parasitoïdes collectés sur les feuilles de tomates varient d'un site à l'autre et d'un mode de production à l'autre (Tab. 05). En effet, sur les tomates sous serre, une abondance maximale de 43 a été enregistrée pour le parasitoïde *N. tutae* au mois de Juin dans la région de Sidi Ali. Par ailleurs, une fréquence minimale a été notée à Mazagran au mois d'Avril.

En ce qui concerne le parasitoïde *D. gelechiidivoris*, sur les cultures de tomates en plein champ, un maximum de 52 adultes a été observé au mois de Décembre 2020 à Stidia et un minimum de 05 individus a été consigné à Hassi Mameche au mois d'Aout.

Sur les feuilles de tomate sous serre, une abondance importante de 25 parasitoïdes a été révélée sur les cultures d'Aïn Tadles au Juin 2021. En revanche, la fréquence la plus faible de 05 individus a été enregistrée au mois de Mai dans la région de Hadjadj.

La faible richesse peut s'expliquer par divers facteurs, et en particulier la faible aptitude de *T. absoluta* aux espèces de parasitoïdes présentes. De plus, un autre facteur qui peut influencer le développement des parasitoïdes immatures est la présence potentielle de toxines dans l'hôte (Desneux *et al.*, 2009). En particulier, certains métabolites secondaires présents dans les plantes solanacées, comme la tomate, sont bien connus pour avoir des propriétés

insecticides (Ali *et al.*, 2012) et certains d'entre eux peuvent être séquestrés par des larves de *T. absoluta* et diminuent donc les chances de développement de parasitoïdes immatures. Comme l'ont souligné plusieurs auteurs (Desneux *et al.*, 2007; Silvério *et al.*, 2009; Biondi *et al.*, 2013), l'utilisation des insecticides de manière intensive pourrait causer de nombreux effets secondaires sur les ennemis naturels dans les cultures de tomates.

II.3.5.3 Abondance des prédateurs

Les effectifs des prédateurs (*Orius* sp et *M. pygmaeus*) collectés dans les différents sites d'échantillonnage sont représentés dans le tableau 06. En effet, sur les feuilles collectées de tomates sous serre, il a été noté la présence de deux individus d'*Orius* sp. à Hassi Mameche en Avril 2021 et un seul individu sur à Aïn Tedles au Juin 2021.

Par ailleurs, 6 individus de *M. pygmaeus* ont été dénombrés sur les champs de tomates à Mazagran au mois de Septembre 2021 et un seul individu a été observé en Avril 2021 sur les tomates cultivées dans les serres de la même région (Tab. 06).

Tableau 06: Abondance des deux espèces prédatrices *Orius* sp. et *M. pygmaeus* sur les cultures de tomates dans la région de Mostaganem

Sites	Abondance d' <i>Orius</i> sp.			Abondance de <i>M. pygmaeus</i>		
	Dates	Modes de production	Abondance	Dates	Modes de production	Abondance
Stidia	-	-	-	-	-	-
Hadjadj	-	-	-	-	-	-
Mazagran	-	-	-	Avril 2021	Sous serre	06
				Septembre 2021	Plein champ	01
Aïn Tadles	Juin 2021	Sous serre	01	-	-	-
Hassi Mamech	Avril 2021	Sous serre	02	-	-	-
Sidi Ali	-	-	-	-	-	-

II.4 Conclusion partielle

Les résultats de l'entomofaune associé à la mineuse de la tomate *T. absoluta* sur les cultures de tomates cultivées sous serres et en plein champ ont permis de mettre en évidence la présence de deux espèces prédatrices ; il s'agit de *Orius* sp. et *M. pygmaeus* avec un taux de prédation nul au cours de toute la période d'étude.

Nos résultats montrent un potentiel de régulation naturelle dans la zone d'étude de 7.33 à 30% pour l'ectoparasitoïde *N. tutae* et de 2.77 à 9.16% pour l'endoparasitoïde *D. gelechiidivoris*. La grande différence entre les taux de parasitismes indique une importance probable des parasitoïdes et des facteurs abiotiques dans la régulation naturelle du ravageur. La variabilité enregistrée entre les sites d'échantillonnage suggère que des facteurs locaux ou des facteurs liés au milieu affectent cette régulation à l'échelle de la parcelle. Cela peut être dû à l'usage excessif des produits phytosanitaires par les producteurs.

La comparaison des abondances relatives des différents auxiliaires a fait apparaître que les effectifs de *D. gelechiidivoris* sont les plus élevés avec 55%. Ce parasitoïde arrive donc en première position comme agent de lutte biologique potentiel à l'égard de *T. absoluta*.

Partie III

Biocontrôle de *Tuta absoluta* par des substances naturelles d'origine végétale

Chapitre II
Monographie des plantes
étudiées

II.1 *Urtica membranacea* Poir.

II.1.1 Systématique de la plante

La classification qu'occupe *Urtica membranacea* dans la systématique est la suivante (Cronquist, 1981) :

- Règne : Plantae
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Magnoliopsida
- Ordre : Urticales
- Famille : Urticacée
- Genre : *Urtica*
- Espèce : *Urtica Membranacea* Poir.
- Noms commun: Ortie à membranes, Ortie douteuse
- Nom arabe : الحريق

II.1.2 Présentation de la plante et description botanique

L'ortie à membranes est une plante herbacée, piquante, appartenant à la famille des Urticacées qui pousse naturellement dans les champs, les décombres, sur les plaines et les montagnes (Otlés et Yalcin, 2012). C'est une espèce thérophyte (printemps), souvent dioïque (Véla, 2017); caractérisée par des fleurs femelles groupées en glomérules globuleux, pédonculés et des fleurs mâles en grappes fines et rameaux (Fig. 25) (Fennane *et al.*, 1999).



Figure 25: Ortie à membranes (Originale)

II.1.3 Distribution géographique

U. membranacea est originaire d'Eurasie et répandue dans toutes les régions tempérées du monde. On la rencontre plus en Europe du Nord qu'en Europe du Sud, en Afrique du Nord, en Asie et largement distribuée en Amérique du Nord et du Sud (Solowey *et al.*, 2014).

II.1.4 Utilisation de l'ortie douteuse

L'ortie à membranes est utilisée sous forme de macération et infusion, mais elle est consommée surtout sous sa forme crue ; une pincée ou une cuillerée de poudre de cette plante pour une semaine ou un mois est la dose souvent recommandée (Daoudi *et al.*, 2015a). Les différentes parties de l'ortie sont indiquées en thérapie traditionnelle, leur utilisation est surtout liée aux usages locaux contre des problèmes rhumatologiques, uro-génitaux, dermatologiques, bucco-dentaires, gastriques et respiratoires (Daoudi *et al.*, 2015b). Les racines d'*U. membranacea* sont utilisées pour les traitements de l'hyperplasie bénigne de la prostate, les hémorragies, les ulcères gastriques, la tuberculose, l'anémie, l'eczéma et la rhinite allergique (Farag *et al.*, 2013). Bertrand et Jeanne (2008), indiquent son utilisation en agriculture, en cosmétique et en teinturerie.

II.2 *Mentha rotundifolia* L.

II.2.1 Systématique de la plante

Cette espèce est considérée comme un hybride *M. longifolia* x *M. suaveolens* (Lawrence, 2007; Kothe, 2007). D'après Quezel et Santa (1963), la classification de *rotundifolia rotundifolia* est la suivante:

- **Règne** : Plantae
- **Embranchement**: Spermatophytes
- **Sous- embranchement**: Angiospermes
- **Classe**: Dicotylédones
- **Famille**: Lamiaceae
- **Genre**: *Mentha*
- **Espèce**: *Mentha rotundifolia* L.
- **Noms commun** : Menthe à feuilles rondes
- **Nom arabe** : تيمر ساط

II.2.2 Présentation de la plante et description botanique

La menthe à feuilles rondes est une herbe vivace, couverte de poils denses et blanchâtres qui la rendent douce au toucher. Ses feuilles sont pédonculées, ovales, obtuses, moins de 2 fois plus longues que larges, ridées en réseau. Alors que, les fleurs sont en épis cylindriques terminaux non feuillés (Fig. 26). Comme toutes les menthes, elle dégage une forte odeur caractéristique qui rappelle la pomme. Elle ne dépasse pas un mètre, à tiges quadrangulaires, à feuilles pétiolées ou sessiles, arrondies ou ovales, plus ou moins dentées, à fleurs presque régulières mauves, roses ou blanches. Les quatre parties des fruits sont ovoïdes, parfois verruqueuses, l'odeur est forte et agréable, plus ou moins fine, à tiges fortifiées terminées par des inflorescences en tête arrondie (Quezel et Santa, 1963).



Figure 26: Menthe à feuilles rondes (Originale)

II.2.3 Distribution géographique

M. rotundifolia croît dans les zones humides près des cours d'eau en basse et moyenne montagne (El Arch *et al.*, 2003). Elle pousse sous les bioclimats semi-arides et humides à variantes chaudes et tempérées au tour du bassin méditerranéen, en Amérique et en Asie occidentale (Derwiche *et al.*, 2010).

II.2.4 Utilisation de la menthe à feuilles rondes

En Afrique du Nord, cette plante aromatique a été appliquée en médecine traditionnelle pour un large éventail d'actions: tonique, stimulante, stomachique, carminative, analgésique, (Brada *et al.*, 2007; Brahmi *et al.*, 2016), et dans les activités biologiques telles que : les

activités antioxydantes (Benabdallah *et al.*, 2018 ; Brahmi *et al.*, 2016), antibactériennes (Riahi *et al.*, 2013), insecticides (Kharoubi *et al.*, 2020 ; Aouadi *et al.*, 2020, 2021) et antifongiques (Leblalta *et al.*, 2020).

II.3 *Chrysanthemum coronarium* L.

II.3.1 Systématique de la plante

Selon Spichiger (2002), la classification taxonomique de *Chrysanthemum coronarium coronarium* L. est la suivante :

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe : Asteridae
- Ordre : Asterales
- Famille : Asteraceae
- Tribu : Anthemideae
- Sous-famille : Asteroideae
- Genre : *Chrysanthemum*
- Espèce : *Chrysanthemum coronarium* L.
- Noms commun : Chrysanthème à couronne, Chrysanthème des jardins.
- Nom arabe : مورارة

II.3.2 Présentation de la plante et description botanique

Le chrysanthème à couronne est une plante annuelle, dont la taille varie entre 20-80 cm pouvant parfois atteindre 100 cm. Elle est caractérisée par des tiges très ramifiées et très feuillues. Les feuilles sont alternées, sessiles et allongées, généralement bipennées à lobes pointus. Les fleurs sont tubulaires et ligulées, de couleur jaune (Fig. 27) (Couplan, 2009).



Figure 27: Chrysanthème à couronne (Originale)

II.3.3 Distribution géographique

C. coronarium est largement distribuée dans la région méditerranéenne, le Japon, la Chine et les Philippines, elle a de grands capitules, généralement bicolores blanc et jaune. L'espèce est une plante ornementale (Kim *et al.*, 2014).

II.3.4 Utilisation du chrysanthème à couronne

Cette plante est comestible utilisée comme légume (Dokuparthi et Manikanta, 2015 ; Luo *et al.*, 2018), et montre une variété d'activités biologiques, y compris les activités antimicrobiennes, antioxydantes, insecticides, nématocides et cytotoxiques (Pukalskas *et al.*, 2010 ; Haouas *et al.*, 2011, 2012 ; Dokuparthi et Manikanta, 2015). D'autre part, Abd-Allaa *et al.* (2014) ont rapporté les divers effets bénéfiques, notamment des effets antifongiques, anti-hypercholestérolémiant et anti-hyperglycémiant. De plus, il a été récemment rapporté que le *C. coronarium* fermenté a des effets anti-âges *in vitro* (Park *et al.*, 2019).

Chapitre I
Substances naturelles d'origine
végétale

III.1 Introduction

Dans le monde, il existe plus de 400 000 espèces végétales connues de plantes aromatiques et médicinales (Babita *et al.*, 2014). Plus de 10 000 espèces de ces plantes ont été répertoriées dans la région Méditerranéenne (Petropoulos *et al.*, 2019).

L'Algérie est réputée par la richesse de sa flore, en raison de la diversité du climat et de la nature des sols. Elle recèle un grand nombre d'espèces classées en fonction de leur degré de rareté : 289 espèces assez rares, 647 espèces rares, 640 espèces très rares, 35 espèces rarissimes et 168 espèces endémiques (Sahi, 2016).

Les plantes endémiques représentent des ressources inexploitées avec un grand potentiel en tant que source de produits naturels avec une nouvelle composition et une nouvelle utilisation. Elles ont une aire de répartition restreinte, spécifique à la flore d'une région ou d'un pays particulier. Dans la plupart des cas, ces plantes ne sont pas bien étudiées. Cependant, ils peuvent avoir des constituants ou des profils chimiques importants présentant un intérêt pour diverses industries (Chimshirova *et al.*, 2022 ; Zheljazkov *et al.*, 2022).

À Mostaganem, les plantes aromatiques sont largement distribuées. En effet, il existe des flores diversifiées reconnues par leurs usages traditionnels. Dans cette partie, nous nous sommes intéressés à la caractérisation biochimique de trois espèces végétales de différentes familles. Il s'agit notamment de : *Urtica membranacea* Poir. ; *Mentha rotundifolia* L. ; *Chrysanthemum coronarium* L.

Compte tenu de l'importance et des avantages de ces espèces sur l'alimentation et de leurs effets bénéfiques sur la santé humaine, nous avons identifié et quantifié les composés bioactifs de leurs extraits et huiles essentielles par différentes méthodes analytiques.

III.2 Matériel et méthodes

III.2.1 Plantes médicinales étudiées

Les coordonnées géographiques et les dates d'échantillonnage des espèces étudiées sont représentées dans le tableau 07.

Tableau 07: Sites et dates d'échantillonnage des espèces étudiées.

	<i>U. membranacea</i>	<i>M. rotundifolia</i>	<i>C. coronarium</i>
Date d'échantillonnage	Février	Avril	Avril
Site d'échantillonnage	Mazagran	Hadjadj	Mazagran
Coordonnées géographiques	Latitude 35° 53' 44" N,	Latitude 36° 06' 00" N,	Latitude 35° 53' 44" N,
	Longitude 0° 04' 17" E	Longitude 0° 20' 00" E	Longitude 0° 04' 17" E

III.2.2 Identification botanique

L'identification a été faite par Dr. Bahi Kheira et Dr. Sekkal Fatima Zohra enseignantes chercheurs à l'Université de Mostaganem. Les spécimens authentifiés ont été déposés au niveau de l'herbier du laboratoire d'Écologie végétale de l'Université Ahmed Ben Bella 1 Oran (Algérie), et enregistrés sous les références suivantes : *U. membranacea* (Code vaucher: H. O. ES. 700), (Codes *Atriplex halimus* : 727) ; *M. rotundifolia* (Code vaucher : H. O. ES. 2283) ; *C. coronarium* (Code vaucher : H. O. ES. 2878).

III.2.3 Étude analytique

Les analyses effectuées consistent à la détermination de la matière sèche, minérale et organique. Elles sont toutes conformes aux normes AFNOR (1985).

III.2.3.1 Détermination de la teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche de l'échantillon est déterminée en séchant 5g de feuilles dans un creuset taré à 105°C pendant 24h. Après refroidissement dans un dessiccateur, le creuset est pesé. Le taux de matière sèche est déterminé par l'équation suivante :

$$MS \text{ (g)} = (\text{Poids du creuset} + \text{L'aliquote après séchage}) - \text{Poids du creuset}$$

Calcul de la matière sèche en % :

$$MS (\%) = MS / X \cdot 100$$

III.2.3.2 Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{Teneur en eau (\%)} = 100 - MS (\%)$$

III.2.3.3 Détermination de la teneur en matière minérale

La teneur en cendres de la plante est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par l'incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 2 heures. Le pourcentage de la matière minérale de l'échantillon est calculé par la relation suivante :

$$MN (\%) = ((\text{tare} + X) - \text{tare}) / X \cdot 100$$

III.2.3.4 Détermination de la matière organique

La teneur de la matière organique est déterminée par la différence entre la matière sèche et la matière minérale (Sauvant, 1988).

$$MO (\%) = MS (\%) - MN (\%)$$

- **X** : Masse de l'échantillon (g) ;
- **MO** : Matière organique ;
- **MS** : Matière sèche ;
- **MN** : Matière minérale.

III.2.4 Séchage et préparation des échantillons

Les feuilles fraîches des plantes étudiées ont été nettoyées (débarrassées des débris) et séchées sous des conditions ambiantes du laboratoire à l'obscurité pour éviter la photo-oxydation et préserver au maximum l'intégrité des molécules (Seidel, 2006 ; Mahlo *et al.*, 2010 ; Koïta *et al.*, 2012). Ensuite, elles ont été mises à sécher quelques jours à l'étuve à une température relativement stable de 35±1°C jusqu'à l'obtention d'un poids fixe.

Ces parties végétatives ont été finement broyées à l'aide d'un mortier pour diminuer la taille de la matière végétale, ceci a pour objectif d'élever la surface du contact avec le solvant utilisé et permet aussi d'améliorer le rendement des extractions (Bonnaillie *et al.*, 2012).

III.2.5 Extraction des composés bioactifs

III.2.5.1 Extraction des huiles essentielles

L'entraînement à la vapeur d'eau constitue la méthode la plus utilisée pour extraire les huiles essentielles de la plupart des plantes aromatiques (Danilchuk, 2016 ; Dillali *et al.*, 2017).

L'extraction des huiles volatiles a été réalisée dans le laboratoire de biochimie de l'université de Mostaganem à l'aide d'un dispositif d'entraînement à la vapeur d'eau (un vapodistillateur de type SPRING A 105 12 L) (Fig. 28). Pour ce faire, 400g de feuilles sèches de chaque plante ont été placés sur une grille qui surmonte l'eau en ébullition sur une plaque chauffante électrique pendant 2h. Les vapeurs formées dans l'extracteur traversent les feuilles, libèrent l'huile du tissu végétal et l'entraînent avec elles. Après condensation dans le réfrigérant, celles-ci chutent et sont récupérées dans une ampoule de décantation, l'eau et l'huile se séparent par différence de densité.

L'huile obtenue est conservée à une température de 4°C dans des tubes en verre opaques, fermés hermétiquement pour la préserver de l'air et de la lumière jusqu'à son usage.

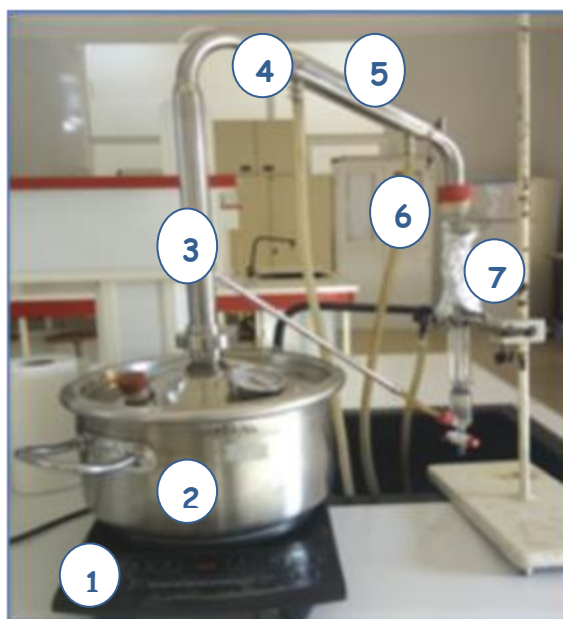


Figure 28: Vapodistillateur de type SPRING A105 (12L) (Originale)

1: Plaque chauffante, **2:** Cocotte-minute, **3:** Condensateur, **4:** Sortie de l'eau, **5:** Réfrigérant, **6:** Entrée de l'eau et **7:** Tube gradué.

III.2.5.1.1 Calcul du rendement

Selon la norme AFNOR (1986), le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile extraite et la masse de la plante à traiter. Il est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$\text{RHE (\%)} = [M(\text{g}) / M(\text{g})] \times 100$$

III.2.5.2 Extraits méthanoliques

Extraction Soxhlet

L'extraction Soxhlet est une méthode simple permettant de répéter plusieurs cycles d'extraction avec un solvant jusqu'à épuisement complet du soluté de la matière première. Ce processus d'extraction est autrement connu sous le nom d'extraction à chaud continue.

De manière générale, une petite quantité d'échantillon est placée dans une cartouche en cellulose surmontée d'un réfrigérant. Le solvant d'extraction est chauffé dans le ballon inférieur, se vaporise dans la cartouche d'échantillon et se condense dans le condenseur. Après, il s'égoutte. Lorsque le contenu liquide atteint le bras du siphon. Il est à nouveau vidé dans le ballon et le processus se poursuit. Le cycle est répété à plusieurs reprises, jusqu'à ce que l'extraction soit terminée (Pandey et Tripathi, 2014 ; Azwanida, 2015).

Pour la préparation des extraits méthanoliques, 20g du broyat végétal (feuilles) de chaque plante ont été traités par Petrollium d'éther qui permet la délipidation, puis sont laissés sécher pendant 10min sous la hotte. Ensuite, ils sont mis dans une cartouche et soumis à l'extraction Soxhlet (Fig. 29). En utilisant 600ml de méthanol qui sont introduits dans le ballon. Après cinq cycles d'épuisement, la cartouche est retirée et le méthanol chargé d'extrait de la plante est récupéré. L'élimination du solvant est effectuée à l'aide d'un évaporateur rotatif à 45°C (Fig. 30) (Bichra *et al.*, 2012). Après le calcul du rendement, le résidu sec est récupéré du ballon par l'acétone diluée avec un rapport de 10ml/g. L'extrait brut est conservé à 4°C et à l'obscurité.

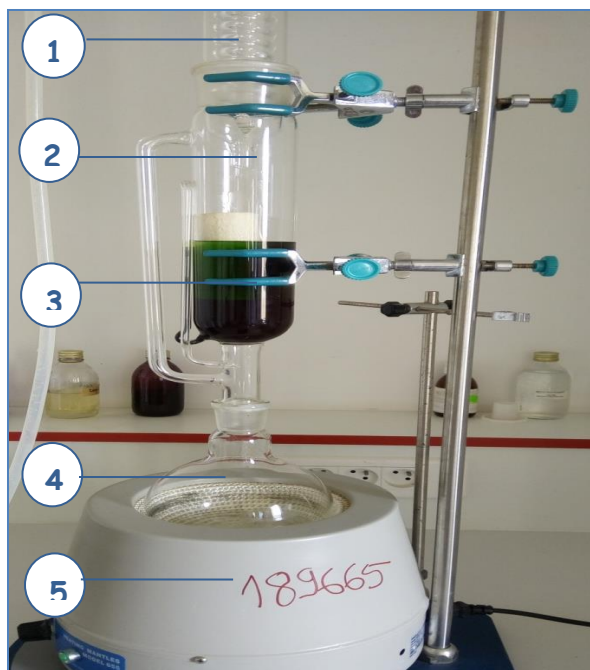


Figure 29 : Extracteur Soxhlet (Originale)

- 1 : Condensateur 2 : Corps en verre 3 : Cartouche
4 : Ballon contenant le solvant 5 : Chauffe ballon



Figure 30 : Rotavapor utilisé pour éliminer le solvant extractant (BUCHE R-210) (Originale)

III.2.5.2.1 Rendement d'extraction

Selon clémence et Dongmo (2009), le rendement d'extraction est calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = (M_{\text{ext}}/M_{\text{éch}}) \times 100$$

- **R** : Rendement en % ;
- **M_{ext}** : Masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg ;
- **M_{éch}** : Masse sèche de l'échantillon végétal en mg.

III.2.5.3 Extraits fermentés

Extraction par macération

La macération est une procédure d'extraction utilisée depuis de longues années. Elle est devenue, au fil du temps un moyen très répandu et peu coûteux pour l'isolement des composés polaires comme les polyphénols. La macération consiste à laisser reposer un solide dans un liquide à température ambiante afin d'en extraire des composés bioactifs, un parfum ou une saveur pour les conserver ou pour qu'ils s'y décomposent (Azmir *et al.*, 2013).

Pour la préparation des extraits fermentés, 10g des feuilles fraîches de chaque espèce ont été lavées et nettoyées avec l'eau distillée pour éliminer les impuretés et les grosses particules (la poussière). Ensuite, elles ont été hachées manuellement, pour les macérer dans 100ml d'eau distillée à une température de 25°C. Après trois jours de macération, l'extrait fermenté a été filtré et conservé à 4°C à l'obscurité (Delvaille, 2013).

III.2.6 Screening phytochimique

Les composés phytochimiques sont déterminés par diverses techniques modernes, mais les tests qualitatifs conventionnels sont toujours populaires pour le criblage phytochimique préliminaire des plantes (Shaikh et Patil, 2020). Le principe est basé sur des réactions de précipitations ou de colorations caractéristiques en vue de mettre en évidence des groupements chimiques qui peuvent être présents dans ces plantes. À cet effet, plusieurs types de réactifs ont été utilisés (Houmènou *et al.*, 2018). Nous avons réalisé des tests phytochimiques sur les extraits aqueux et méthanoliques des espèces étudiées au niveau du laboratoire de recherche de la protection des végétaux de l'Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.

III.2.6.1 Saponosides

Leur détection est réalisée en ajoutant un peu d'eau à 2 ml de l'extrait, puis le mélange est agité. La persistance de la mousse d'au moins 1cm pendant 15min indique la présence des saponines (N'Guessan *et al.*, 2009).

III.2.6.2 Composés réducteurs

Leur détection consiste à traiter 5 ml de l'extrait et 20 gouttes de la liqueur de Fehling. L'ensemble est porté à ébullition dans un bain marie pendant 30 min. Un test positif est révélé par la formation d'un précipité rouge brique (Sharif *et al.*, 2016).

III.2.6.3 Polyphénols

On ajoute une goutte de solution de chlorure ferrique (FeCl_3) à 2% sur 5ml de l'extrait. L'apparition d'une coloration bleu-noirâtre ou verte plus ou moins foncée est le signe de la présence de polyphénols (Békro *et al.*, 2007 ; Sharif *et al.*, 2016).

III.2.6.4 Tanins

L'ajout de FeCl₃ à 1% sur 10 ml de l'extrait permet de détecter la présence ou non de tanins. La couleur vire au bleu noir en présence de tanins galliques et au brun verdâtre en présence de tanins catéchiqes. La réaction de Bate-smith a permis de confirmer la présence ou l'absence des tannins condensés ; une coloration rouge signe leurs présences (Karumi *et al.*, 2004).

III.2.6.5 Flavonoïdes

❖ Réaction à la cyanidine

Dans un tube à essai on met 5 ml de l'extrait, 5 ml d'alcool chlorhydrique, 1ml d'alcool iso-amylque et quelques copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration rose orangée, rose violacée ou rouge indique respectivement la présence de flavones, flavanones ou de flavanols et flavanonols (Karumi *et al.*, 2004 ; Békro *et al.*, 2007).

❖ Mise en évidence des leucoanthocyanes

La même réaction fut réalisée une autre fois mais sans l'ajout des copeaux de magnésium avec un chauffage de quelques minutes au bain-marie pendant 15min. En présence de leucoanthocyanes se développe une coloration rouge cerise ou violacée ; les catéchols donnent une teinte brun-rouge (Karumi *et al.*, 2004 ; Békro *et al.*, 2007).

❖ Mise en évidence des anthocyanes

Les anthocyanes ont été recherchés par la réaction à la Cyanidine où à 5 ml de chaque extrait présentant une coloration plus ou moins foncée furent ajoutés 5 ml de H₂SO₄ à 10% puis 5ml de NH₄OH. Si la coloration augmente par acidification, puis vire au bleu-violacé en milieu basique, cela prouvera la présence d'anthocyanes (Karumi *et al.*, 2004 ; Békro *et al.*, 2007).

I.2.6.6 Alcaloïdes

Trois tests sont possibles à réaliser :

- ❖ **Test de Mayer** : on met 1ml de l'extrait dans un tube à essai et on ajoute 3 gouttes du réactif de Mayer (Annexe 04) ;

- ❖ **Test de Wanger** : à 1ml de l'extrait on ajoute 3 gouttes du réactif de Wanger (Annexe 04) ;
- ❖ **Test de Dragondroff** : 1ml de l'extrait est introduit dans un tube à essai auquel 3 gouttes du réactif de Dragondroff sont ajoutées (Annexe 04).

La présence d'un précipité ou d'une coloration orangée ou brun-rougeâtre, après quelques minutes indique la présence des alcaloïdes (N'Guessan *et al.*, 2009).

III.2.6.7 Protéines

Les protéines sont mises en évidence par la réaction du Biuret. On met 2 ml de l'extrait dans un tube à essai après on ajoute 2 à 3 gouttes d'une solution aqueuse de CuSO_4 à 2%. L'apparition d'une coloration violette, quelquefois teintée de rouge, indique une réaction positive (Yves-Alain *et al.*, 2007).

III.2.6.8 Stérols et tri-terpènes

Les stérols et terpènes ont été identifiés par la réaction de Liebermann-Burchard. Dans un tube, 10 ml de l'extrait à 20% ont été évaporés à sec, le résidu est dissous dans 1ml d'anhydride acétique, puis dans 1ml de chloroforme et à recueillir dans deux tubes à essai ; le premier servant de témoin et le deuxième auquel 1 à 2 ml d'acide chlorhydrique concentré est ajouté au fond du tube à essai sans agiter. A la zone de contact des deux liquides, il y a formation d'un anneau rouge-brunâtre ou violet, la couche surnageante devenant verte ou violette révèle la présence des stérols et de triterpènes (Khan *et al.*, 2011).

III.2.6.9 Anthraquinones

La détection des anthraquinones est réalisée en ajoutant quelques gouttes de l'acide chlorhydrique à 0.5 ml d'extrait. L'apparition d'un précipité de couleur rouge indique la présence d'anthraquinones (Khan *et al.*, 2011).

III.2.6.10 Stupéfiants : les tétrahydrocannabinols

Dans un tube à essai, 5 ml d'extrait ont été évaporés à sec au bain marie. Ensuite, l'ajout au résidu de trois à quatre gouttes de KOH dilué à 5% dans l'alcool. Une coloration violette indique la présence de tétrahydrocannabinols (Khan *et al.*, 2011).

III.2.7 Analyse quantitative et dosages biochimiques

III.2.7.1 Dosage des polyphénols totaux

Le réactif Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène. La coloration produite est proportionnelle au taux de composés phénoliques présents dans l'extrait analysé (Boizot et Charpentier, 2006).

Les polyphénols ont été déterminés par spectrophotométrie, suivant le protocole appliqué par Miliauskas *et al.* (2004) avec de légères modifications. 1 ml de chaque extrait a été mélangé avec 5ml de Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois). Après 5 min d'incubation à l'obscurité, une quantité de 4ml d'une solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à concentration de 75g/l a été additionnée. Parallèlement, dans les mêmes conditions, un étalon a été réalisé avec des concentrations croissantes d'acide gallique allant de 0 à 100 μ g/ml. L'absorbance qui sert à tracer la courbe d'étalonnage fut mesurée à 765 nm, après une heure d'incubation sous une température ambiante à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Jenway 6715). Les teneurs en polyphénols totaux des différents extraits ont été exprimées en mg équivalent standard acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

III.2.7.2 Dosage des flavonoïdes

La teneur des flavonoïdes a été estimée par la méthode d' $AlCl_3$, selon le procédé décrit par Chang *et al.* (2002). Un volume de 0,75 ml d' $AlCl_3$ (2%) dans le méthanol a été mélangé avec un volume égale d'extrait, puis l'ensemble a été incubé à l'ombre pendant 10 min. À l'aide d'un spectrophotomètre, l'absorbance de chaque solution a été déterminée à 430nm. Une courbe d'étalonnage est préalablement tracée avec la quercétine comme substance de référence. La teneur en flavonoïdes a été exprimée en mg équivalent de quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS).

III.2.7.3 Détermination des tanins condensés

Le principe de ce dosage est basé sur la fixation du groupement aldéhydique de la vanilline sur le carbone 6 du cycle A de la catéchine pour former un complexe chromophore rouge qui absorbe à 500nm (Schofield *et al.*, 2001). 400 μ l de chaque extrait ont été ajoutés à 3ml d'une solution méthanolique à 4% de vanilline. Ensuite, une quantité de 1.5ml d'acide chlorhydrique concentré a été additionnée. Après 15 min de réaction, l'absorbance a été lue à

500nm. La concentration des tanins condensés a été déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la catéchine (100-1000 μ g/ml) (Heimler *et al.*, 2006).

Les résultats ont été exprimés en milligramme équivalent catéchine par gramme de matière sèche (mg EC/g).

III.2.8 Analyse statistique

Les résultats obtenus ont subi une analyse de variance par le logiciel statistique R 4.2.1 en utilisant ANOVA suivie du test Tukey, ils sont représentés sous forme de moyenne \pm Ecart type. Les résultats sont considérés non significatifs lorsque $P > 0,05$ et significatif quand $P \leq 0,05$.

III.2.9 Analyse chimique des extraits et huiles essentielles

L'analyse des différents extraits et huiles essentielles des espèces étudiées a été effectuée au laboratoire de la société PerkinElmer à Paris (France) par la technique de chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) qui nous a permis d'effectuer une identification semi quantitative.

III.2.9.1 Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS)

L'équipement utilisé a une très grande sensibilité pour l'identification et la quantification des composés volatils et semi-volatils. La séparation et l'identification des composés dans les huiles essentielles ont été réalisées sur un chromatographe en phase gazeuse de type Clarus 690 SQ8T GC-MS avec l'échantillonneur automatique MultiPrep™ (Fig. 31). La température du four a été programmée à 50°C pendant 10min et portée à 280°C à une vitesse de 10°C/min. La température a été maintenue constante à 200°C pendant 10 min puis portée à 240°C à une vitesse de 1°C/min. La température de l'injecteur a été fixée à 280°C. Un volume de 0.5 μ l injecté à l'aide de microsiringues dans une colonne capillaire, le gaz vecteur est de l'hélium (1ml/min), c'est un gaz inerte dont la fonction est de pousser les composés volatils présents dans l'échantillon vers le détecteur. Dans les conditions de ce travail, l'analyse est effectuée en mode fractionné, dont le rapport est de 20:1. Le split correspond à un rapport entre la partie effectivement injectée dans la colonne et celle dirigée vers l'extérieur du dispositif, dans le but d'éviter la saturation de la colonne

- ❖ Les extraits méthanoliques ont été injectés sans modification ;

- ❖ Les huiles essentielles ont juste été diluées dans l'hexane car elles sont très concentrées ;
- ❖ Les purins ont été extraits à l'hexane par suspension de tension actifs plus matrice aqueuse. Il y a probablement des molécules non solubles dans l'hexane qui sont donc invisibles sur cet appareil car non analysables en GC. Lors du mélange avec l'hexane il y a eu apparition soudaine d'une émulsion qui pourrait être un indice de tension actif présente dans les purins.



Figure 31 : Chromatographe en phase gazeuse de type Clarus 690 SQ8T GC-MS (Originale)

III.2.9.2 Identification des composés chimiques

L'analyse des résultats se fait par la méthode qualitative automatique en introduisant des paramètres d'intégration et de rejet afin d'obtenir la meilleure intégration possible et donc d'identification. Il s'agit d'une identification par la NIST automatique car le nombre de pics est beaucoup trop important pour le faire manuellement. Cela donne de bons résultats et une très bonne identification des molécules / familles de molécules présentes.

III.2.10 Détermination de la composition minérale des plantes

III.2.10.1 Préparation des échantillons

Les échantillons des trois plantes sélectionnées (feuilles) ont été lavés à l'eau distillée puis séchés à l'étuve à 70°C pendant 24 à 48h (jusqu'à ce que le poids soit constant). Ils ont été par la suite finement broyés et stockés dans des sacs en papiers à température ambiante.

III.2.10.2 Minéralisation des échantillons

La minéralisation a été effectuée selon la norme AFNOR NF X 31-151 (1993). Pour se faire, 1 g de poudre végétale a été mis dans un creuset en porcelaine et calciné dans un four à moufle à 450°C pendant 4 heures afin d'obtenir des cendres blanches. Après refroidissement, les cendres sont humidifiées par quelques gouttes d'acide nitrique (HNO₃) concentré puis sont évaporées à sec sur une plaque chauffante à 150°C avant de les remettre au four à 400°C pendant une heure. Le résidu obtenu est repris dans 5ml d'HCl concentré et évaporé à sec pendant une heure. Il est ensuite dissous dans 5ml d'HCl dilué à 5% à chaud pendant une heure. Après refroidissement, la solution est filtrée et ajustée à 10 ml à l'eau distillée.

III.2.10.3 Analyse des échantillons

Afin de déterminer le taux des différents métaux lourds présents, le dosage des échantillons des plantes a été réalisé à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique (SAA) de modèle SHIMADZU AA-7000 au laboratoire de mesure de l'université de Mostaganem. Des solutions étalons pour chaque élément recherché ont été parallèlement préparées à différentes concentrations (ppm) puis dosées. Le gaz vecteur utilisé est l'acétylène, la longueur d'onde est spécifique à chaque élément dosé qui sera noté avec la courbe d'étalonnage dans le résultat.

III.3 Résultats et discussion

III.3.1 Aspects chimiques des plantes sélectionnés

Les résultats de la teneur en matière sèche, la teneur en eau, la teneur en matière minérale et la teneur en matière organique sont récapitulés dans la figure 32.

III.3.1.1 Teneur en matière sèche

Les résultats font ressortir que la teneur en matière sèche diffère d'une espèce végétale à une autre (Fig. 32). En effet, la teneur la plus importante a été enregistrée chez *U. membranacea* avec une valeur de 30.6%, suivi par *M. rotundifolia* avec 20.8%. Alors que, le taux le plus faible a été enregistré chez *C. coronaium* avec 13.6% (Fig. 32).

L'analyse statistique montre des différences significatives entre les taux de la matière sèche des espèces étudiées ($P < 0.05$) (Tab. 08).

III.3.1.2 Teneur en eau

Les espèces étudiées présentent des teneurs importantes en humidité. Les feuilles de chrysanthème à couronne ont exhibé la teneur en eau la plus élevée avec un taux de 86.93% et les feuilles de l'ortie à membranes ont contenues la valeur la plus faible avec 69.4%. Cependant, le taux intermédiaire a été noté pour les échantillons de la menthe à feuilles ronde avec 79.2% (Fig. 32).

Statistiquement, une différence significative entre les taux d'humidité des trois plantes a été observée ($P < 0.05$) (Tab. 08).

III.3.1.3 Teneur en matière minérale

La détermination de la quantité de la matière minérale des espèces sélectionnées a révélé des taux très faibles de l'ordre de 4.78%, 3.84 % et 1.07% pour *M. rotundifolia*, *U. membranacea* et *C. coronaium*, respectivement (Fig. 32).

Selon les résultats enregistrés, les teneurs en matière minérale des trois espèces diffèrent significativement ($P < 0.05$) (Tab. 08).

III.3.1.4 Teneur en matière organique

Les résultats obtenus ont dévoilé que les feuilles de la menthe à feuilles rondes possèdent un pourcentage en matière organique (16.02%) supérieur comparativement aux feuilles du chrysanthème (11.99%) et inférieur à celles de l'ortie (26.76%) (Fig. 32).

Les teneurs en matière organique des plantes sélectionnées montrent une différence significative ($P < 0.05$) (Tab.08). Au vu de la bibliographie, il n'y a pas de travaux réalisés sur ces espèces.

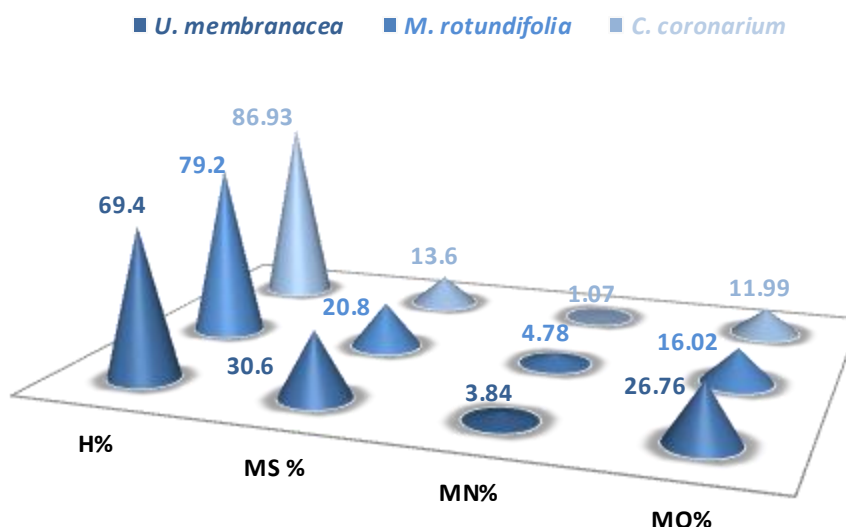


Figure 32 : Critères analytiques des plantes étudiées

H : Taux d'humidité ; MS : Matière sèche ; MN : Matière minérale ; MO : Matière organique

Tableau 08 : Critères analytiques des différentes plantes étudiées

	<i>U. membranacea</i>	<i>M. rotundifolia</i>	<i>C. coronarium</i>
Taux d'humidité	69.40±9.36 ^a	79.20±0.20 ^{ab}	86.93±0.94 ^c
Teneur en matière sèche	30.60±9.36 ^c	20.80±0.20 ^{ab}	13.06±0.94 ^a
Teneur en matière minérale	03.84±0.90 ^b	04.78±1.48 ^b	01.07±0.43 ^a
Teneur en matière organique	26.76±0.32 ^c	16.02±1.61 ^b	11.99±0.58 ^a

III.3.2 Rendement en huiles essentielles

Le rendement le plus élevé a été obtenu chez l'espèce *M. rotundifolia* avec un pourcentage important de 0.70%, suivie de l'espèce *C. coronarium* avec un rendement de 0.20%. Les extractions végétales fournissent des huiles de couleur jaunâtre avec une odeur

très forte et persistante. Cependant, un rendement nul a été enregistré chez l'espèce *U. membranacea*.

Une variation des rendements en huiles essentielles a été observée entre les espèces. La quantité de l'huile essentielle de *M. rotundifolia* obtenue dans notre étude est supérieure à celle obtenue par Brahmi *et al.* (2016) (0.49%), s'agissant de la même espèce issue de Bejaia (Algérie) traitée par hydro-distillation. Tandis que, des valeurs plus élevées ont été reportées dans différentes recherches dans d'autres localités en Algérie. Citant le rendement en huile essentielle des feuilles de la menthe de Khemis Meliana (Algérie) est d'environ 1.8% (Brada *et al.*, 2007). Alors que, les échantillons qui proviennent de la région de Setif ont donné un taux de 1.27% (Leblalta *et al.*, 2020), et ceux de la région d'El Tarf ont révélé un rendement de 1.65% (Benabdallah *et al.*, 2018). Tandis que, la menthe à feuilles rondes collectée en Tunisie a montré un rendement de 1.26% (Riahi *et al.*, 2013), et celle provenant du Maroc se caractérise avec un rendement de 1.17% (Kesrati *et al.*, 2015).

Pour le *C. couonarium*, les feuilles issues de la région de Mostaganem ont montré un rendement inférieur à ceux des études menées dans différentes régions du monde. En Tunisie, l'étude menée par Hosni *et al.* (2013) sur l'huile de chrysanthème à couronne a noté une teneur de 0.31%. Néanmoins, les rendements en huile essentielle de cette plante récoltée de deux régions au Chypre : Değirmenlik et Salamis ont été respectivement de l'ordre de 0,44 et 0,40% (Polatoğlu *et al.*, 2017). Par ailleurs, l'étude de Basta *et al.* (2007) a permis d'obtenir à partir d'échantillons provenant de la Grèce les rendements suivants : 0.31% (Porto Rafti) 0.39% (Diminio).

La différence en quantité des huiles essentielles observées chez *C. couonarium* et *M. rotundifolia* peuvent être liées à de nombreux facteurs, notamment : la famille et la biologie des plantes, les conditions environnementales, les facteurs climatiques et édaphiques qui sont liés à la localisation géographique, les variations physiologiques, la période de récolte (Sharma *et al.*, 2016 ; Aziz *et al.*, 2017 ; Mehalaine et Chenchouni, 2021), l'organe de la plante, la température, le temps de séchage et la méthode d'extraction (Haddouchi *et al.*, 2013 ; Bouyahya *et al.*, 2017 ; Madhumita *et al.*, 2019).

III.3.3 Rendement en extraits végétaux obtenus suite à l'extraction par Soxhlet

Les résultats en rendement des extraits hydro-alcooliques de trois espèces végétaux sont illustrés dans la figure 33.

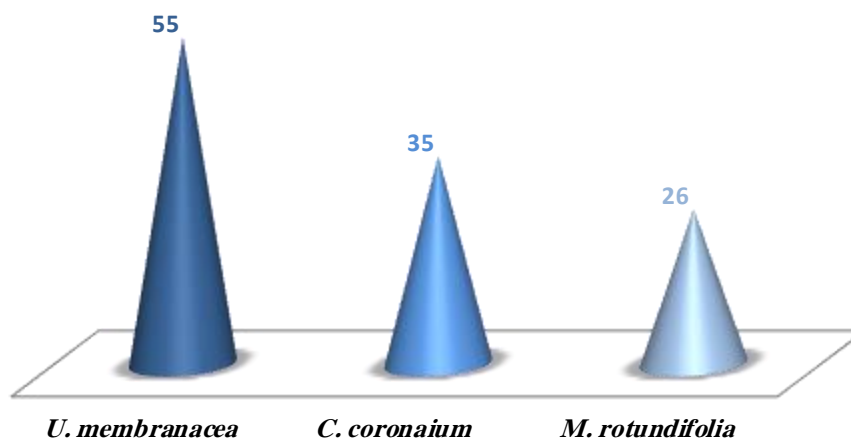


Figure 33 : Rendement (%) en extraits végétaux obtenus suite à l'extraction par Soxhlet

Les résultats des rendements en extraits bruts des plantes étudiées ont montré clairement que pour les mêmes conditions d'extraction, la quantité d'extrait obtenue varie amplement d'une espèce végétale à une autre. Le meilleur rendement obtenu est celui de 55% enregistré pour l'extrait brut de l'ortie à membrane, suivi par celui du chrysanthème à couronne avec un taux de 35%. Tandis que, l'extrait de la menthe à feuilles rondes a révélé le rendement le plus faible avec 26%.

Le rendement d'extraction est une mesure de l'efficacité des méthodes et de solvant d'extraction pour extraire des composants spécifiques de la matrice des plantes (Gurnani *et al.*, 2016 ; Adam *et al.*, 2019). L'efficacité d'un procédé d'extraction, dépend de la nature chimique de la matière extractible (composés phytochimiques), du solvant et de sa polarité, de la température et de la durée d'extraction (Do *et al.*, 2014). D'autre part, Adam *et al.* (2019) ont obtenu suite à l'extraction par Soxhlet de rendements élevés, ils ont conclu que le méthanol était le meilleur solvant dans l'extraction phytochimiques. En revanche, une extraction prolongée, peut induire des réactions indésirables telles que la dégradation enzymatique et l'oxydation des composés phénoliques, d'où une diminution du rendement en polyphénols (Khoddami *et al.*, 2013).

III.3.4 Criblage phytochimique

Les résultats des tests phytochimiques des extraits des trois espèces : *U. membranacea*, *M. rotundifolia* et *C. coronaium* sont regroupés dans le tableau 09.

Tableau 09 : Résultats du criblage phytochimique

Familles chimiques	Ortie à membranes		Menthe à feuilles rondes		Chrysanthème à couronne	
	Extrait méthanolique	Extrait aqueux	Extrait méthanolique	Extrait aqueux	Extrait méthanolique	Extrait aqueux
Saponosides	-	-	-	-	-	-
Polyphénols	++	+	++	+	++	+
Tanins						
• T. catéchique	++	++	++	++	++	+
• T. gallique	-	-	-	-	-	-
Alcaloïdes						
• Réactif de Wanger	-	-	-	-	-	-
• Réactif de Dragendorff	-	-	-	-	-	-
• Réactif de Mayer	-	-	-	-	-	-
Flavonoïdes						
	+	+	+	+	+	+
• Flavonols	-	-	-	-	-	-
• Flavones	-	-	-	-	-	-
• Flavonones	-	-	-	-	-	-
• Flavanonols	-	-	-	-	-	-
• Leucoanthocyanes	+	+	+	+	+	+
• Anthocyanes	-	-	-	-	-	-
Sucres réducteurs	-	-	+	+	-	-
Protéines	-	++	-	++	+	++
Stérols et Triterpènes	+	-	+	-	+	-
Anthraquinones libres	-	+	-	-	-	+
Stupéfiants : Tétrahydrocannabinols	-	-	-	-	-	-

- : Absence

+ : Réaction positive

++ : Réaction très positive

Le screening phytochimique nous a permis de mettre en évidence la présence de différents groupes chimiques au niveau des feuilles des trois plantes médicinales (*U. membranacea*, *M. rotundifolia* et *C. coronarium*) par des réactions qualitatives de caractérisation. Les résultats du criblage phytochimique ont élucidé la présence des polyphénols totaux, des flavonoïdes, des leucoanthocyanes et des tanins catéchiques dans

tous les extraits végétaux. Par contre, les stérols et triterpènes ont été détectés seulement dans les extraits méthanoliques.

Par ailleurs, l'apparition d'un précipité de couleur rouge indique la présence d'anthraquinones dans les deux purins celui de l'ortie et du chrysanthème. La formation d'un précipité rouge brique indique clairement la présence des composés réducteurs dans les extraits de la menthe à feuilles rondes.

Cependant, les tests visant la mise en présence des protéines dans les trois purins ainsi que l'extrait méthanolique du chrysanthème.

Il a été noté l'absence totale dans nos échantillons des saponosides, des alcaloïdes, des flavones, des flavanonols, des flavanones, des flavanols, des anthocyanes et les stupéfiants (tétrahydrocannabinols) (Tab. 09).

En ce qui concerne l'espèce d'*U. membranacea*, nos résultats sont similaires ceux de Daoudi *et al.* (2015c ; 2019). En effet, ces derniers ont rapporté la présence des flavonoïdes, des tanins, des stérols et des triterpènes dans l'extrait d'*U. membranacea* et l'absence des alcaloïdes et des saponosides. De multiples études phytochimiques sur le genre *Urtica* ont révélé la présence des mêmes familles chimiques (Orčić *et al.*, 2014 ; Ghaedi *et al.*, 2015 ; Bobis *et al.*, 2015 ; Bilen *et al.*, 2016).

Plusieurs tests phytochimiques ont été menés sur les différentes espèces de la famille des Lamiacées. En effet, les analyses réalisées sur l'extrait de *M. spicata* par Naseem *et al.* (2012), ont montrées la présence des : alcaloïdes, flavonoïdes, stéroïdes, coumarines, stérols et terpènes et l'absence des saponines et anthraquinones. Alors que, Farnaz *et al.* (2012) ont trouvé que les extraits de *M. arvensis* sont riches en alcaloïdes, flavonoïdes, phénols, tanins, diterpènes, glycosides cardiaque et dépourvus de saponines.

Les espèces de chrysanthèmes sont également connues pour contenir un large éventail de composés phytochimiques essentiels. Par ailleurs, une étude faite sur le genre du *Chrysanthemum* par Malpani *et al.* (2019), a confirmé la présence des protéines, des alcaloïdes, des flavonoïdes, des tanins, des coumarines, et les saponines ; en revanche, elle rapporte l'absence des anthraquinones. Une caractérisation chimique des extraits de chrysanthème a montré qu'ils sont des mélanges compliqués de flavonoïdes, d'acides organiques, de polysaccharides et d'autres composants mineurs (Liang *et al.*, 2020). D'autre part, les feuilles de chrysanthème ont été analysées pour des études préliminaires afin de trouver la présence de phytoconstituants tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les composés stéroïdiens, les saponines, les tanins, les phénols et les glycosides cardiaques (Nowrid, 2017).

L'analyse phytochimique est très importante pour évaluer les utilités médicinales possibles d'une plante et aussi pour déterminer les principes actifs responsables des activités biologiques connues manifestées par les plantes. De plus, il fournit la base pour l'isolement ciblé des composés et pour effectuer des investigations plus précises (Shaikh et Patil, 2020).

III.3.5 Analyses quantitatives

III.3.5.1 Teneurs en polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué selon la méthode de Folin-Ciocalteu. La teneur en composés phénoliques dans les différentes espèces est déterminée à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage de la régression de l'acide Gallique ($y = 0.009x$; $R^2 = 0.9999$) (Annexe 06).

Les valeurs obtenues montrent une variation significative entre les teneurs en composés phénoliques selon les espèces et les solvants d'extraction choisissent (Fig. 34).

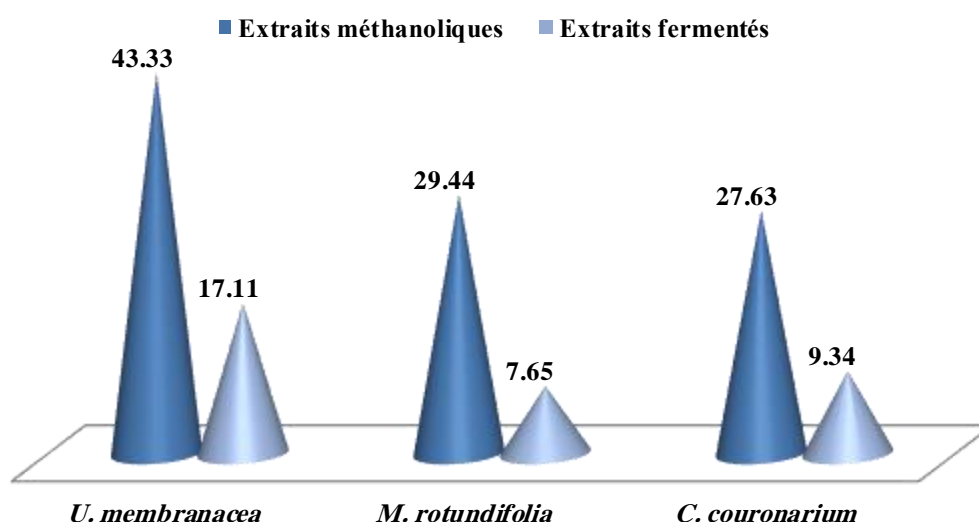


Figure 34 : Variation des teneurs en polyphénols (mg EAG/g MS ou MF) totaux des différents extraits

L'extrait hydro-alcoolique d'*U. membranacea* a montré une teneur en composés phénoliques élevée de 43.33 mg EAG/g MS par rapport aux extraits de *M. rotundifolia* et *C. couonarium* qui ont enregistré des valeurs de 29.44 mg EAG/g MS et 27.63 mg EAG/g MS, respectivement (Fig. 34).

Concernant les purins, celui issu des feuilles d'ortie a noté une quantité maximale en polyphénols de 17.11mg EAG/g MF, alors que les quantités minimales ont été consignées pour les purins de la menthe à feuilles rondes avec 9.34 mg EAG/g MF suivit par celui de chrysanthème à couronne avec 7.65 mg EAG/g MF et (Fig. 34).

Les teneurs totales en composés phénoliques ont évolué de manière régressive dans l'ordre suivant : l'extrait méthanolique d'ortie > l'extrait méthanolique de chrysanthème > l'extrait méthanolique de la menthe > le purin d'ortie > le purin de chrysanthème > le purin de menthe.

Les valeurs obtenues montrent que les teneurs en composés phénoliques varient considérablement entre les différentes espèces et les extraits ($P < 0.05$) (Tab. 10).

Tableau 10 : Teneurs en composés phénoliques des extraits des espèces végétales étudiées

	<i>U. membranacea</i>	<i>M. rotundifolia</i>	<i>C. couonararium</i>
Extraits metanoliques	43.33±20.81 ^b	29.44±4.50 ^{ab}	27.63±6.76 ^{ab}
Extraits fermentés	9.34±4.23 ^a	17.11±10.17 ^{ab}	7.65±2.12 ^a

III.3.5.2 Teneurs en flavonoïdes

L'évaluation quantitative des flavonoïdes montre une corrélation positive entre le taux des flavonoïdes et l'absorbance avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0.9989$ et une formule de régression : $y = 0.0157x$ (Annexe 07).

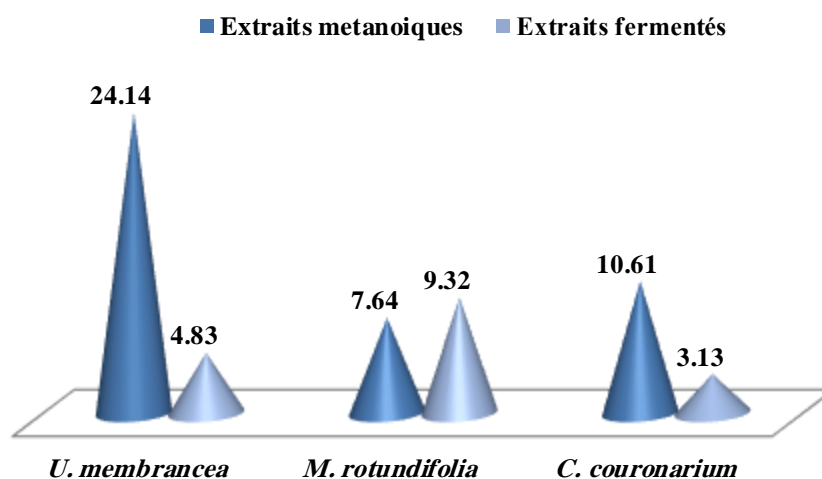


Figure 35 : Variation des teneurs en flavonoïdes des différents extraits

Les résultats du dosage révèlent que la grande quantité des flavonoïdes est détectée dans l'extrait méthanolique de l'ortie à membranes (24.14mg EQ/g MS) suivie par l'extrait méthanolique du chrysanthème à couronne (10.61mg EQ/g MS) et le purin de la menthe à feuilles rondes (9.32 mg EQ/g MF) (Fig. 35). Par contre, l'extrait méthanolique de la menthe

à feuilles rondes (7.64 mg EQ/g MS), le purin de l'ortie douteuse (4.83 mg EQ/g MF) et le purin du chrysanthème à couronne (3.13 mg EQ/g MF) exhibent des teneurs moindres en flavonoïdes (Fig. 35).

L'analyse statistique décèle une différence significative en flavonoïdes entre les différents extraits des plantes ($P < 0.05$) (Tab. 11).

Tableau 11 : Teneurs en flavonoïdes des extraits des espèces végétales étudiées

	<i>U. membranacea</i>	<i>M. rotundifolia</i>	<i>C. couonarium</i>
Extraits méthanoliques	24.14±5.35 ^b	7.64±1.17 ^a	10.61±2.21 ^a
Extraits fermentés	4.83±1.79 ^a	9.32±5.12 ^a	3.13±2.18 ^a

III.3.5.3 Teneurs en tanins condensés

Les concentrations totales en tanins condensés des espèces étudiées ont été rapportées en équivalent milligramme de catéchine et déterminés à partir de la courbe d'étalonnage qui suit une équation de type : $y = 0.0012x$ sachant que $R^2 = 0.9188$ (Annexe 08). Les résultats sont consignés dans la figure 36.

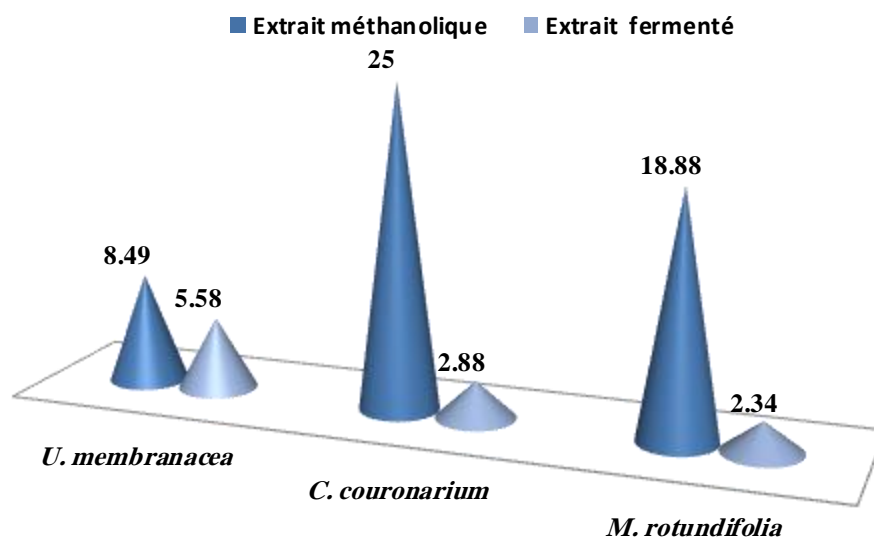


Figure 36 : Variation des teneurs en tanins condensés des différents extraits

Selon les résultats obtenus les extraits méthanoliques de nos échantillons sont plus riches en tanins condensés que les extraits aqueux. En effet, l'extrait de *C. couonarium* accuse la teneur la plus importante (25mg EC/g MS). En revanche, des teneurs inférieures

(18.88mg EC/g MS vs 8.49 mg EC/g MS) ont été notées respectivement dans les extraits méthanoliques de *M. rotundifolia* et *U. membranacea* (Fig. 36).

Les deux extraits aqueux de *C. couonarium* (2.88mg EC/g MF) et *M. rotundifolia* (2.34mg EC/g MF) présentent des concentrations nettement bien inférieurs en tanins condensés par rapport à celui d'*U. membranacea* (5.58 mg EC/g MF) (Fig. 36).

Les extraits méthanoliques et les extraits fermentés des trois plantes aromatiques montrent une différence significative ($P < 0.05$) dans la teneur en tanins (Tab. 12).

Tableau 12 : Teneurs en tanins des extraits des espèces étudiées

	<i>U. membranacea</i>	<i>M. rotundifolia</i>	<i>C. couonarium</i>
Extraits metanoliques	8.49±2.58 ^{ab}	18.88±6.22 ^{bc}	25.00±6.24 ^c
Extraits fermentés	5.58±3.42 ^a	2.34±1.17 ^a	2.88±1.86 ^a

III.3.5.4 Discussion

Les résultats du dosage montrent principalement que les composés phénoliques ne sont pas abondants au niveau des extraits aqueux ce qui revient probablement aux conditions d'extraction ainsi qu'à la solubilité relative des polyphénols dans l'eau et de la polarité du solvant utilisé. En fait, la solubilité des composés phénoliques est conditionnée par le type de solvant utilisé (Mollica *et al.*, 2018). Dans cette étude, le meilleur solvant pour extraire les polyphénols s'est avéré être le méthanol. Par ailleurs, des résultats similaires ont été obtenus pour l'extraction composés phénoliques à partir de différentes matières premières telles que les gosses d'ail (Kallel *et al.*, 2014), les fleurons ligulés et les fleurons du disque de tournesol (Ye *et al.*, 2015), les feuilles de la cardamome brune (Butsat et Siriamornpun, 2016), les champignons séchés (Sezer *et al.*, 2017) et les graines de figues (Nakilcioğlu-Taş et Ötleş, 2021).

Il faut cependant noter que les résultats obtenus dans la présente étude en ce qui concerne les polyphénols des extraits issus des feuilles de l'espèce *C. couonarium* sont nettement inférieurs à ceux trouvés par Tawaha *et al.* (2007) qui ont trouvés une teneur de 59.6 mg EGA/g MS.

Pour l'espèce d'*U. membranacea*, Zbadi *et al.* (2018) ont remarqué que l'extrait méthanolique possède une teneur en polyphénols de l'ordre de 72 mg EAG/g MS et une teneur en flavonoïdes de l'ordre de 27.25 mg EQ/g MS, ces résultats sont supérieurs aux notre. Tandis que, Daoudi *et al.* (2015c) ont obtenu dans leur étude un taux en polyphénols

totaux de l'ordre de 21.5 mg EAG/g MS et un taux en flavonoïdes de l'ordre de 0.05 mg EQ/g MS.

En ce qui concerne la menthe à feuilles rondes, une analyse quantitative a été effectuée par Benabdallah *et al.* (2016) de l'extrait méthanolique des feuilles a dévoilé que la composition en phénols totaux a été de l'ordre de 15.10 mg EAG/g MS et la teneur en flavonoïdes est égale 12.30 mg EQ/g MS. Or, la quantité des tanins condensés a été notée avec une valeur de 3.05 mg EC/g MS. D'autres travaux similaires réalisés à Bejaia (Algérie), ont rapporté que l'extrait éthanolique contient 6.1mg EAG/g MS de composé phénoliques et 3.3 mg EQ/g MS de flavonoïdes (Brahmi *et al.*, 2015). En Tunisie, Ben Haj Yahia *et al.*, (2019) ont signalé que la quantité de contenu phénolique total de l'extrait méthanolique variait de 5.70 à 57.11 mg GAE/g MS et les flavonoïdes totaux variaient de 5.12 mg EQ/g MS à 24.11 mg EQ/g MS. Ceci signifie que l'extraction des composés phytochimiques des matières végétales est affectée par des facteurs de pré-extraction (partie végétale utilisée, son origine et la taille des particules, la teneur en humidité, la méthode de séchage, le degré de traitement, etc.) et des facteurs liés à l'extraction (méthode d'extraction adoptée, solvant choisi, rapport solvant/échantillon, pH et température du solvant et durée de l'extraction) (Azwindia, 2015). D'autre part, la qualité et la quantité des composés bioactifs dépendent des espèces végétales, aux conditions de croissance environnementales, à l'incidence des agents pathogènes, à la saison de récolte et de la méthode d'extraction (Šernaite, 2017 ; Jiménez-Reyes *et al.*, 2019).

Au vu de la bibliographie, il n'y a pas de travaux réalisés sur la teneur en tanins des extraits des espèces étudiées.

III.3.6 Analyse de la composition chimique

III.3.6.1 Composition chimique de l'huile essentielle de *M. rotundifolia*

L'analyse de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) de l'huile essentielle des feuilles sèches de *M. rotundifolia* a permis de mettre en évidence la présence de 77 composés qui représentent 98.19% de la composition totale de l'huile. En effet, le monoterpène Cyclobutaneacetonitrile, 1-méthyl-2-(1-méthylethényl)- (45.60%) est révélé comme le composant majoritaire suivi par les monoterpènes oxygénés terpinène-4-ol (6.36%), p-menthane (5.46%), les sesquiterpène germacrène D (4.49%), Caryophyllene (2.29%), et le monoterpène myrcene (3.04%) (Tabl. 13).

Tableau 13 : Composition chimique de l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia*

N°	TR	Aire %	Composés
1	3.930	0.23	Ethyl 2-methylbutanoat
2	4.015	0.04	2-Hexenal, (E)-
3	4.045	0.04	3-Hexen-1-ol, formate, (Z)-
4	5.336	0.12	α -Phellandrene
5	5.496	1.11	α -Pinene
6	5.696	0.06	2-Methylpropyl butanoate
7	5.846	0.40	Camphene
8	6.096	0.05	Benzaldehyde
9	6.311	0.69	α -Sabinene
10	6.431	3.04	Myrcene
11	6.806	0.07	3-Octanol
12	7.131	0.15	1,4-Heptadiene
13	7.276	0.71	Terpinene
14	7.451	1.57	p-Cymene
15	7.557	1.49	Limonene
16	7.662	1.43	Trans- α -Ocimene
17	7.912	0.07	α -Ocimene
18	8.212	1.42	ζ -Terpinene
19	8.717	0.10	1-Nonen-3-ol
20	8.852	0.32	p-Mentha-1,4(8)-diene
21	8.957	0.28	p-Cyménène
22	9.177	0.46	Linalyl propionate
23	9.332	1.22	1-Octen-3-yl-acetate
24	9.392	0.09	3-Heptyne, 5-methyl-
25	9.617	0.06	3-Octanol, acetate
26	9.652	0.05	Thujone
27	9.807	0.15	cis-2-Menthenol
28	10.018	0.40	Cyclohexane, 1,3-dimethyl-2-methylene-,trans-
29	10.373	0.25	Camphor
30	10.938	0.82	Borneol
31	11.128	6.36	Terpinen-4-ol
32	11.248	0.76	Cymen-8-ol
33	11.453	0.40	α -Terpineol
34	11.773	0.20	p-Menth-1-en-3-ol
35	11.898	0.27	Ethanone, 1-(2,4-dimethylphenyl)-
36	12.218	0.05	Cis-3-Hexenyl- α -methylbutyrate
37	12.328	0.17	Cis-3-Hexenyl isovalerate
38	12.468	0.04	Pulegone
39	12.579	0.81	Carvone
40	12.654	0.18	Linalyl acetate
41	12.804	5.46	p-menthane
42	13.399	0.04	Neryl isovalerate
43	13.494	0.27	trans-Bornyl acetate
44	13.589	1.03	Carvacrol

45	13.719	0.14	Dihydroedulan II
46	14.719	0.39	p-Mentha-1,4(8)-dien-3-one
47	14.990	1.77	Eugenol
48	15.255	45.60	Cyclobutaneacetonitrile,1-methyl-2-(1-methylethenyl)-
49	15.520	1.34	Copaene
50	15.695	0.07	α -Bourbonene
51	15.790	0.43	β -Germacrene
52	15.875	0.29	Jasmone
53	15.955	0.19	Resorcinol, 4,5-dimethyl-
54	16.190	1.53	3,8,11-Trioxatetracyclo[4.4.1.0(2,4).0(7,9)]undecane,
55	16.470	2.29	Caryophyllene
56	16.670	0.04	3,4-Nonadien-6-yne, 5-ethyl-3-methyl-
57	16.900	0.10	2-(1-Methylcyclopropyl)thiophene
58	16.985	0.14	Cadina-1(6)4-diene
59	17.215	0.23	Humulene
60	17.335	1.75	cis-Muurolo-4(15),5-diene
61	17.591	0.30	Valencene
62	17.736	4.49	Germacrene D
63	18.361	0.22	γ -Cadinene
64	18.451	0.63	δ -Cadinene
65	18.506	0.91	Ionene
66	18.826	0.25	α -Amorphene
67	19.346	0.13	photocitral B
68	19.736	0.58	2-Methyl-3-(3-methyl-but-2-enyl)-2-(4-methyl-pent-3-
69	20.006	0.20	Viridiflorol
70	20.387	0.48	Cubenol
71	20.797	0.04	4-Heptenal, (E)-
72	21.127	0.26	Dihydro-cis-à-copaene-8-ol
73	21.207	0.04	1,5-Diphenylhex-3-ene
74	21.557	0.06	1-Phenyl-2-methyl-oct-1-ene
75	21.717	0.08	Muurolo-5-en-4-one (cis-14-nor-)
76	22.307	0.21	<u>Ylangenol</u>
77	24.828	0.08	1-Formyl-2,2,6-trimethyl-3-cis-(3-methylbut-2-enyl)-5-
			58.13 Monoterpènes hydrocarbonés
			19.63 Monoterpènes oxygénés
			12.20 Sesquiterpènes hydrocarbonés
			02.18 Sesquiterpènes oxygénés
			06.05 D'autres composés
			98.19 Total identifié (%)

TR : Temps de rétention

La composition chimique de l'huile de *M. rotundifolia* poussant dans diverses régions du monde a fait l'objet de nombreuses études et différents chémotypes ont été définis (Lorenzo *et al.*, 2002 ; El Arch *et al.*, 2003 ; Brada *et al.*, 2007).

Nos résultats découvrent un chémotype formé par le cyclobutane acétonitrile, le 1-méthyl-2-(1-méthyléthényl)-, le terpinène-4-ol, le p-menthane et germacrène D ; cette combinaison de composés majeurs n'a pas été signalée pour cette plante aux autres régions de son aire de répartition géographique. De plus, aucune étude antérieure n'a trouvé de cyclobutane acétonitrile, 1-méthyl-2-(1-méthyléthényl)- et p-menthane comme principaux composants de cette huile.

La menthe à feuilles rondes récoltée dans le nord-est de l'Algérie a été étudiée. Les échantillons de Bejaia ont rapporté l'époxyde de trans-pipéritone (30.2%), l'oxyde de pipéritone (8.7%), le thymol (4.5%), le germacrène D (3.5%) et le terpinen-4-ol (2.7%) comme ingrédients principaux (Brahmi *et al.*, 2016). Alors que, les analyses chimiques de l'huile de la même espèce cultivée à Annaba ont révélé que les composés majeurs sont : le carvacrol (60.54%), le pulégone (5.95%), le m-cymène (5.25%) et le γ -terpinène (4.83%) (Kharoubi *et al.*, 2020). Néanmoins, la caractérisation de l'huile *M. rotundifolia* provient de l'Est algérien (Batna) a révélé une composition totalement différente avec l'oxyde de pipériténone (35.49%) comme élément principal, suivi de l'oxyde de caryophyllène (35.27%) et de la cis-cinérolone (10.95%) (Yakhlef *et al.*, 2020). Selon Leblalta *et al.* (2020), le 3-cyclopenten-1-one, le 2-hydroxy-3-(3-méthyl-2-butenyl)- (89.09%) sont les molécules essentielles de l'huile de *M. rotundifolia* issu de Sétif.

En revanche, Riahi *et al.* (2013) ont analysé l'espèce tunisienne. Ils ont constaté qu'il existe une différence de composition chimique entre la région de Béja (Nord-ouest de la Tunisie), où le caryophyllène (26.67%) a été considéré comme la substance marginale suivi par le germacrène D (12,31%) et le carvéol (7.38%). Tandis que, les échantillons de Bizerte (Nord-est de la Tunisie) contiennent de la pulégone (32.9%), de l'oxyde de pipériténone (17.28%) et du 5-acétyl thiazole (11.26%). Pour ceux du Maroc, le composant le plus dominant est le 2-iso-propylidèncyclohexanone avec un taux de 11.99%, suivi par l'eucarvone avec 11.42%, le gamma-murolène avec 8.61%, le 2-Isopropyl 5-méthyl -3-cyclohexen-1-one (6.83%) et p-menthan-1,2,3-triol (6.72%) (Sbai *et al.*, 2020). Dans d'autres rapports, le principal composé de l'espèce étudiée est le pulegone (85%) (El Arch *et al.*, 2003).

III.3.6.2 Composition chimique de l'huile essentielle de *C. coronarium*

L'analyse chimique de l'huile essentielle de *C. coronarium* nous a permis d'identifier 69 composés représentant environ 95.39% du total de l'huile. Dont : le farnesene (10.19%), le myrcene (10.12%), l'eugenol (7.97%), le germacrène D (6.34%), le phytol (4.88%), le pinène

(3.66%) ont été les principales substances (Tab.14). En effet, cette huile contenait une forte concentration en sesquiterpènes hydrocarbonés (25.67%) et monoterpènes oxygénés (23.61%) et une très faible concentration en diterpènes hydrocarbonés (3.57%) (Tab. 14).

Tableau 14 : Composition chimique de l'huile essentielle de *C. coronarium*

N°	TR	Aire%	Composés
1	2.239	0.73	Heptane
2	5.501	0.43	Pinene
3	6.431	0.17	(-)- β -Pinène
4	6.631	10.12	Myrcene
5	7.562	0.20	L-limonène
6	7.667	3.66	Pinene
7	7.917	0.29	3-Carene
8	9.177	1.08	Linalool
9	9.397	0.43	Thujone
10	9.747	0.14	Chrysanthénone
11	10.373	0.99	L-camphre
12	10.683	0.16	trans-Verbenol
13	10.943	1.18	acétate de L-bornyle
14	11.123	0.54	Terpineol
15	11.543	0.16	Ethyl-o-methoxybenzyl alcohol
16	12.469	0.23	p-Menthen-3-one
17	12.654	1.28	Linalol, formiate
18	12.859	1.79	Chrysanthenyl acetate
19	13.019	1.21	Acetate de lyratyle
20	13.254	0.50	cis-1, 3,3-trimethylbicyclo [3.1.0] hexane-1-carboxaldehyde
21	13.559	02.08	Carvacrol
22	14.950	7.97	Eugenol
23	15.070	0.19	butyrate de néryle β -méthyle
24	15.510	0.26	Copaene
25	15.690	0.17	3,4-Nonadien-6-yne, 5-ethyl-3-methyl-
26	15.835	0.41	Cosmène
27	16.475	2.89	Caryophyllene
28	17.075	1.75	(E)- α -Famesene
29	17.215	0.41	Humulene
30	17.371	0.36	3,4-Nonadien-6-yne, 5-ethyl-3-methyl-
31	17.596	0.13	5,6-Decadien-3-yne, 5,7-diethyl-
32	17.671	1.29	trans-Verbenyl isovalerate
33	17.741	6.34	Germacrene D
34	17.811	0.66	1,3,8-p-Menthatriene
35	17.846	0.69	1,3,3-Trimethyl-2-hydroxymethyl-3,3-dimethyl-4-(3-
36	17.956	0.38	2-Tridecanone
37	18.041	0.41	Valencen
38	18.136	10.19	Farnesene
39	18.226	0.28	Bisabolene

40	18.311	2.15	γ -Bisabolene
41	18.451	0.38	δ -cadinène
42	18.556	0.61	β -sesquiphellanderène
43	18.871	0.22	Fenchene
44	18.981	0.64	1-Methylene-2b-hydroxymethyl-3,3-dimethyl-4b-(3-méthylbut-2-ényl)-cyclohexane
45	19.471	0.79	Perilla alcohol angelate
46	19.781	4.32	5,10-Pentadecadiyn-1-ol
47	19.982	1.01	Photocitral A
48	20.267	0.31	2,4,4-Trimethyl-3-hydroxymethyl-5a-(3-methyl-but-2-
49	20.327	1.27	5,10-Pentadecadiyn-1-ol
50	20.782	0.62	Benzene, 1-(diméthoxyméthyl)-4-méthyl-
51	20.912	0.29	Dihydro-cis-à-copaene-8-ol
52	21.137	0.55	10-épijunénol
53	21.352	0.89	3,4-Nonadien-6-yne, 5-ethyl-3-méthyl-
54	21.412	0.12	Benzaldehyde, 4-hydroxy-
55	21.522	0.15	Cyclobutaneacetonitrile, 1-méthyl-2-(1-méthylethylidene)-
56	21.797	0.30	Copaen-15-ol
57	21.887	0.23	Nonane
58	22.903	0.44	5,10-Pentadecadiyn-1-ol
59	23.808	0.63	1,6-Dioxaspiro[4.4]nona-2,8-diene, 7-(2,4-
60	24.283	3.57	Neophytadiene
61	24.378	0.61	Hexahydrofarnésyl acétone
62	24.668	2.87	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-méthylpropyl) ester
63	25.059	2.92	1,6-Dioxaspiro[4.4]non-3-ene, 2-(2,4-hexadiynylidene)-
64	25.619	0.19	3-Méthyl-2-(3,7,11-triméthyl-dodécyl) furan
65	25.769	0.25	Hexadecanoic acid, méthyl ester
66	28.285	1.08	1-Hexadecanol
67	28.485	0.62	α -linoléate de méthyle
68	28.655	4.88	Phytol
69	28.810	0.33	1-Oxaspiro[2.5]oct-5-ene, 8,8-diméthyl-4-méthylene-
<hr/>			
	15.96		Monoterpènes hydrocarbonés
	23.61		Monoterpènes oxygénés
	25.67		Sesquiterpènes hydrocarbonés
	10.92		Sesquiterpènes oxygénés
	3.57		Diterpènes hydrocarbonés
	5.07		Diterpènes oxygénés
	10.59		D'autres composés
	95.39		Total identifié (%)

Au Maroc, l'analyse des huiles essentielles de la partie aérienne de *C. coronarium* obtenues par hydrodistillation a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie en phase gazeuse masse (GC/MS). Les résultats ont montré que l'huile essentielle de *C. coronarium* se caractérise par la présence du chrysanthénone (17.02%), du

camphre (15.38%), et du pulégone (20.68%) (Ainane *et al.*, 2021). Le profil chimique de notre huile est diffère de ceux rapportés précédemment. En effet, Hosni *et al.* (2013) qui ont étudié l'espèce tunisienne, ont trouvé que l'acétate de cis-chrysanthényle (21.82%), l'acétate de trans-chrysanthényle (12.78%), l'acétate de trans-chrysanthényle ce sont des éléments importants accompagnés de (E)- β -farnésène (8.97%), du germacrène D (8.92 %) et du camphre (6.03 %).

Néanmoins, le principal composant huileux de *C. coronarium* de Jordanie s'est avéré être le camphre (17,5%) suivie par le triène de santoline (4,3%), le néoiso-3-thujanol (5,6%), l'acétate de cis-chrysanthényle (10,8%), perilla aldéhyde (11,7%), l'isoitalicène (4,7%) et le butanoate de phénylpropyle (4,9%) (Tawaha et Hudaib, 2010). En Chypre, les huiles des parties aériennes de chrysanthème à couronne ont contenues par teneurs élevées en santolinatriène, alcool de yomogi, camphre, acétate de cis-chrysanthényle et acétate de bornyle (Polatoğlu *et al.*, 2017).

D'autre part, Basta *et al.* (2007) ont étudié la composition chimique des capitules de deux localités en Grèce. Là où les échantillons de Diminio se caractérisent par la présence d'acétate de trans-chrysanthényle (13.2%), d'isovalérate de trans chrysanthényle (10.2%) et d'acétate de cis-chrysanthényle (9.9%), ceux de Porto Raffi sont riches en acétate de trans-chrysanthényle (7.8%), l'acétate de cis-chrysanthényle (9.1%) et le camphre (15.7%). Cependant, l'espèce originaire de Corée du Sud contient principalement du myrcène (31,9%), -bisabolol (16.5%), du (E, E)-farnésène (11%) et du (E) -farnésène (8.4%) comme substances importantes (Zheng *et al.*, 2004). Sebastien *et al.* (2006) ont indiqué que le camphre (25.1–38.5), l'acétate de cis chrysanthényle (12.5–25.9), l'acétate de bornyle (10.7–13.8) et l'acétate du p-mentha-8-en-2ol (7.5–9.5) ont été les éléments essentiels des huiles de *C. couronarium* du Chili.

La différence de composition observée entre les huiles essentielles des plantes étudiées et celles rapportées par d'autres auteurs est probablement liée à des paramètres intrinsèques dont l'espèce, le chémotype/génotype, les structures génétiques, l'organogenèse et les stades de croissance (Ghasemi Pirbalouti *et al.*, 2017). D'autres facteurs qui peuvent influencer la composition chimique des huiles sont la variation géographique (Sanli et Karadogan, 2017), les paramètres de la plante (par exemple, les espèces, les plantes cultivées ou sauvages), les paramètres de récolte et de post-récolte/prédistillation (par exemple, la saison de récolte, le prétraitement de la biomasse et le stockage), les conditions des matières végétales d'origine, les conditions de production, les conditions de stockage, la durée de stockage des huiles

essentielles, l'âge de l'huile essentielle, le vieillissement par exposition à l'oxygène et à la lumière ultraviolette et paramètres analytiques (De Groot et Schmidt, 2016).

III.3.6.3 Composition chimique de l'extrait méthanolique d'*U. membranacea*

L'analyse chimique de l'extrait méthanolique de l'ortie à membranes a été réalisée par la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS).

Les résultats ont permis d'obtenir 15 composés représentant 91.53% de la composition totale de l'extrait qui est riche en phytol avec une teneur de 38.17% ainsi que d'autres constituants également présents à des teneurs appréciables tels que : acide linoléique, méthyl ester (13.75%), neophytadiene (9.68%), acide hexadecanoic, méthyl ester (6.25%), photocitral A (6.45) (Tab. 15).

Tableau 15 : Composition chimique de l'extrait méthanolique d'*U. membranacea*

N°	TR	Aire%	Composés
1	4.706	1.29	á-Phellandrene
2	6.471	1.25	Pentane, 2,2,3,3-tetramethyl-
3	10.048	2.70	Eugenol
4	12.954	1.14	Acide ethaneperoxoic, 1-cyano-1-[2-(2-phenyl-1,3-dioxolan-2-yl)ethyl]pentyl ester
5	13.069	1.54	n-Nonadecane
6	14.194	1.66	Heptadecane
7	14.229	1.14	Butane, 2-iodo-
8	15.645	9.68	Neophytadiene
9	16.090	6.45	Photocitral A
10	16.535	6.25	Methyl palmitateum ester
11	18.141	2.59	8-Dodecen-1-ol, acetate, (Z)-
12	18.196	13.75	Acide linoléique methyl palmitateum ester
13	18.291	38.17	Phytol
14	18.431	2.88	Decanoic acid, 2-methyl-
15	18.611	1.04	1,2-Pentadiene, 4-methoxy-4-methyl-
		1.29	Monoterpènes hydrocarbonés
		9.15	Monoterpènes oxygénés
		9.68	Sesquiterpènes oxygénés
		38.17	Diterpènes oxygénés
		33.24	D'autres composés
		91.53	Total identifié (%)

D'après Fiamegos *et al.* (2004), l'analyse des extraits méthanoliques d'*Urtica dioica* par la méthode de chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (GC-MS) a montré la présence de : l'acide vanillique, l'acide homovanillique, l'acide 2-hydroxycinnamique, l'acide férulique et l'acide 4-hydroxycinnamique ont été trouvés. D'autre part, la caractérisation de l'extrait méthanolique de feuilles d'ortie par la méthode de chromatographie liquide à haute performance en phase inverse (RP-HPLC), a détecté la présence de l'acide syringique, l'acide gallique et l'acide férulique.

III.3.6.4 Composition chimique de l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia*

Pour la menthe à feuilles rondes, nous avons obtenus 40 constituants qui représentent 92.28% de la composition totale de l'extrait méthanolique caractérisée essentiellement par cyclobutane acetonitrile, 1-méthyl-2-(1-méthylethényl)- (61.56%) comme composant essentiel. Tandis que, le germacrene D (3.67%), le cis-4-thujanol (3.50%), et le caryophyllene (1.78%) sont considérés comme composés minoritaires (Tab. 16).

Tableau 16 : Composition chimique de l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia*

N°	TR	Aire%	Composés
1	2.124	0.49	2-Butanone, 3-ethoxy-3-methyl-
2	3.115	0.24	1-Pentene, 2, 4,4-trimethyl-
3	3.635	0.35	Styrene
4	4.180	0.86	α -Pinene
5	4.415	0.24	Camphene
6	4.706	0.94	α -Phellandrene
7	4.771	0.30	1-Octen-3-ol
8	4.891	0.71	Myrcene
9	5.501	0.66	Limonene
10	5.546	0.84	trans- α -Ocimene
11	6.121	3.50	cis-4-Thujanol
12	6.481	0.45	1-Pentene, 2-methoxy-
13	6.571	0.68	1-Octen-3-yl-acetate
14	6.731	0.25	Benzenemethanol, α -methyl-
15	7.622	0.44	Ethanone, 1-(2-furanyl)-
16	8.737	1.14	Cyclopropane, 1,1-diethyl-
17	9.167	0.25	L-bornyl acetate
18	9.873	1.04	1-Oxaspiro[2.5]oct-5-ene, 8,8-dimethyl-4-methylene-
19	9.953	0.83	1H-Imidazole-4-methanol
20	10.038	1.05	Eugenol monoterpènes
21	10.188	61.56	Cyclobutaneacetonitrile, 1-méthyl-2-(1-méthylethényl)-
22	10.403	0.74	Copaene
23	10.523	0.44	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane

24	10.608	0.25	Octatriene, 1,3-trans-5-trans-
25	10.998	1.78	Caryophyllene
26	11.243	0.30	3-Hexanol, 2,3-dimethyl-
27	11.298	0.98	cis-muurolo-3,5-diene
28	11.453	0.32	α -Ocimene
29	11.518	1.25	cis-Muurolo-4(15),5-diene
30	11.578	0.96	1-Oxaspiro[2.5]oct-5-ene, 8,8-dimethyl-4-methylene-
31	11.785	3.67	Germacrene D
32	11.959	1.01	Phenol, 2,5-bis (1,1-dimethylethyl)-
33	12.174	0.51	δ -Cadinene
34	13.149	0.26	Cyclobutaneacetonitrile, 1-methyl-2-(1-methylethylidene)-
35	13.395	0.50	Cubenene
36	13.809	0.34	Dihydro-cis-à-copaene-8-ol
37	15.645	0.42	3-Methylene-7,11-dimethyl-1-dodecene
38	15.900	0.32	1-Butanol, 3,3-dimethyl-
39	18.066	0.23	1-Hexadecanol
40	18.291	1.18	2,2-Dimethyl-propyl 2,2-dimethyl-propanesulfinyl sulfone
<hr/>			
	66.38		Monoterpènes hydrocarbonés
	8.93		Sesquiterpènes hydrocarbonés
	6.55		Monoterpènes oxygénés
	0.34		Sesquiterpènes oxygénés
	10.08		D'autres composés
	92.28		Total identifié (%)

Ben Haj Yahia *et al.* (2019) signalent que l'acide rosmarinique, l'acide caféique, l'acide salvianolique L, l'acide isosalvianolique A et le nouvel acide salvianolique W ont été identifiés dans l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia* examinés par UHPLC. Dans une autre étude, Alharbi *et al.* (2021) ont trouvé que les deux extraits de *M. rotundifolia* et *M. pulegium* possèdent la même composition chimique avec des variations significatives de la concentration des composés identifiés tels que l'ériocitrine, l'hespéridine, la narirutine, la lutéoline, l'isorhoifoline, l'acide rosmarinique et l'acide caféique.

III.3.6.5 Composition chimique de l'extrait méthanolique de *C. coronarium*

Dix-neuf composants représentent 99.94% de la composition totale de l'extrait méthanolique de chrysanthème à couronne. Ainsi, six constituants bioactifs sont présents en forte concentration il s'agit de : phytol (18.88%), α -Farnesene (16.38%), acide dehydro-cohumulic (10.98%), neophytadiene (10.91%), silane, ethylfluorodimethyl- (9.87%), myrcene (4.45%) et germacrene D (4.01%) (Tab. 17).

Tableau 17 : Composition chimique de l'extrait méthanolique de *C. coronarium*

N°	TR	Aire %	Composés
1	4.891	4.45	Myrcene
2	5.541	1.64	Tricyclo[3.2.1.0 ^{2,4}]octane, 8-methylene-, (1 α ,2 α ,4 α ,5 α)-
3	10.998	1.35	Propane, trifluoro-
4	11.293	1.79	Famesene
5	11.758	4.01	Germacrene D
6	11.938	16.38	Farnesene
7	12.218	2.89	Sesquiphellandrene
8	12.849	1.31	Chloromethyl ethanoate
9	13.259	2.36	3-Hexanone, 4,4-dimethyl-
10	15.645	10.91	Neophytadiene
11	15.705	1.26	Cyclotrisiloxane, hexamethyl-
12	15.895	1.74	3,10-Dioxatricyclo [4.3.1.0(2,4)] dec-7-ene
13	16.085	1.67	p-Menth-3-ene, 2-isopropenyl-1-vinyl-, (1S,2R)-
14	16.535	2.47	3-Hexanol, 2,3-dimethyl-
15	18.051	9.87	Silane, ethylfluorodimethyl-
16	18.196	3.95	Linolenic acid, methyl ester
17	18.291	18.88	Phytol
18	18.446	10.98	Acide dehydro-cohumulinic
19	18.606	2.03	Thieno[2,3-b]pyridine, 5-ethyl-3-nitro-
		4.45	Monoterpènes hydrocarbonés
		26.74	Sesquiterpènes hydrocarbonés
		10.91	Diterpènes hydrocarbonés
		18.88	Diterpènes oxygénés
		38.96	D'autres composés
		99.94	Total identifié (%)

D'après Wan *et al.* (2017), les extraits éthanoliques du chrysanthème à couronne ont été analysés par une HPLC semi-préparative pour donner les composés suivants : l'acide 3-O-caféoylquinique, l'acide 5-O-caféoylquinique, l'acide 4-O-caféoylquinique, l'acide 3,4-di-O-caféoylquinique, l'acide 1,5-di-O caféoylquinique, l'acide 3,5-di-O-caféoylquinique et l'acide 4,5-di-O caféoylquinique. D'autre part, l'utilisation combinée de colonnes de gel de silice et de PTLC de couche H₂O/MeOH de l'extrait de chloroforme du *C. coronarium* a donné deux éthers d'énol de spirocétal diacétyléniques (spirokétalénoléther polyène, 4 et [7-hexa-2,4-diénylidène- 1,6 dioxaspiro[4.4]nona-2,8-dien-4-yl] acétate, 5) et une lactone sesquiterpénique (8 α acetoxy-11 β ,13dihydrokauniolide, 6 (Abdelgaleil *et al.*, 2020). Selon les

résultats obtenus par Ibrahim *et al.* (2007), la naringénine 5-O-glucoside, l'apigénine 7-O-glucoside, la lutéoline 7-O-glucoside, le kaempférol 3-O-glucoside, la quercétine 3-O-glucoside, l'apigénine, la lutéoline, le kaempférol et la quercétine et neuf dérivés de flavonoïdes ont été isolés pour la première fois à partir de l'extrait hydro-méthanolique des parties aériennes de *C. coronarium*.

III.3.5.7 Composition chimique de l'extrait fermenté d'*U. membranacea*

Dans les conditions expérimentales choisies lors de l'étude la composition chimique, le para-crésol a représenté la composition totale de l'extrait fermenté de l'ortie douteuse (Tab. 18).

Tableau 18 : Composition chimique de l'extrait fermenté d'*U. membranacea*

N°	TR	Aire %	Composés
1	8.517	100.0	para-crésol

Le p-crésol (4-méthylphénol) est un métabolite du menthofurane, et l'un des métabolites de la R-(+)-pulgéone, qui se trouve dans les extraits des plantes de *Mentha pulegium* et de *Hedeoma pulegioides*, communément appelées huile de pennyroyal et thé pennyroyal (Vanholder *et al.*, 1999). Chez les bactéries, le p-crésol est un composé antimicrobien produit par la bactérie *Clostridium difficile* par la fermentation de la tyrosine (4-hydroxyphénylalanine) via l'intermédiaire acide parahydroxy phénylacétique (Dawson *et al.*, 2011).

Le p-crésol inhibe sélectivement la croissance des bactéries Gram-négatives de la classe des gammaprotéobactéries, y compris *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis* et *Klebsiella oxytoca*, tandis que les espèces Gram-positives telles que *Lactobacillus fermentum*, *Enterococcus faecium* et *Bifidobacterium adoscelentis* sont nettement plus tolérantes à p-crésol (Passmore *et al.*, 2018).

Pour les purins de la menthe et le chrysanthème aucun pic exploitable n'a été enregistré dans les mêmes conditions expérimentales.

III.3.6 Principaux composants et leurs indications

Les principaux composants des extraits et des huiles essentielles analysés par la GC-MS et leurs indications sont représentés dans le tableau 19.

Tableau 19: Quelques principaux composants et leurs indications

Composants	Familles chimiques	Espèces végétales	Indications
Phytol	Ditépenoïde	<i>Salvia splendens</i> (Methew et Thoppil, 2011) et <i>Bemisia tabaci</i> (Cruz-Estrada <i>et al.</i> , 2013).	Effets anxiolytiques, modulateurs du métabolisme, cytotoxiques, antioxydants, inducteurs d'autophagie et d'apoptose, antinociceptifs, anti-inflammatoires, immuno-modulateurs et antimicrobiens (Ghaneian <i>et al.</i> , 2015 ; Islam <i>et al.</i> , 2018). Potentiel cytotoxique contre certaines lignées cellulaires cancéreuses : leucémie, sein, prostate et poumons (Pejin <i>et al.</i> , 2014 ; Thakor <i>et al.</i> , 2016 ; Gliszczyńska <i>et al.</i> , 2017). Activités insecticides contre <i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Musca domestica</i> (Chauhan, 2015), <i>Bemisia tabaci</i> (Cruz-Estrada <i>et al.</i> , 2013) et <i>Aedes albopictus</i> (Methew et Thoppil, 2011).
Mycène	Monoterpène	<i>Eucalyptus globulus</i> (Chandel <i>et al.</i> , 2021), <i>Phellodendron amurense</i> (Wen-Bing et Zhang, 2016), <i>Asphodelus microcarpus</i> (Zellagui <i>et al.</i> , 2013) et <i>M. rotundifolia</i> (Lorenzo <i>et al.</i> , 2002).	Activités anti-ulcéreuses et inhibiteur des ulcères gastriques et duodénaux (Bonamin <i>et al.</i> , 2014), activités insecticides et effet anti-appétant (Chandel <i>et al.</i> , 2021).
Eugenol	Phénylpropanoïde	<i>Eugenia caryophyllata</i> (Nejad <i>et al.</i> , 2017) et	Ingrédient fonctionnel de nombreux produits pharmaceutiques, industrie alimentaire et cosmétique,

		<i>Syzygium aromaticum</i> (Marchese <i>et al.</i> , 2017).	activités antimicrobiennes, anti-inflammatoires, analgésiques et antioxydantes (Nejad <i>et al.</i> , 2017), antibactériennes et antifongiques (Marchese <i>et al.</i> , 2017).
Caryophyllene	Sesquiterpène	<i>Dipterocarpus hasseltii</i> (Malik and Santoso, 2020), <i>Barringtonia asiatica</i> (Umaru <i>et al.</i> , 2020), <i>Liquidambar formosana</i> (Chuang <i>et al.</i> , 2018), Wormwood (Zhigzhitzhapova <i>et al.</i> , 2017), <i>Origanum vulgare</i> (Myadelets <i>et al.</i> , 2013) et <i>Bidens pilosa</i> (Deba <i>et al.</i> , 2008).	Activités anti-inflammatoires (Fonseca-Santos <i>et al.</i> , 2017 ; Francomano <i>et al.</i> , 2019 ; Di Sotto <i>et al.</i> , 2020), activités antioxydantes (Yin <i>et al.</i> , 2019), antibactériennes, antifongiques, inhibiteurs de croissance et antitumoraux (Umaru <i>et al.</i> , 2020), analgésiques (Machado <i>et al.</i> , 2018), effet insecticide (Robinson, 1983) et effet pro-apoptotique (Fidy <i>et al.</i> , 2016).
Germacrene D	Sesquiterpène	<i>Marrubium friwaldskyanum</i> (Zheljazkov <i>et al.</i> , 2022), <i>Asphodelus microcarpus</i> (Zellagui <i>et al.</i> , 2013), <i>Bursera copallifera</i> , <i>B. exselsa</i> , <i>B. mirandae</i> , <i>B. ruticola</i> and <i>B. fagaroides</i> (Noge and Becerra, 2009), <i>Commiphora holtziana</i> (Birkett <i>et al.</i> , 2008), <i>Phlomis chimerae</i> , <i>P. grandiflora</i> , <i>P. leucophracta</i> (Celik <i>et al.</i> , 2005) et <i>M. rotundifolia</i> (Lorenzo <i>et al.</i> , 2002).	Activité insecticide vis-à-vis des moustiques (Kiran et Devi, 2007), effet répulsif contre les aphides (Bruce <i>et al.</i> , 2005) et les tiques (Birkett <i>et al.</i> , 2008).
Acide palmitique, methyl ester	Acide gras	<i>Gracilaria birdiae</i> , <i>G. caudata</i> , <i>G. cerviconis</i> et <i>G. domingensis</i> (de Andrade Tomaz <i>et al.</i> , 2012).	Activités antifongiques (Abubacker et Deepalakshmi, 2013). Inhibiteur de la neuro-inflammation induite par l'arrêt

cardiaque et le dysfonctionnement mitochondrial (Wu *et al.*, 2022).

Neophytadiene	Diterpène	<i>Cardiospermum halicacabum</i> (Jeyadevi <i>et al.</i> , 2013) et <i>Ophiorrhiza rugosa</i> (Adnan <i>et al.</i> , 2019).	Activités anti-inflammatoires, antioxydantes et cardio-protectrices (Bhardwaj <i>et al.</i> , 2020).
----------------------	-----------	---	--

III.3.7 Teneurs en métaux lourds

III.3.7.1 Feuilles d'*U. membranacea*

Les résultats du dosage des métaux lourds dans les feuilles de l'ortie à membrane sont regroupés dans le tableau 20.

Tableau 20 : Résultats de la minéralisation d'*U. membranacea*

Élément	Absorbance	Concentration (ppm)
Pb	0.0089	2.9010
Cr	0.0091	0.3859
Ni	0.0130	0.1057
Cd	0.0071	0.1090
Co	0.0083	0.0361

L'analyse de l'extrait d'*U. membranacea* a montré différentes teneurs en métaux lourds. En effet, le plomb (Pb) était le métal le plus abondant avec une concentration de 2.9010ppm. Tandis que, le cadmium (Cd), le nickel (Ni) et le chrome (Cr) ont été détectés avec des faibles teneurs (Tab. 20).

Nos résultats sont proches de ceux de Popov *et al.* (2020), qui ont signalé la présence du plomb et cadmium dans les extraits d'*U. dioica* en quantités infimes. De même, les deux métaux lourds (plomb et cadmium) ont été trouvés dans les plantes d'*U. dioica* dans une analyse effectuée par Dimitrijević *et al.* (2008). Ces deux éléments sont particulièrement dangereux et toxiques car ils ont tendance à s'accumuler dans le corps humain. Une autre étude portant sur la teneur en métaux lourds des plantes sauvages a montré que l'ortie possède une forte affinité envers les métaux (Goletic, 2013).

Cette plante peut être utilisée comme éliminateur naturel d'éléments polluants dans les sols et les eaux souterraines, ce qui représente l'un des principaux enjeux actuels dans le domaine de la protection de l'environnement. Outre le rôle de neutralisant, la plante elle-même peut être utilisée comme indicateur de la présence d'éléments dans une zone particulière par analyse directe des racines et des feuilles de la plante, ou comme dans ce cas particulier, par la préparation des extraits (Popov *et al.*, 2020). Si l'on récolte des orties en pleine nature il y a des lieux qu'il faut éviter. Comme elle fixe les métaux lourds, les pesticides et les nitrates il conviendra d'éviter le bord des routes ou chemins forestiers, les décharges ou encore les terrains récemment traités (Delville, 2013).

III.3.7.2 Feuilles de *M. rotundifolia*

Les résultats du dosage des métaux lourds dans les feuilles de l'ortie à membrane sont regroupés dans le tableau 21.

Tableau 21 : Résultats de la minéralisation de *M. rotundifolia*

Élément	Absorbance	Concentration (ppm)
Pb	0.0440	12.1240
Cr	0.0023	0.0975
Ni	0.0211	0.1716
Cd	0.0073	0.0148
Co	0.0036	0.0156

La mortalité était directement liée aux doses ; elle a augmenté au fur et mesure que les doses de l'huile augmentent en fonction du temps. Nous avons enregistré des taux de mortalités larvaires comprises entre 7.01 et 38.58% 24h après l'application du traitement. Alors que dernier jour d'observation des taux de mortalités obtenus varient entre 65.51 et 86.20%.

Tous les métaux lourds mesurés (Cr, Ni, Cd et Co) à l'exception du Pb, ont été retenus dans les feuilles de *M. rotundifolia* à des faibles concentrations (0.0975 ; 0.1716 ; 0.0148 et 0.0156ppm) (Tab. 21). La concentration de Pb a dépassé la valeur maximale autorisée par l'organisation mondiale de la santé (OMS) (10ppm).

Le plomb est un contaminant très courant dans les eaux usées industrielles utilisé dans de nombreuses applications industrielles telles que la fabrication de batteries, de pigments pour la peinture, de matériaux photographiques, l'industrie automobile, etc. (Igbal et Edyvean, 2004). En agriculture, le Pb limite la productivité des cultures (Yin *et al.*, 2019) et peut augmenter la production d'espèces réactives de l'oxygène induisant le stress oxydatif chez les plantes (Nigam *et al.*, 2019).

III.3.7.3 Feuilles de *C. coronaium*

Les résultats du dosage des métaux lourds dans les feuilles de chrysanthème à couronne sont regroupés dans le tableau 22.

Tableau 22 : Résultats de la minéralisation de *C. coronaium*

Élément	Absorbance	Concentration (ppm)
---------	------------	---------------------

Pb	0.0035	1.2082
Cr	0.0108	0.4580
Ni	0.0120	0.0976
Cd	0.0067	0.1083
Co	0.0075	0.0326

D'après les résultats de l'analyse des métaux lourds, le Pb et le Cr et le Cd, ont été détectés à faible concentration respectivement, 1.2082ppm, 0.4580ppm et 0.1083ppm (Tab. 22). Par ailleurs, le Co et le Ni ont été présent en trace dans l'extrait de chrysanthème à couronne. La tolérance du chrysanthème aux métaux lourds a également été observée lorsqu'elles étaient cultivées dans un mélange de résidus du sol contenant de fortes concentrations de métaux disponibles (González-Chávez *et al.*, 2013).

Les métaux lourds sont des polluants environnementaux qui affectent l'intégrité et la distribution des organismes vivants dans l'écosystème ainsi que les humains tout au long de la chaîne alimentaire (Ghoniem *et al.*, 2020). Concernant nos échantillons, l'analyse a bien indiqué la présence de certains métaux lourds. Toutefois, les concentrations du Pb, Cd, Cr et Co dans les feuilles de l'ortie et chrysanthème restent inférieures aux limites maximales (10 ppm pour le plomb, 0.3 ppm pour le cadmium et de 2 ppm pour le chrome) autorisées par l'OMS dans le matériel végétal brut sur la base d'une revue des réglementations en vigueur dans différents pays (OMS, 2007).

De plus, la majorité d'entre eux n'a pas été détectée, ce qui suggère que les plantes étudiées (l'ortie et le chrysanthème) ne présentent pas de toxicité ni pour elle-même ni pour l'être humain, et que les niveaux des métaux lourds présents rentrent dans les normes permises pour les herbes médicinales consommables.

Les métaux lourds sont rarement présents dans les plantes à des concentrations suffisamment élevées pour constituer un risque d'intoxication aiguë. Il est nécessaire de déterminer la concentration en métaux lourds pour évaluer l'effet nocif de l'utilisation de certaines plantes dans l'alimentation. D'autre part, il est important de savoir quelles espèces végétales peuvent potentiellement être utilisées en phytoremédiation pour éliminer les métaux de l'espèce végétale et de la capacité de développement et d'absorption de son système racinaire mais aussi des facteurs environnementaux tels que la température et les propriétés du sol incluant sa nature, le pH, l'aération, l'humidité et la disponibilité des éléments (Rattan *et al.*, 2005). Ceci pourrait justifier les différences relatées lors de la comparaison entre nos résultats et ceux obtenus par les travaux suscités.

III.4 Conclusion partielle

L'extraction est la principale étape de la récupération de composés phytochimiques à partir de matières végétales. L'efficacité de l'extraction dépend de la nature chimique des composés phytochimiques, de la méthode d'extraction utilisée, de la taille des particules dans l'échantillon et du solvant utilisé.

L'extraction par hydrodistillation des huiles essentielles de *C. couonarium* et *M. rotundifolia* a donné des rendements respectifs de 0.20 et 0.70%. Tandis que, l'extraction par Soxhlet des extraits méthanoliques des feuilles sèches l'ortie douteuse, chrysanthème à couronne et la menthe à feuilles rondes a donné des rendements de 55 ; 35 et 26%, respectivement.

Le screening phytochimique a révélé la présence de différentes familles de métabolites secondaires. Il s'agit essentiellement des polyphénols totaux, des flavonoïdes, des tannins, des stérols et triterpènes, et les protéines. En effet, la composition chimique des extraits varie selon les solvants et les espèces.

Les résultats des dosages montrent une grande variabilité du taux des polyphénols, des flavonoïdes et des tanins non seulement dans les extraits issus des différentes plantes, mais aussi des différences très significatives par comparaison aux teneurs obtenues dans la même espèce par les deux solvants.

Incités par ces résultats, nous avons décidé d'étudier leur composition chimique pour mieux comprendre les composants spécifiques du mélange des composés bioactifs.

L'analyse des extraits et huiles essentielles a également mis en évidence la spécificité régionale des principaux composants caractérisés par la présence de deux composants majeurs : cyclobutane acétonitrile, 1-méthyl-2-(1 méthyléthényl)- et p-menthane dans l'huile de la menthe à feuilles rondes, jamais décrit comme composés majoritaires dans les huiles essentielles des espèces de menthe d'origines diverses.

La présence de divers composés bioactifs confirme l'application de ces plantes pour diverses activités et divers domaines. Cependant, l'isolement de constituants phytochimiques peut permettre de trouver de nouveaux produits.

Dans les feuilles des deux plantes l'ortie et le chrysanthème, les concentrations en métaux restent inférieures aux limites maximales autorisées par l'OMS.

Chapitre IV
Évaluation de l'activité
insecticide des extraits des
plantes médicinales

IV.1 Introduction

Tuta absoluta est l'un des insectes ravageurs les plus destructeurs de la tomate (Zhang *et al.*, 2020 ; Erasmus *et al.*, 2021 ; Bakheit *et al.*, 2022). La majorité des agriculteurs réagissent aux infestations en appliquant des insecticides chimiques (Srinivasan *et al.*, 2019 ; Tarusikirwa *et al.*, 2020 ; Langa *et al.*, 2021). Cependant, cette méthode de lutte est coûteuse et parfois non efficace en raison de la résistance signalée en compagnie de ses effets néfastes potentiels sur l'environnement et la santé humaine ainsi que des effets secondaires sur les ennemis naturels (Ali *et al.*, 2020 ; Krache *et al.*, 2022 ; Sayed *et al.*, 2022). Pour atténuer cela, des alternatives d'origine naturelle doivent être mises en place comme l'utilisation des biopesticides (Titouhi *et al.*, 2017 ; Tarusikirwa *et al.*, 2020 ; Banaras *et al.*, 2020, 2021 ; Javed *et al.*, 2021).

Les biopesticides à base d'entomopathogènes et de produits botaniques représentent d'importantes options de lutte antiparasitaire destinées aux agriculteurs afin de contrôler les populations de *T. absoluta*, en particulier dans le système agrobiologique (Amizadeh *et al.*, 2015 ; Abd El - Ghanny *et al.*, 2018). L'utilisation des composés actifs d'origine végétale reste une approche plus écologique que les insecticides de synthèse. Les plantes médicinales restent une option viable pour un contrôle durable de *T. absoluta*. En effet, ils sont largement disponibles, faciles à appliquer et peu coûteux (Tarusikirwa *et al.*, 2020).

De nombreuses plantes médicinales de différentes familles ont été utilisées comme pesticides botaniques en raison de leur efficacité dans la lutte contre les ravageurs telles que : Le genévrier de phénicie (*Juniperus phoenicea*), la marjolaine (*Origanum majorana*), l'origan grec (*Origanum vulgare* ssp.), le laurier vrai (*Laurus nobilis*), le port leucate (*Echinophora spinosa*), le citronnier (*Citrus limon*) (Papanikolaou *et al.*, 2022). La menthe poivrée (*Mentha piperita*), la menthe à feuilles longues (*Mentha longifolia*), la sauge officinale (*Salvia officinalis*) et le romarin (*Salvia rosmarinus*) (Sayed *et al.*, 2022). Le basilic (*Ocimum basilicum*), la nigelle cultivée (*Nigella sativa*) et la lavande officinale (*Lavandula angustifolia*) (Al-Harbi *et al.*, 2021).

Nous passons ici en revue la gestion biologique de *T. absoluta* avec une référence particulière au contrôle à l'aide des bio-insecticides à base de plantes.

L'objectif principal de cette étude préliminaire consiste à évaluer *in-vitro* la toxicité des différents extraits végétaux et huiles essentielles vis-à-vis de *T. absoluta*, en sélectionnant trois plantes poussant spontanément dans la région de Mostaganem dont : *Urtica membranacea*, *Mentha rotundifolia* et *Chrysanthemum coronarium* à valoriser comme

bioinsecticides riches en substances bioactives. Les bio-essais sont menés au laboratoire d'entomologie de l'Université de Mostaganem.

IV.2 Matériel et méthodes

IV.2.1 Provenance des larves de *T. absoluta*

Des échantillons de feuilles de tomate infestées par *T. absoluta* ont été récoltés à plusieurs reprises au niveau de la ferme expérimentale de l'Université de Mostaganem. Ensuite, ils ont été acheminés au laboratoire pour le prélèvement des différents stades biologiques de *T. absoluta* (L₁, L₂, L₃, L₄) pour les utiliser aux tests *in vitro*.

IV.2.2 Insecticides botaniques testés

Une étude *in vitro* a été menée pour évaluer l'activité insecticide des extraits des feuilles de trois plantes médicinales préparés par trois méthodes d'extraction selon un protocole décrit précédemment à savoir : l'ortie à membranes, la menthe à feuilles rondes et le chrysanthème à couronne.

IV.2.2.1 Préparation des concentrations à appliquer

À partir des extraits bruts de chaque plantes des concentrations ont été préparées. Il a été opté, dans nos essais, l'utilisation de six concentrations de chaque extrait méthanolique et purin (5, 10, 15, 20, 25 et 30%) et cinq concentrations de chaque huile essentielle diluée dans l'acétone à 10% avec trois répétitions (10, 20, 30, 40 et 50µl/ml). Toutes les concentrations préparées ont été additionnée de tween 20.

IV.2.3 Conduite des tests biologiques

Pour réaliser les bio-essais, les larves prélevées sont mises en fonction de leurs stades dans des boîtes de Petri contenant des folioles fraîches de tomate comme support alimentaire et d'une couche de papier absorbant imbibé d'eau distillée.

Le traitement des larves a été effectué par pulvérisation de l'extrait en forme d'un jet sur les larves ; en les rassemblant pour éviter la perte du produit.

Les larves témoins ont été maintenues dans les mêmes conditions sans aucun extrait. L'acétone (10%) et l'eau distillée ont été utilisées pour les groupes témoins positif et négatif respectivement.

Les couvercles des boîtes ont été confectionnés de manière à permettre l'aération par la présence d'un tulle à maille fine pour éviter l'asphyxie et la sortie des larves.

Les boîtes contenant les larves sont soumises aux conditions ambiantes de laboratoire. Les folioles de tomate sont renouvelées chaque fois que c'est nécessaire.

Le nombre des larves mortes dans chaque boîte de Petri a été quantifié chaque 24 heures jusqu'à la fin de la période d'exposition de 07 jours.

IV.2.3.1 Dispositif expérimental

Dans chaque boîte, cinq larves de *T. absoluta* (du même stade) ont été déposées délicatement sur foliole. Le dispositif expérimental mis en place comprend quatre (04) lots, soit un lot par stade larvaire, 24 boîtes de Petri pour chacun (18 boîtes pour l'application du traitement et 06 pour les témoins) (Fig. 37).

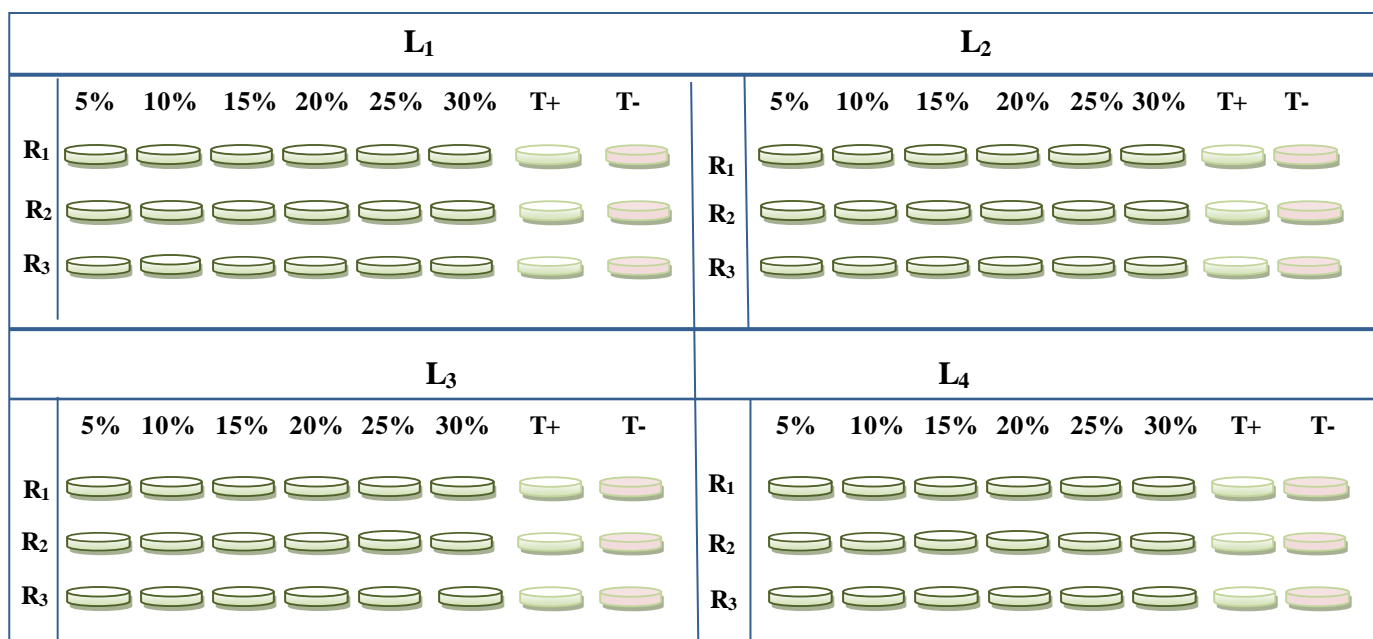


Figure 37 : Dispositif expérimental des tests d'efficacité des bioinsecticides sur les populations larvaire de *T. absoluta* au laboratoire (Originale)

(L₁ : Larve du 1^{er} stade, L₂ : Larve du 2^{ème} stade, L₃ : Larve du 3^{ème} stade ; L₄ : Larve du 4^{ème} stade
R₁ : La première répétition, R₂ : La deuxième répétition, R₃ : La troisième répétition)

IV.2.4 Mortalité corrigée

Afin d'évaluer l'efficacité des bioinsecticides sur les larves de *T. absoluta*, la mortalité corrigée a été calculée selon la formule d'Abbott (1925) :

$$MC = (M_0 - M_t) / (100 - M_t) \times 100$$

- MC : Mortalité corrigée ;
- M_0 : Mortalités dans les boîtes traitées ;
- M_t : Mortalités dans les boîtes témoins.

IV.2.5 Détermination des doses létales 50 et 90

Les doses létales d'un composé qui provoquent une mortalité de 50% et 90% dans une population d'insectes mise en expérience. C'est-à-dire ayant reçu une administration unique d'un produit dans des conditions expérimentales bien définies. Cette détermination est fondée sur l'évaluation des réponses de tout ou rien : mort ou survie des insectes. L'efficacité d'un produit toxique se mesure par sa DL_{50} et DL_{90} qui représentent les quantités des substances toxiques entraînant la mort de 50% et 90% d'individus du même lot respectivement. Elles sont déduites à partir du tracé de régression des mortalités corrigées. Elles sont calculées par la méthode de Probits (Finney, 1971).

IV.2.6 Traitement statistique

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) pour évaluer les effets du traitement, suivie d'une comparaison de moyennes selon le test de Tukey pour comparer les moyennes de traitement à $P \leq 0.05$ par le logiciel statistique R 4.2.1.

IV.3 Résultats et discussion

IV.3.1 Activité insecticide des huiles essentielles sur *T. absoluta*

IV.3.1.1 Effet biocide de l'huile essentielle de *M. rotundifolia*

Les résultats de mortalité des larves de *T. absoluta* soumises au traitement biologique par les huiles essentielles de la menthe à feuilles rondes pendant une semaine, en fonction des différentes doses testées, sont illustrés dans la figure 38.

L'huile essentielle de *M. rotundifolia* a été toxique pour les larves de *T. absoluta*. La mortalité était directement liée aux doses ; elle a augmenté au fur et mesure que les doses de l'huile augmentent en fonction du temps dans des conditions optimales de température de $25.5\pm 3^{\circ}\text{C}$ et d'humidité relative de $53\pm 8\%$. En effet, des mortalités larvaires comprises entre 7.01 et 38.58% ont été obtenues 24h après l'application (Fig. 38).

Après 4 jours, les différentes concentrations de l'huile de la menthe ont montré des taux de mortalités variant entre 46.15 et 84.8%.

Au septième jour de l'expérimentation, à la concentration la plus élevée ($50\mu\text{l/ml}$), l'huile de menthe a atteint 86.20% de mortalité. Tandis que, des taux de 65.51 ; 66.65 ; 82.18 et 83.32% ont été causés par les doses 10, 20, 30 et $40\mu\text{l/ml}$, respectivement (Fig. 38).

La mortalité des chenilles de *T. absoluta* par les différentes doses de l'huile de la menthe à feuilles rondes et les témoins (positif et négatif) présente une différence significative ($P < 0,001$).

D'après cette étude nous avons constaté que les stades L_1 et L_2 sont sensibles par rapport aux autres stades larvaires. En effet, il nous a été permis de noter des mortalités moyennes de 19.42 ± 0.89 ; 21.42 ± 0.75 ; 23.14 ± 0.78 ; 24.28 ± 0.69 et 26.85 ± 0.53 pour les doses respectives 10, 20, 30, 40 et $50\mu\text{l/ml}$. En ce qui concerne le 3^{ème} et 4^{ème} stade larvaire, des moyennes moins importantes 11.57 ± 0.76 ; 14.85 ± 0.66 ; 17.71 ± 0.71 ; 19.42 ± 0.68 ; 20.57 ± 0.66 ont été relevées pour les doses 10, 20, 30, 40 et $50\mu\text{l/ml}$, respectivement (Fig. 39).

Comparativement aux lots traités, une faible mortalité de tous les stades larvaires a été observée sur les lots des témoins positifs et négatifs, où des valeurs de 11 ± 0.72 et 9.14 ± 0.71 furent observées pour les 1^{er} et 2^{ème} stades et des moyennes de 8.42 ± 0.6 et 6.71 ± 0.59 ont été enregistrées pour les 3^{ème} et 4^{ème} stades, respectivement (Fig. 39).

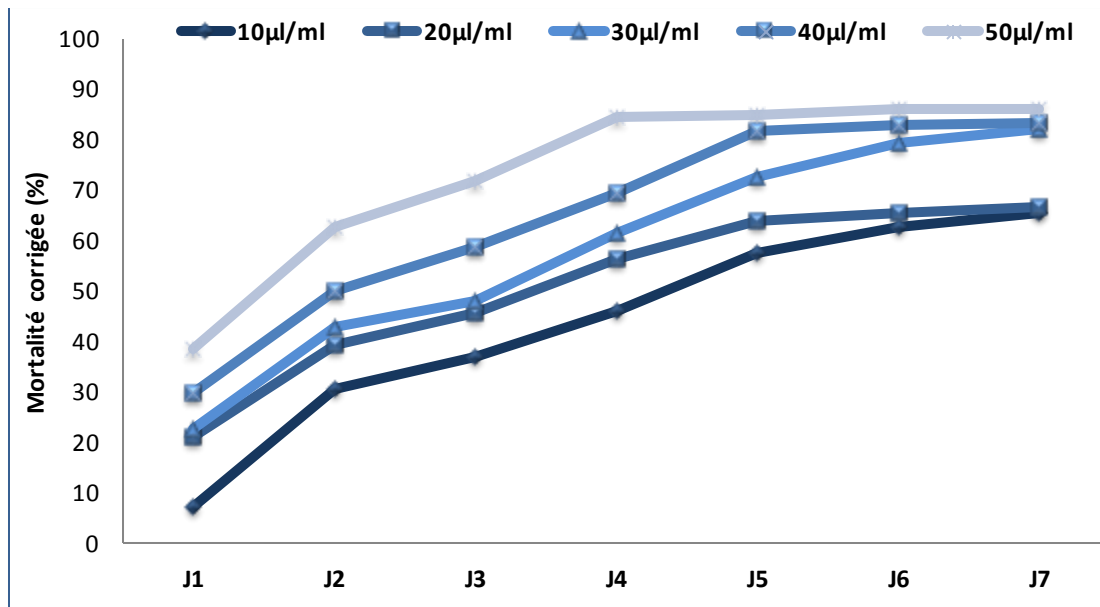


Figure 38 : Taux de mortalité corrigée de *T. absoluta* en fonction du temps et des concentrations de l'huile essentielle de *M. rotundifolia*

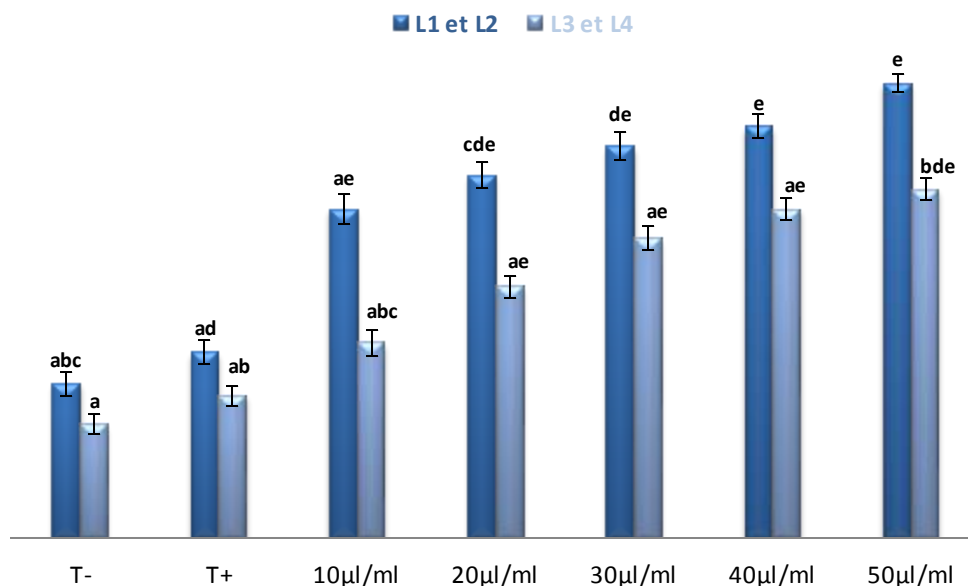


Figure 39 : Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'huile essentielle de *M. rotundifolia* sur la mortalité des larves de *T. absoluta*

IV.3.1.2 Effet biocide de l'huile essentielle de *C. coronarium*

Les résultats de toxicité d'huile essentielle du chrysanthème à couronne sur les différents stades larvaires de *T. absoluta* en fonction du temps et des concentrations sont représentés dans la figure 40.

Les larves de *T. absoluta* étaient sensibles à différentes doses de l'huile essentielle de *C. coronarium* dans des conditions optimales de température de $24 \pm 3^\circ\text{C}$ et d'une humidité relative moyenne de $51 \pm 9\%$. Les traitements ont montré une dépendance dose-temps-réponse,

entraînant une mortalité importante des larves lorsque la dose et le temps augmentent (Fig. 40). En effet, 24h après l'application de l'huile, des mortalités larvaires comprises entre 5.35 et 19.64% ont été obtenues. En revanche, des taux de mortalités de 46.5 et 65.57% ont été causés par la plus faible (10 μ l/ml) et la plus forte concentration (50 μ l/ml), respectivement quatre (04) jours après l'application du bioinsecticide.

Au septième jour de l'essai, l'huile du chrysanthème a causé 82.91% de mortalité par la plus forte concentration et 61.29% de mortalité par les deux concentrations 10 et 20 μ l/ml (Fig. 40).

L'analyse de variance menée sur la mortalité des larves en fonction des concentrations l'huile essentielle du chrysanthème à couronne et les témoins montre un résultat hautement significatif ($P < 0,001$).

Les résultats du test *in vitro* ont montré que la mortalité larvaire des stades L₁ et L₂ a été plus importante comparativement, à la mortalité des stades L₃ et L₄. Ce constat fut relevé sur toutes les doses testées et les témoins (positif et négatif). Des notifications remarquables ont été consignées sur les premiers stades (L₁ et L₂) et les derniers stades (L₃ et L₄) avec des moyennes respectives de 18.57 ± 1 et 9.28 ± 0.72 pour la dose 10 μ l/ml; et des moyennes respectives de 25 ± 0.74 et 16.57 ± 0.69 pour la dose 50 μ l/ml (Fig. 41).

De même, sur les deux témoins négatif et positif; le 3^{ème} et 4^{ème} stades larvaires ont montré une forte résistance avec des moyennes respectives de 4.71 ± 0.47 et 6.14 ± 0.54 (Fig.41).

Il est important de noter qu'il existe une relation étroite entre la dose et l'âge des larves. Les larves âgées sont donc généralement nettement plus résistantes. Plus la larve est âgée plus la dose doit être importante.

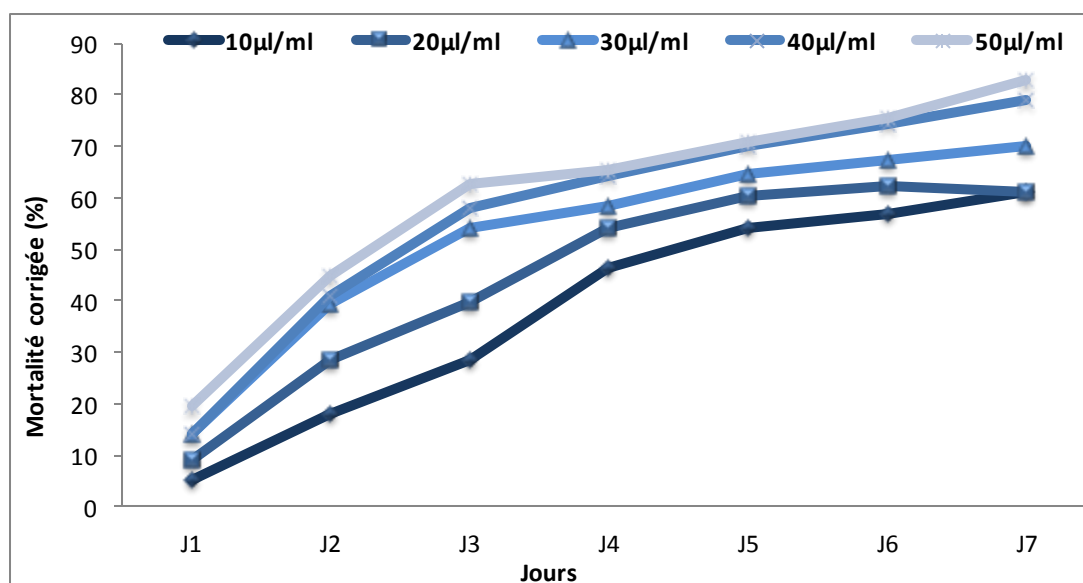


Figure 40 : Taux de mortalité corrigée de *T. absoluta* traitée par l'huile essentielle de *C. coronarium*

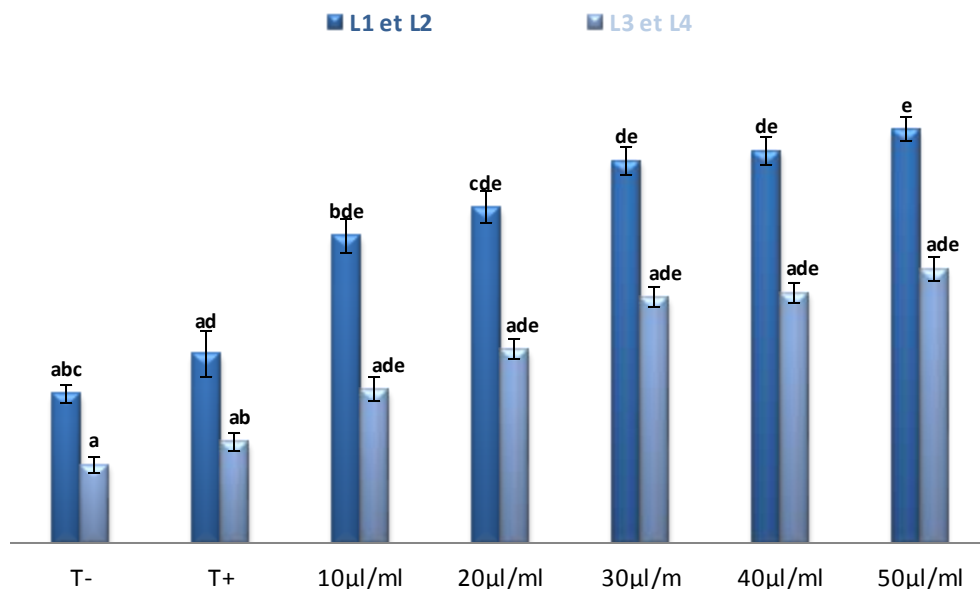


Figure 41 : Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'huile de *C. coronarium* sur la mortalité des larves de *T. absoluta*

IV.3.1.3 Analyse de variance de l'effet insecticide des huiles essentielles à l'égard les larves de *T. absoluta*

Statistiquement il n'y avait pas une différence significative ($P > 0.05$) pour le facteur dose ainsi que pour le facteur huile (Fig. 42). Les larves de *T. absoluta* ont été sensibles à la toxicité des huiles essentielles appliquées, même à la plus faible concentration (10µl/ml).

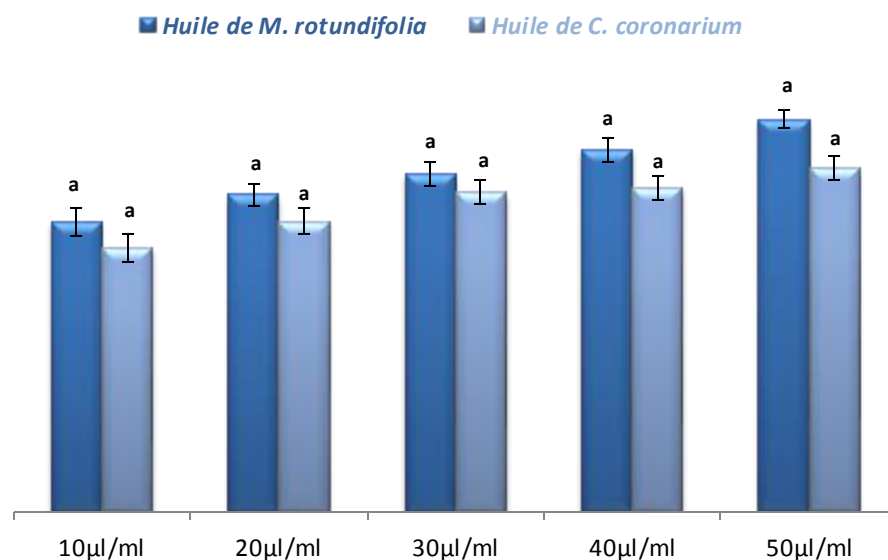


Figure 42 : Analyse de variance de l'effet des huiles essentielles de *M. rotundifolia* et de *C. coronarium* sur la mortalité des larves de *T. absoluta*

IV.3.1.4 Estimation de la DL_{50} et la DL_{90} des huiles essentielles testées sur les larves de *T. absoluta*

À partir de l'équation de la droite de régression qui correspond respectivement à la mortalité corrigée en fonction des concentrations des huiles de la menthe à feuilles rondes sur la mortalité des larves de *T. absoluta*, la DL_{50} calculée est de l'ordre de $2.88\mu\text{l/ml}$ et la DL_{90} obtenue est égale à $54.95\mu\text{l/ml}$ (Annexe 16).

En revanche, les valeurs de la LD_{50} et la LD_{90} obtenus après une exposition de sept jours pour l'huile de chrysanthème à couronne contre les larves de *T. absoluta* sont de $1.07\mu\text{l/ml}$ et $17.37\mu\text{l/ml}$, respectivement (Annexe 17).

IV.3.1.5 Discussion

Un jour après la pulvérisation des traitements, il a été noté une mortalité considérable des chenilles de la mineuse de la tomate. Par contre, la mobilité des individus vivants a été plus lente avant de s'arrêter de se nourrir. Elles finissent ensuite par se décolorer et dessèchent et meurent quelque jours après.

L'effet insecticide des huiles essentielles contre les larves de *T. absoluta* pourrait être expliqué par la présence d'une forte teneur des constituants volatils majoritaire contenu dans l'huile essentielle de la plante. Elles peuvent être également attribuées à certains constituants minoritaires ou à un effet synergique de plusieurs constituants. Isman (2020) signale que les principaux composants de plusieurs huiles essentielles botaniques qui importent leurs effets sur les insectes nuisibles comprennent les monoterpènes, les sesquiterpènes et les phénylepropanoïdes.

Des travaux ont également montré l'activité insecticide de l'huile essentielle du chrysanthème à couronne. En effet, l'application de l'huile de *C. coronarium* sur les nymphes d'un ravageur des produits stockés *Tribolium confusum* a provoqué une mortalité importante atteignant 67% après 7 jours de traitement (Haouas *et al.*, 2013). L'étude menée par Polatoğlu *et al.* (2017) a prouvé l'action insecticide de l'huile du chrysanthème sur les individus de *Sitophilus granarius*.

D'autre part, l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de certaines espèces du genre *Mentha* a été explorée par certains auteurs ; les résultats ont indiqué que l'huile essentielle de ces espèces avec une part majoritaire d'oxyde de pipériténone sont plus efficace contre les insectes nuisibles que les autres huiles essentielles (Kumar *et al.*, 2011 ; Bozovic *et al.*, 2015 ; Sánchez-Borzzone *et al.*, 2017). Les résultats obtenus dans notre étude concordent avec des travaux antérieurs qui ont mis en évidence la forte toxicité des huiles essentielles du genre

Mentha contre diverses espèces d'insectes (Kasrati *et al.*, 2015). En effet, la toxicité d'huile essentielle de *M. rotundifolia* a été testée à différentes concentrations contre des adultes du charançon du blé et du tribolium rouge de la farine. Les résultats ont montré que la mortalité était influencée par plusieurs facteurs dont l'espèce d'insecte, la durée d'exposition (Yakhlef *et al.*, 2020). En revanche, le test *in-vitro* mené par Kharoubi *et al.* (2020) a montré que l'huile essentielle présente une activité insecticide contre les larves de quatrième stade de *Culex pipiens* avec une DL₅₀ de 62,08 ppm et une DL₉₀ de 178,64 ppm après 72 heures d'exposition.

Comme pour les autres insectes nuisibles, les insecticides botaniques les plus développés pour *T. absoluta* à ce jour sont formulés avec des huiles essentielles (Soares *et al.*, 2019). Plusieurs études ont examiné les effets létaux et/ou sublétaux (par exemple, sur le comportement) des huiles essentielles ont démontré une efficacité insecticide contre la mineuse de la tomate. L'effet de l'huile essentielle d'Ajwain (*Trachyspermum ammi*) a été étudié contre les larves de quatrième stade de *T. absoluta*. L'étude comprenait l'efficacité individuelle de chaque composé et la détermination de leur efficacité synergique ou antagoniste. Selon les résultats, l'huile essentielle d'Ajwain et le thymol ont montré la toxicité la plus élevée contre les larves (Piri *et al.*, 2020).

Ngongang *et al.* (2021) dans leur part ont étudié l'effet biocide des huiles essentielles du thym (*Thymus vulgaris*) et de la citronnelle (*Cymbopogon citratus*) contre le ravageur *T. absoluta*. Les résultats ont indiqué que les deux huiles présentaient des efficacités d'élimination et d'insecticide similaires par contact direct et par fumigation. Toutes les deux ont prolongé le cycle de vie des insectes nuisibles. De plus, l'huile essentielle de bourgeons de *Syzygium aromaticum* a montré une forte toxicité insecticide vis-à-vis des larves de *T. absoluta* dans des conditions de laboratoire (Benchouikh *et al.*, 2016).

De son côté, Compolo *et al.* (2017) ont montré une bonne activité insecticide par des huiles essentielles d'agrumes avec une mortalité par contact sur les œufs et les larves de *T. absoluta*. D'autre part Zarrad *et al.* (2017) ont évalué l'activité insecticide de l'huile essentielle d'orange amère (*Citrus aurantium*) et son composant majoritaire le limonène sur les chenilles de *T. absoluta*. Après 24h d'exposition, une mortalité totale a été notée à la concentration 50µl/l d'air pour l'huile de *C. aurantium* et une mortalité de 60% a été observée pour le limonène. Ces résultats ont été confirmés par des valeurs de concentration létale. Les valeurs de la DL₅₀ et la DL₉₀ ont été respectivement de 10.65 et 21.16 µl/l d'air pour l'huile de *C. aurantium*. Alors que des valeurs de 37.36 et 74.01µl/l d'air ont été obtenues pour le limonène pur.

Les droites de régression enregistrent une forte corrélation entre la mortalité et les doses d'huiles essentielles utilisées, plus la dose augmente plus le taux de mortalité augmente. Suite à l'application de l'huile de romarin (*Rosmarinus officinalis*), l'huile de thym (*Thymus vulgaris*), l'huile de basilic (*Ocimum basilicum*) et l'huile de curcuma (*Curcuma longa*) sur des larves de *T. absoluta* ; les valeurs de la DL₅₀ ont été déterminées comme suit : 0.04 ; 0.078 ; 0.126 et 0.192%, respectivement (Sammour *et al.*, 2018). L'huile essentielle du cardamome (*Elettaria cardamomum*) a été pulvérisée sur les œufs, les larves de deuxième stade et les adultes de *T. absoluta*, les valeurs de la DL₅₀ ont été déterminées respectivement à 351.19 ; 7.88 ; 1.55 et 1.88ml (Goudarz *et al.*, 2017).

Les insecticides chimiques ont de nombreux effets nocifs, notamment en tant que résidus d'origine alimentaire et contaminants environnementaux, ainsi que des effets des métabolites secondaires sur les ennemis naturels et des risques graves pour la santé humaine. L'utilisation d'huiles essentielles d'origine végétale comme bio-agents efficaces est devenue une composante essentielle de la lutte intégrée contre les ravageurs (Sayed *et al.*, 2022). Il est recommandé aux producteurs d'utiliser des produits à base d'huiles essentielles seuls et/ou combinés avec d'autres options biorationnelles, telles que les arthropodes prédateurs et pesticides microbiens (Mansour et Biondi, 2021). Cependant, plusieurs limitations, telles que des formulations optimisées et autorisées, pour l'inclusion pratique des huiles essentielles dans les programmes de lutte intégrée se produisent toujours (Pavela et Benelli, 2016). De plus, la compatibilité des huiles essentielles avec des agents de lutte biologique efficaces doit être évaluée au cas par cas (Soares *et al.*, 2019 ; Campolo *et al.*, 2020). Ces raisons, ainsi que le coût, l'efficacité et la fiabilité, peuvent entraver l'utilisation de cette option de contrôle par les producteurs.

IV.3.2 Activité insecticide des extraits méthanoliques sur *T. absoluta*

IV.3.2.1 Effet biocide de l'extrait méthanolique d'*U. membranacea*

La figure 43 montre l'évolution des mortalités corrigée de *T. absoluta* en fonction des doses de l'extrait polyphénolique des feuilles d'*U. membranacea* et du temps dans des conditions de laboratoire de $17.5 \pm 5^\circ\text{C}$ de température et d'humidité relative de $52 \pm 10\%$.

Le test *in vitro* a montré que l'extrait d'ortie a exercé un effet larvicide sur les larves de la mineuse de la tomate qui varie selon la dose et le temps. En effet, après 24h seulement de l'application du produit, des taux de mortalités entre 3.44 et 22.41%.

Des taux de 31.25 ; 39.57 ; 40.41 ; 56.25 ; 64.57 et 76.92% ont été consignés après 96h par les concentrations respectives 05 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 et 30% (Fig. 43).

À la fin de l'essai, des taux importants de 75 ; 76.92 ; 83.33% ont été obtenus par les doses respective de 20 ; 25 et 30%. Tandis que, le pourcentage le plus faible (40%) a été causé par la concentration 5%.

La variation de pourcentage de mortalité en fonction de l'extrait méthanolique d'*U. membranacea* et les témoins sur la population larvaire de *T. absoluta* montre une différence hautement significative ($P < 0.001$), ce qui a révélé des taux assez différents entre les témoins négatifs et les boîtes traitées, et une différence légère de ces derniers vis-à-vis des témoins positifs.

À partir du traitement à la dose 30%, nous enregistrons une moyenne de 23.42 ± 0.66 notamment pour les deux premiers stades qui sont les stades les plus sensibles. Pour les deux derniers stades, une moyenne de 17.71 ± 0.86 a été observée. Les deux doses 20 et 25% ont montré une moyenne de l'ordre de 16.57 ± 0.70 pour les stades L_3 et L_4 (Fig. 44).

La mortalité chez les lots témoins est très minime. En revanche, les valeurs les plus faibles de 7.71 ± 0.55 et 6 ± 0.52 ont été enregistrées chez le témoin négatif pour les deux premiers stades (L_1 et L_2) et les deux derniers stades (L_3 et L_4), respectivement (Fig. 44).

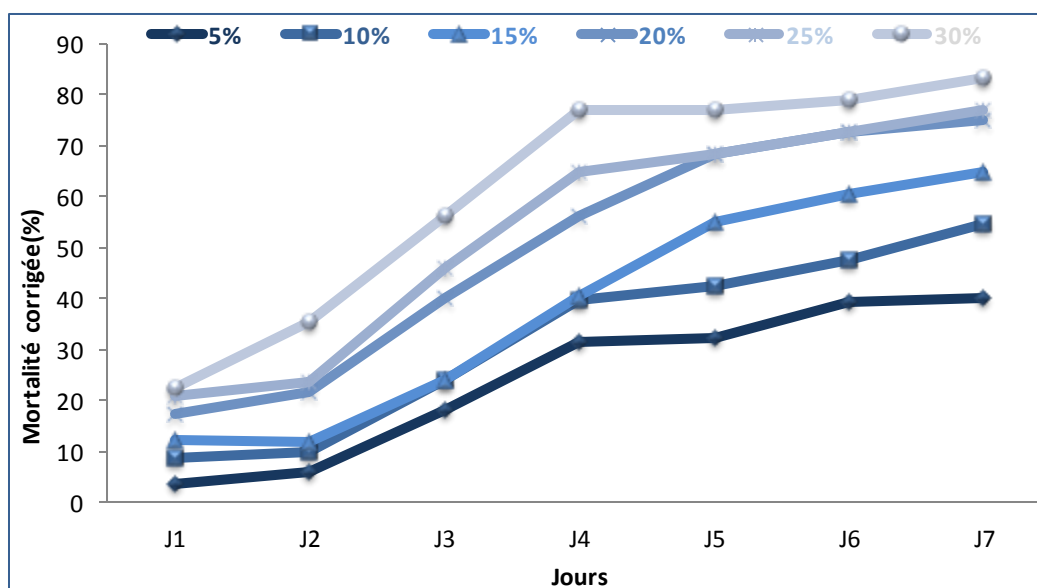


Figure 43 : Taux de mortalité corrigée de *T. absoluta* en fonction du temps et des concentrations de l'extrait méthanolique d'*U. membranacea*

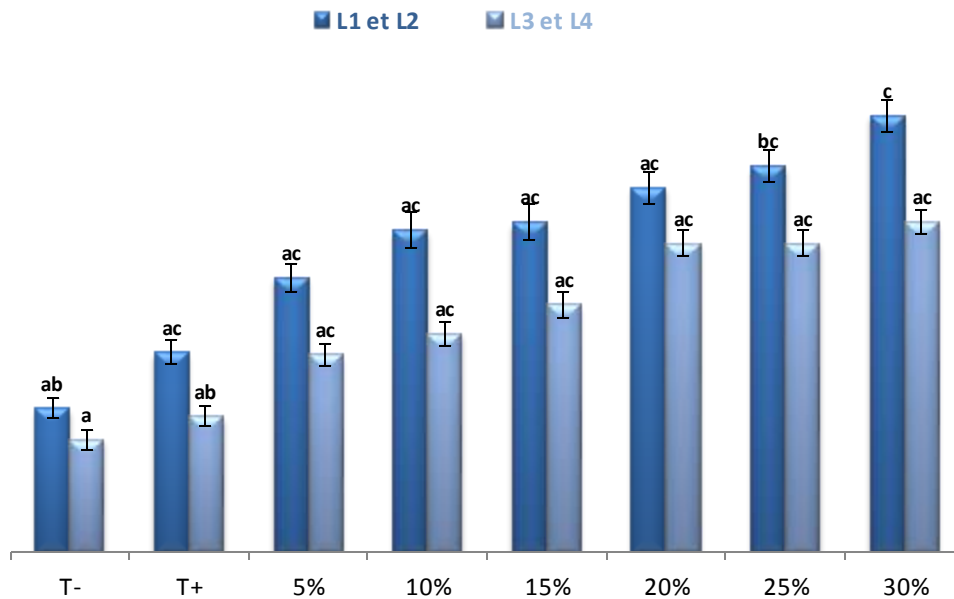


Figure 44 : Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait méthanolique d'*U. membranacea* sur la mortalité des larves de *T. absoluta*

c



Figure 45 : Larves mortes *T. absoluta* traitées à l'extrait hydroalcoolique d'*U. membranacea*

IV.3.2.2 Effet biocide de l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia*

La figure 45 illustre les taux de mortalités corrigées des larves (L₁, L₂, L₃, L₄) de la mineuse de la tomate *T. absoluta* après l'application de l'extrait méthanolique de la menthe à feuilles rondes à différentes dose dans des conditions de laboratoire de 23.5±5°C de température et humidité relative de 52±9%.

Les chenilles de *T. absoluta* ont été sensibles à l'extrait de menthe. Les traitements ont montré une dépendance de la réponse temporelle, entraînant des taux de mortalités variables lorsque la concertation et le temps augmentent.

Pour l'effet de l'évolution temporelle de la mortalité, il est remarqué que 5.35 ; 16.07 ; 19.64 ; 26.78 ; 30.36 et 32.14% des chenilles meurent au bout de 24h après l'application des

concentrations respectives 5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 et 30%. Par ailleurs, des valeurs de mortalité allant de 26 à 70.39% sont atteintes après quatre (04) jours d'exposition (Fig. 46).

Au dernier jour des observations, il a été noté une mortalité maximale de 76.74% pour la concentration 30%, alors qu'un taux de 37.49% fut enregistré pour la concentration 5% (Fig. 46).

L'analyse de la variance ANOVA appliquée sur les différentes doses de l'extrait de *M. rotundifolia* contre les quatre stades larvaires de *T. absoluta* révèle une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les doses de la même plante et les témoins.

Il a été remarqué une résistance variable des deux derniers stades (L_3 et L_4) avec des moyennes moins importantes pour toutes les concentrations et les témoins (positif et négatif) par rapport aux deux premiers stades (L_1 et L_2). Suite à l'application des doses 25 et 30%, nous enregistrons une moyenne de 17.85 notamment pour les larves des stades L_3 et L_4 (Fig. 47).

On constate que la dose 5% représente les mortalités les plus faibles (14.71vs 9.71) pour les stades L_1 et L_2 ; L_3 et L_4 , respectivement. En ce qui concerne les témoins, nous avons enregistré une faible mortalité larvaire (Fig. 47).

Le test *in vivo* a fait ressortir que les concentrations 25 et 30% ont été les plus efficaces sur tous les stades avec des taux de mortalités plus élevés comparativement aux autres concentrations et aux témoins.

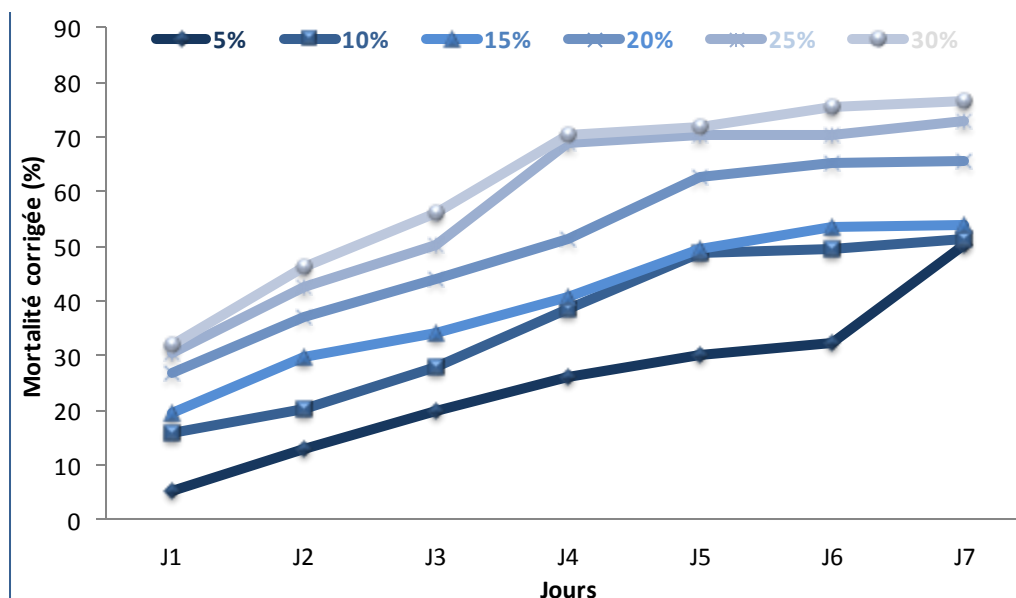


Figure 46 : Taux de mortalité corrigée de *T. absoluta* en fonction du temps et des concentrations de l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia*

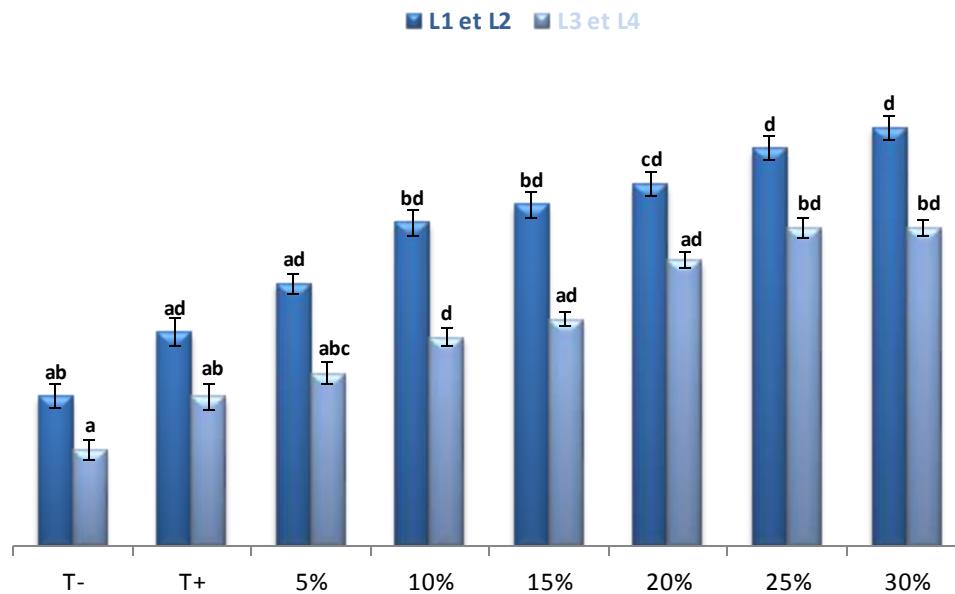


Figure 47 : Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia* sur la mortalité des larves de *T. absoluta*



Figure 48 : Larves mortes *T. absoluta* traitées par l'extrait hydroalcoolique de *M. rotundifolia*

IV.3.2.3 Effet biocide de l'extrait méthanolique de *C. coronarium*

La figure qui suit représente les taux de mortalités des chenilles de *T. absoluta* après l'application de l'extrait hydro-alcoolique de *C. coronarium* à différentes doses pendant une semaine.

On observe une variation du taux de mortalité en fonction des doses testées et du temps dans des conditions de laboratoire de $25\pm 4^{\circ}\text{C}$ et d'une humidité relative moyenne de $57\pm 8\%$. En effet, 24h après l'application du traitement, le taux de mortalité a atteint 50% pour les concentrations 25 et 30%. Alors que, les valeurs obtenues par les concentrations 5 ; 10 ; 15 et 20% ont été moins importantes avec 3.57 ; 17.85 ; 31.81 et 39.28%, respectivement. Une

amplification du taux de mortalité est notée dès le deuxième jour, pour toutes les doses à l'exception de la dose 5% où la mortalité a été estimée à 3.63% (Fig. 49).

Quatre jours après, les taux de mortalités enregistrés ont montré des proportions assez intéressantes pour les concentrations 20 ; 25 et 30%, avec des taux respectifs de 60.82 ; 64.7 et 66.66%. Suivie par la concentration 15% provoquant également un taux supérieur à 50%. Tandis que, des pourcentages de 36.66 et 13.33 ont été causé par les doses 10 et 5%, respectivement. En revanche, un maximum de 76.74% a été obtenu par la concentration 30% au dernier jour du test (Fig. 49).

L'analyse de la variance de pourcentage de mortalité temporelle en fonction des différentes doses de l'extrait du chrysanthème et les témoins sur les quatre stades larvaires de la mineuse de la tomate a montré des différences hautement significatives ($P < 0,001$). En effet, le test *in vitro* a fait ressortir que les stades larvaires L_1 et L_2 sont les plus sensibles envers toutes les concentrations en comparaison avec les autres stades.

Il nous a permis d'une part de confirmer l'effet insecticide de l'extrait hydro-méthanolique du chrysanthème à couronne sur les populations larvaires de *T. absoluta* et d'autre part de retenir les quatre doses efficaces à savoir 15 ; 20 ; 25 et 30% qui ont révélées des moyennes de 25.42 ± 0.52 ; 26.57 ± 0.46 ; 28.28 ± 0.4 et 28.85 ± 0.3 pour les jeunes larves (L_1 et L_2) et des moyennes de 15.28 ± 0.48 ; 16.14 ± 0.45 ; 16.71 ± 0.45 ; 18.14 ± 0.38 pour le troisième et quatrième stades (Fig. 50).

Les témoins négatif et positif ont notés des moyennes faibles comparativement aux boîtes traitées avec l'extrait de *C. coronarium* avec 8.28 ± 0.64 ; 5.42 ± 0.6 ; 12 ± 0.74 et 9.28 ± 0.64 , respectivement pour les deux premiers stades et les deux derniers stades (Fig. 50).

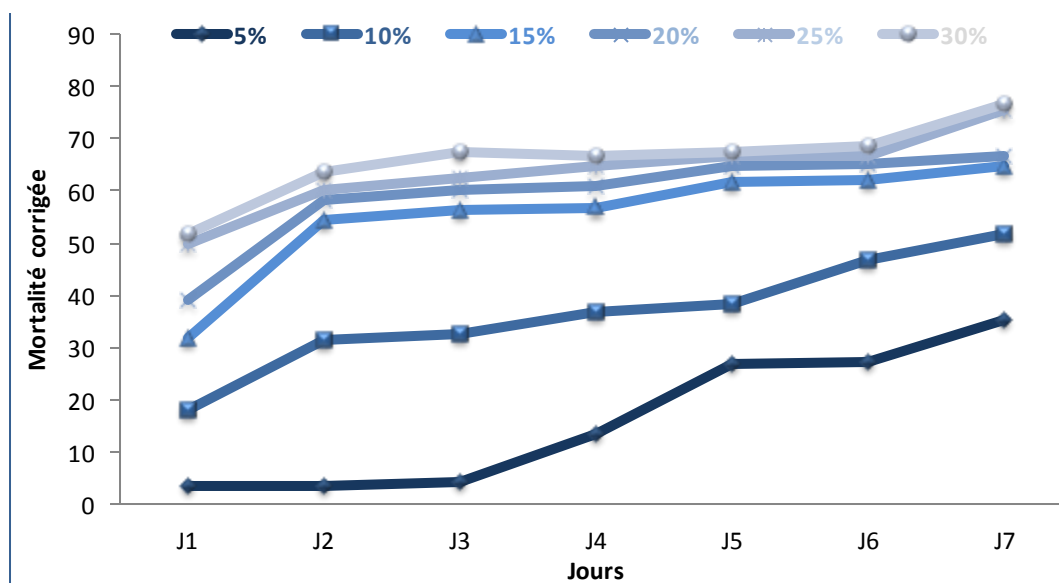


Figure 49 : Taux de mortalité corrigée de *T. absoluta* en fonction du temps et des concentrations de l'extrait méthanolique de *C. coronarium*

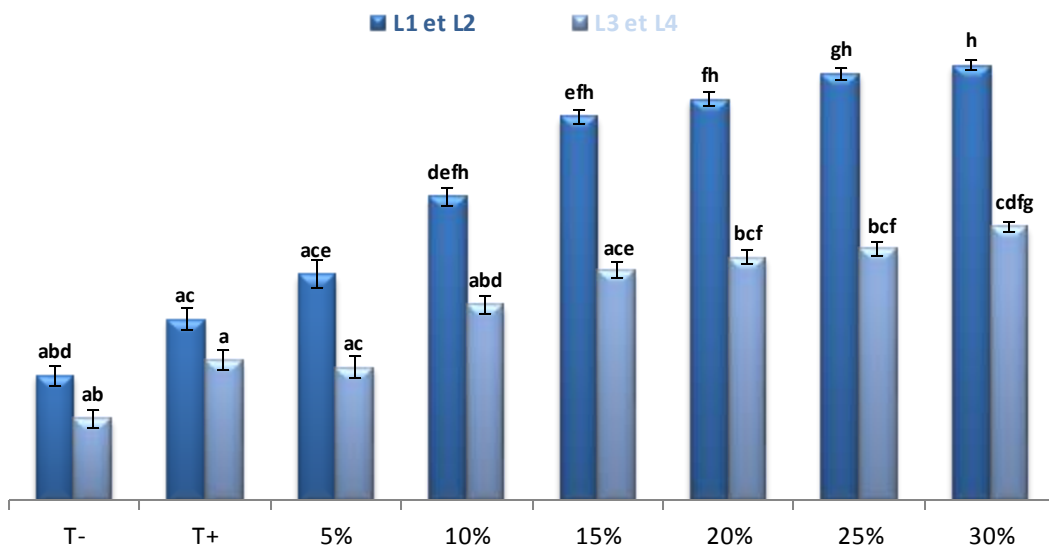


Figure 50: Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait méthanolique de *C. coronarium* sur la mortalité des larves de *T. absoluta*



Figure 51 : Larves *T. absoluta* traitées par l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium*

IV.3.2.4 Analyse de variance de l'effet insecticide des extraits hydro-alcooliques sur les larves de *T. absoluta*

Les résultats de l'analyse de variance de la toxicité des extraits méthanoliques testés sur les populations de *T. absoluta* a montré une différence significative ($P < 0,05$). L'activité de contact la plus élevée a été obtenue par l'extrait du chrysanthème et les trois doses 20 ; 25 et 30% pour les trois extraits. Tandis que, les deux doses 5% et 10% ont montré des valeurs moins importantes (Fig. 52).

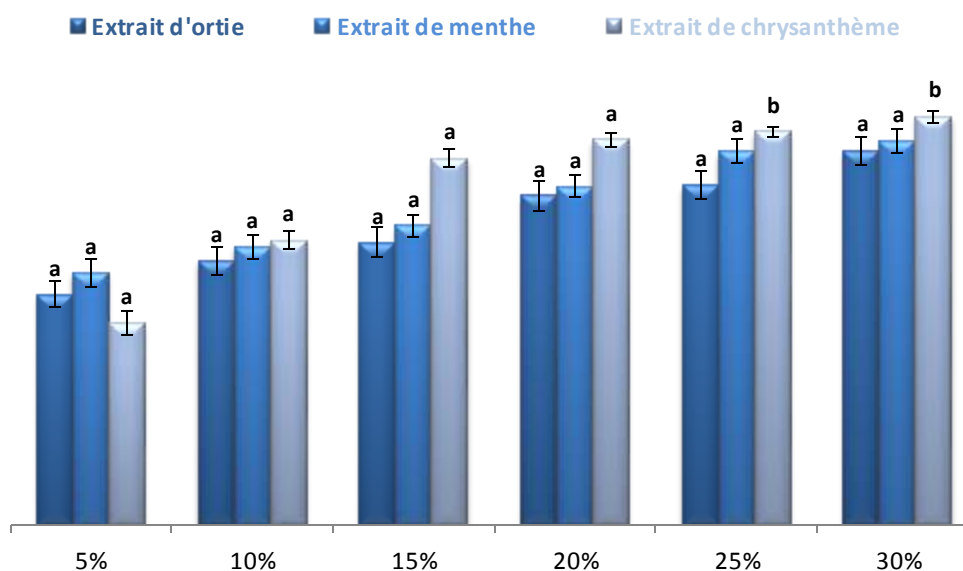


Figure 52 : Analyse de variance de l'effet de trois extraits méthanoliques sur la mortalité des larves de *T. absoluta*

IV.3.2.5 Estimation de la DL_{50} et la DL_{90} des extraits hydro-alcooliques testés sur les larves de *T. absoluta*

Après sept jours d'exposition, l'analyse des probits (Finney, 1971) réalisée sur les mortalités corrigées a montré des DL_{50} de 6.30 ; 6.91 et 9.12%, respectivement pour l'extrait d'*U. membranacea*, l'extrait de *M. rotundifolia* et l'extrait de *C. coronarium*. Tandis que, la DL_{90} est de 56.23% pour l'extrait de l'ortie, et de 46.77% pour l'extrait de la menthe à feuilles ronde et de 67.60% pour l'extrait du chrysanthème à couronne. Les droites de régression de ces données en fonction du logarithme décimal des doses en huiles essentielles ont permis d'obtenir les équations qui sont configurées dans l'annexe 19.

IV.3.2.6 Discussion

Selon les résultats obtenus, on constate que la sensibilité des larves de *T. absoluta* se diffère d'un stade à un autre ainsi que les concentrations et le temps d'exposition. Or, Bokobana *et al.* (2014) ont démontré que les taux de mortalités dépendent de facteurs tels que la concentration du produit et la durée d'exposition.

Après l'application des extraits dans des conditions de laboratoire, les larves ne pouvaient plus s'alimenter et présentaient une hypoactivité à une inactivité totale, autrement dit, elles perdent leur activité et mouvement, elles montrent une nette paralysie. Elles sont restées sur cet état avec un changement de couleurs jusqu'à leur mort (Fig. 45, 48 et 51). Keddar *et al.* (2022) affirment que les substances végétales contenants dans les extraits sont

capables même à une faible concentration de ralentir ou d'arrêter le fonctionnement des organes des larves de *T. absoluta*. Il s'agit de la modification des cellules nerveuses. D'autre part, Chaker *et al.* (2021) rapportent que les effets biologiques des extraits d'origine végétale sont probablement dus à leurs principaux composants qui affectent les fonctions physiologiques vitales telles que la neurophysiologie et la respiration. La bioactivité des plantes médicinales évaluées contre les larves de *T. absoluta* s'explique par les métabolites secondaires produits par ces plantes, qui ont divers modes d'action (Gurjar *et al.*, 2012). L'analyse phytochimique des extraits utilisés dans notre étude a montré que ces derniers contiennent plusieurs métabolites secondaires qui peuvent justifier cette toxicité.

Au vu de la bibliographie, il n'y a pas de travaux réalisés sur l'activité insecticide des extraits hydro-alcooliques de nos espèces étudiées sur la mineuse de la tomate *T. absoluta*. Mais en comparaison avec d'autres plantes aromatiques, comme les résultats trouvés par Ait Taadaouit *et al.* (2012) qui ont évalué *in vitro* la toxicité des extraits végétaux méthanoliques de sept plantes (*Thymus vulgaris*, *Ononis natrix*, *Lawsonia inermis*, *Ricinus communis*, *Argania spinosa*, *Urtica dioica* et *Peganum harmala*) contre les chenilles de *T. absoluta*. Après 72h, les taux les plus élevés ont été produits par l'extrait de feuilles de *T. vulgaris* avec 97% suivi par l'extrait de *R. communis*, *P. harmala* et *U. dioica* respectivement avec des taux de 80 ; 65 et 55%. Alors que, les extraits de feuilles d'*A. spinosa*, de *L. inermis* et d'*O. natrix* ont causé une mortalité qui ne dépasse pas 43%. Les DL₉₀ de l'extrait de *T. vulgaris* (156 023 ppm) et *R. communis* (175 393 ppm) étaient relativement faibles ce qui explique les taux de mortalité obtenus à la dose maximale (95 et 80% respectivement, 72 h après traitement). Les DL₉₀ des extraits de *P. harmala* (1 826 340µl/l), *U. dioica* (1 924 813µl/l), *A. spinosa* (5 819 778µl/l) et *O. natrix* (6 382 856µl/l) ont été très élevées pour atteindre des taux de mortalité des larves de *T. absoluta* variant entre 40 et 60%.

D'autre part, dans les comptages effectués cinq jours après l'application des extraits de *Tephrosia vogelii*, *Tithonia diversifolia*, *Vernonia amygdalina* et *Phytolacca dodecandra* sur les larves de *T. absoluta* ; des taux de mortalités ont été enregistrés de 35.1 ; 10.6 ; 13.3 et 24.9%, respectivement (Ndeyimana *et al.*, 2019). D'autres études ont été réalisées sur la bioactivité des extraits hydro-alcooliques des feuilles de quatre espèces du genre *Piper* contre la mineuse de la tomate *T. absoluta* dans des conditions de laboratoire. Les résultats obtenus après quatre jours d'application ont révélés des taux de mortalités respectifs de 67.62 ; 43.81 ; 50.48 et 50.48% pour les extraits de *P. amalago* var. *medium*, *P. glabratum*, *P. mikanianum* et *P. mollicomum*. En effet, à la concentration de 1 011 mg L⁻¹, l'extrait de feuilles de *P. amalago* var. *medium* peut provoquer une mortalité de 50% de *T. absoluta* (Brito *et al.*, 2015).

IV.3.3 Activité insecticide des extraits fermentés sur *T. absoluta*

IV.3.3.1 Effet biocide de l'extrait fermenté d'*U. membranacea*

La mortalité corrigée des larves de *T. absoluta* pendant 07 jours d'exposition à des doses croissantes de l'extrait fermenté d'*U. membranacea* est illustré dans la figure 53.

La mortalité des chenilles de la mineuse a augmenté progressivement avec la durée du traitement et les concentrations du purin testées dans des conditions de laboratoire de $26\pm 5^{\circ}\text{C}$ de température et d'une humidité relative de $63\pm 8\%$. En effet, un minimum de 11.86% a été noté pour le premier jour des observations pour les deux doses 5 et 10%. Tandis que, un maximum de 23.73% a été enregistré pour les doses 25 et 30%. Quatre jours après l'application de l'extrait, les taux de mortalités ont évolué de manière assez intéressante où des pourcentages respectifs de 28 ; 38 ; 47.99 ; 52.14 ; 53.92 et 64 ont été consignés pour les concentrations 5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 et 30% (Fig. 53).

Le dernier jour de l'expérimentation, les taux les plus élevés sont estimés de 70 à 72.96% pour les doses 25 et 30%, respectivement. Alors que, la mortalité la plus faible est estimée de 44.99% pour la dose 5%.

Les résultats ont indiqué que les concentrations de l'extrait aqueux de l'ortie et le témoin ont présenté une capacité à tuer les larves de *T. absoluta* avec une différence hautement significative ($P < 0,001$).

Nous constatons que la totalité des individus des stades L_1 et L_2 ont été positivement sensible à l'extrait fermenté de l'ortie en comparaison avec les autres stades (L_3 et L_4). Or, les résultats ont montré une grande différence entre les taux de mortalités des larves traitées par l'extrait aqueux de l'ortie et celles traitées par l'eau distillée.

Il en ressort que chez les séries témoins, une moyenne de 5.28 ± 0.34 a été enregistrée pour les deux premiers stades (L_1 et L_2) et une moyenne de 3 ± 0.26 a été révélée pour les stades L_3 et L_4 . En effet, les moyennes observées pour le 1^{er} et le 2^{ème} stades larvaires varient de 16.14 ± 5.77 de la dose la plus faible à 21.57 ± 0.56 à la dose la plus élevée. Alors que, les moyennes relevées pour le 3^{ème} et le 4^{ème} stade comprises entre 8 ± 0.47 et 16.42 ± 0.56 de la dose la plus faible à la dose la plus forte respectivement (Fig. 54).

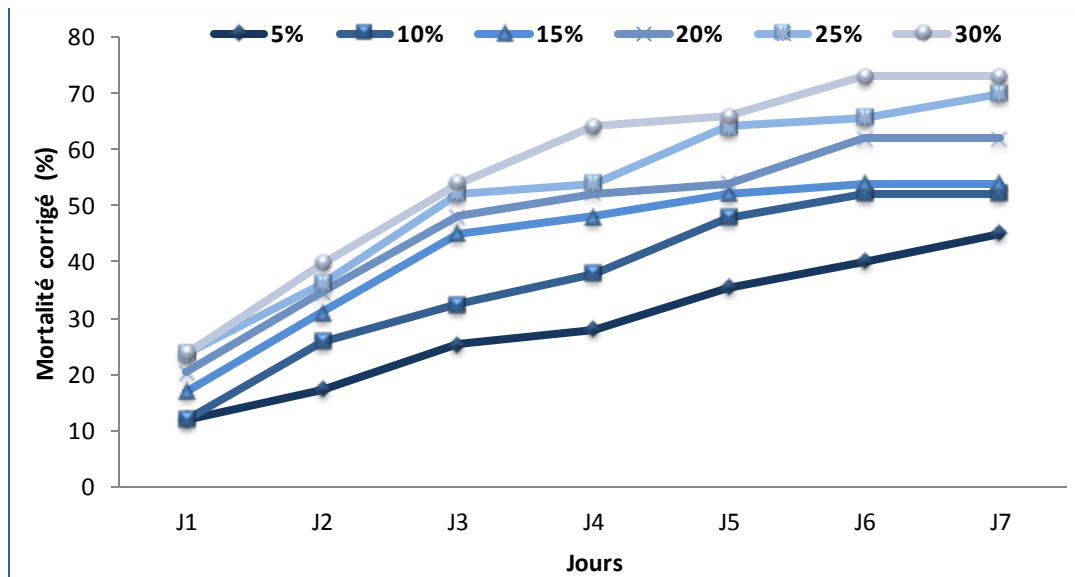


Figure 53 : Taux de mortalité corrigée de *T. absoluta* en fonction du temps et des concentrations de l'extrait fermenté d'*U. membranacea*

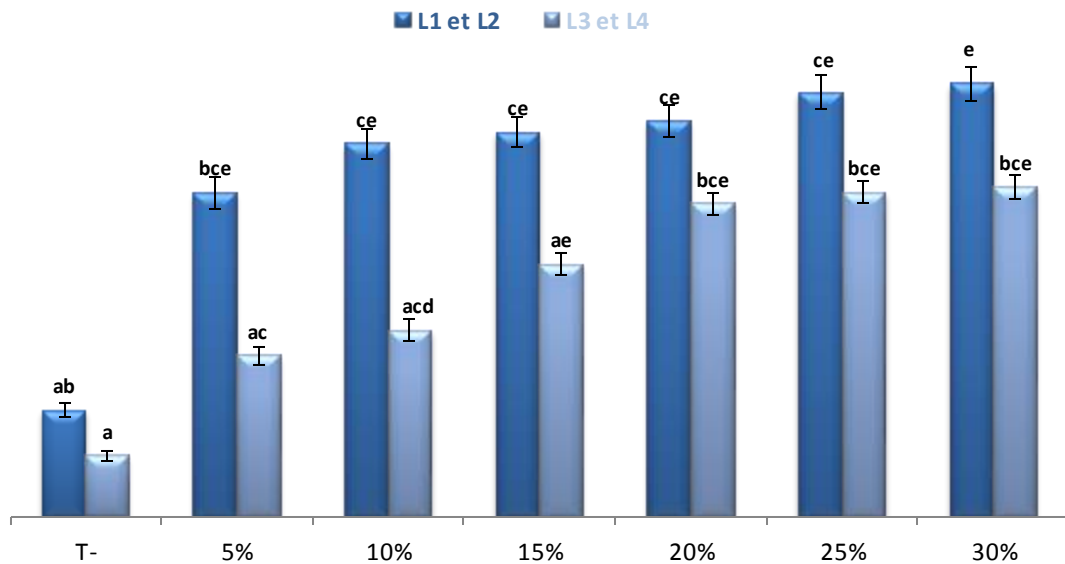


Figure 54 : Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait fermenté d'*U. membranacea* sur la mortalité des larves de *T. absoluta*

IV.3.3.2 Effet biocide de l'extrait fermenté de *M. rotundifolia*

Les résultats obtenus de l'effet biocide du purin de *M. rotundifolia* à l'égard des larves de *T. absoluta* sont illustrés sur la figure 55. Les taux de mortalités des chenilles enregistrés augmentent en fonction des concentrations et du temps d'exposition dans des conditions de laboratoire de $24 \pm 5^\circ\text{C}$ de température et d'une humidité relative de $61 \pm 8\%$. Au premier jour des observations des taux remarquables de 18.64 ; 22.03 et 23.73% ont été notés pour les

concentrations 20 ; 25 et 30%, respectivement. En revanche, des taux de mortalités entre 6.78 et 16.95% ont été consignés pour les concentrations 5 ; 10 et 15% (Fig. 55).

Un accroissement du taux de mortalités est noté dès le deuxième jour pour toutes les concentrations. Au quatrième jour, le taux de mortalité a atteint 68.62% pour la dose 30%. Alors que, les valeurs enregistrées pour les concentrations 5 ; 10 et 15% ne dépassent pas 50% de mortalité.

Au dernier jour de l'essai, les concentrations 15 ; 20 ; 25 et 30% ont causé des taux de mortalités importants de 72.75 ; 79.14 ; 81.27 et 83.39% respectivement. En pareille les deux doses 5 et 10% ont enregistré des mortalités faibles de 53.61 et 59.99%, respectivement (Fig. 55).

L'analyse statistique de l'efficacité des concentrations du purin de la menthe à feuilles rondes ainsi que le témoin évalués contre les larves de *T. absoluta* a révélé une différence hautement significative ($P < 0,001$).

Il est important de noter que les deux premiers stades sont plus sensibles envers toutes les concentrations ainsi que le témoin. Par ailleurs, les trois concertations 20 ; 25 et 30 ont entraîné des mortalités plus élevées de 20.42 ± 0.86 ; 21.42 ± 0.81 et 22.57 ± 0.8 , respectivement sur les larves du premier et deuxième stade, et des mortalités de 15 ± 0.57 ; 15.57 ± 0.6 et 15.85 ± 0.59 , respectivement sur le troisième et quatrième stade (Fig. 56).

En ce qui concerne le témoin, des moyennes très faibles de 4.71 ± 0.27 et 2.42 ± 0.2 ont été enregistrées respectivement pour les deux premiers stades et deux derniers stades.

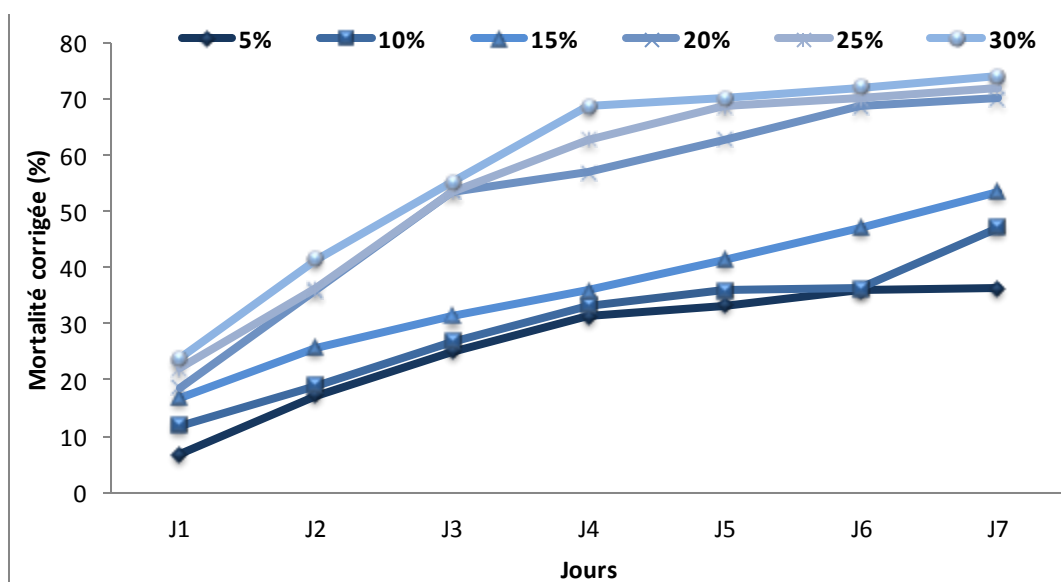


Figure 55 : Taux de mortalité corrigée de *T. absoluta* en fonction du temps et des concentrations de l'extrait fermenté de *M. rotundifolia*

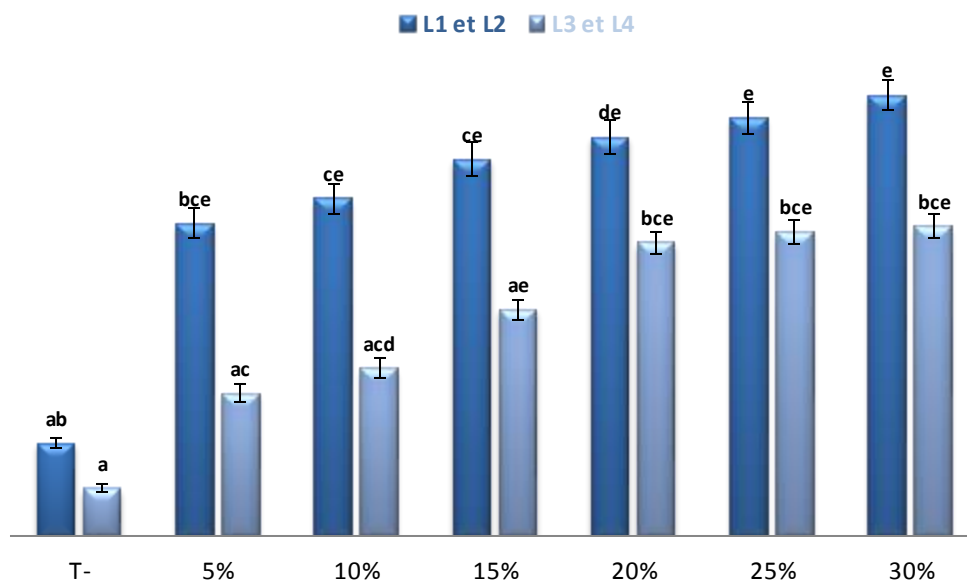


Figure 56 : Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait fermenté de *M. rotundifolia* sur la mortalité des larves de *T. absoluta*

IV.3.3.3 Effet biocide de l'extrait fermenté de *C. coronarium*

La figure 57 illustre le taux de mortalité des larves de *T. absoluta* suite à l'application de l'extrait fermenté de *C. coronarium* à différentes doses dans des conditions de laboratoire de $24 \pm 5^\circ\text{C}$ de température et d'une humidité relative de $61 \pm 8\%$.

Il est à noter que la mortalité des larves de *T. absoluta* augmente proportionnellement avec les doses ainsi que la durée d'exposition. 24h après de l'application du traitement, les concentrations 25% et 30% ont montré des taux assez remarquables de 22.03 et 23.05%. De même, un taux important fut relevé pour la concentration 20% d'une mortalité de 18.64%. Tandis que, les autres doses ont enregistrées des taux inférieurs à 17% (Fig. 57). À partir de cela, les mortalités amplifient avec des fréquences variables, pour qu'au quatrième jour, la dose 30% arrive à provoqué 72.72% de mortalité. Alors que, les doses 5 ; 10 ; 15 ; 20 et 25% ont causé des taux moins importants respectifs de 34.54 ; 45.45 ; 56.36 ; 61.81 et 67.27%.

À la fin de l'expérimentation, les pourcentages de la mortalité corrigée des larves de la mineuse sont de l'ordre de 60.87% à la concentration la plus faible (5%) puis augmentent graduellement et atteignent une valeur de 82.60% à la dose la plus élevée (30%) (Fig. 57).

L'analyse statistique de l'activité insecticide *in vitro* du purin de chrysanthème à couronne vis-à-vis des larves de *T. absoluta* révèle une relation dose réponse avec une différence hautement significative ($P < 0.001$).

Les résultats obtenus ont montré une résistance des stades L₃ et L₄ vis-à-vis les différentes concentrations testées et le témoin. En effet, des moyennes plus ou moins faibles de 8.42 ± 0.6 ; 10.57 ± 0.58 ; 11.85 ± 0.68 ; 12.57 ± 0.63 ; 14.14 ± 0.73 et 14.28 ± 0.64 ont été marquées respectivement pour toutes les concentrations (5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 et 30) (Fig. 58).

Les résultats du témoin ont montré une moyenne de 4 ± 0.27 pour les stades L₁ et L₂, et une moyenne de 2.57 ± 0.24 pour les stades L₃ et L₄ (Fig.58).

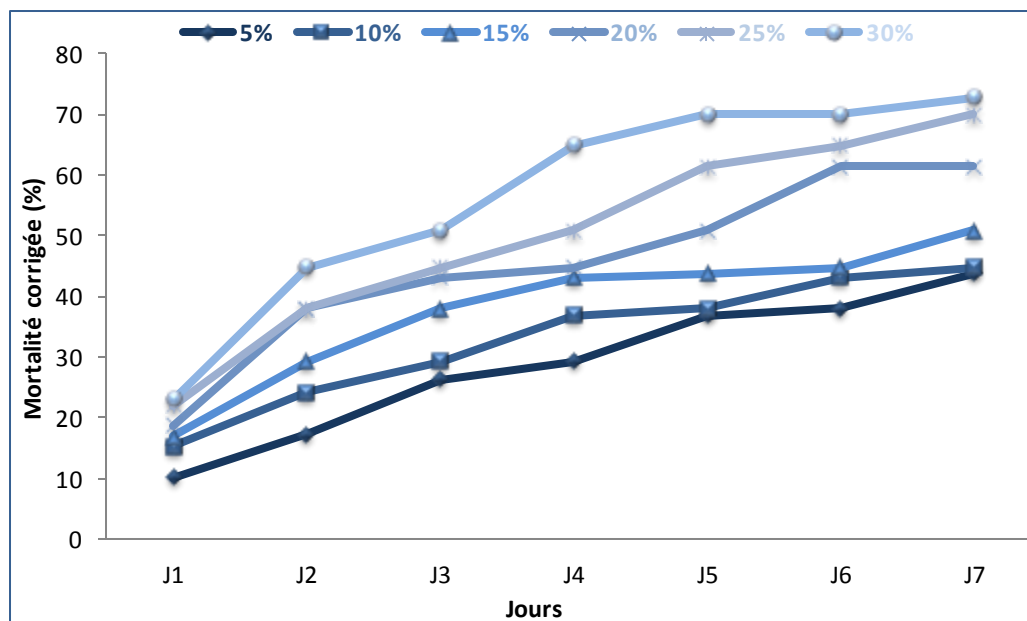


Figure 57 : Taux de mortalité corrigée de *T. absoluta* en fonction du temps et des concentrations de l'extrait fermenté de *C. coronarium*

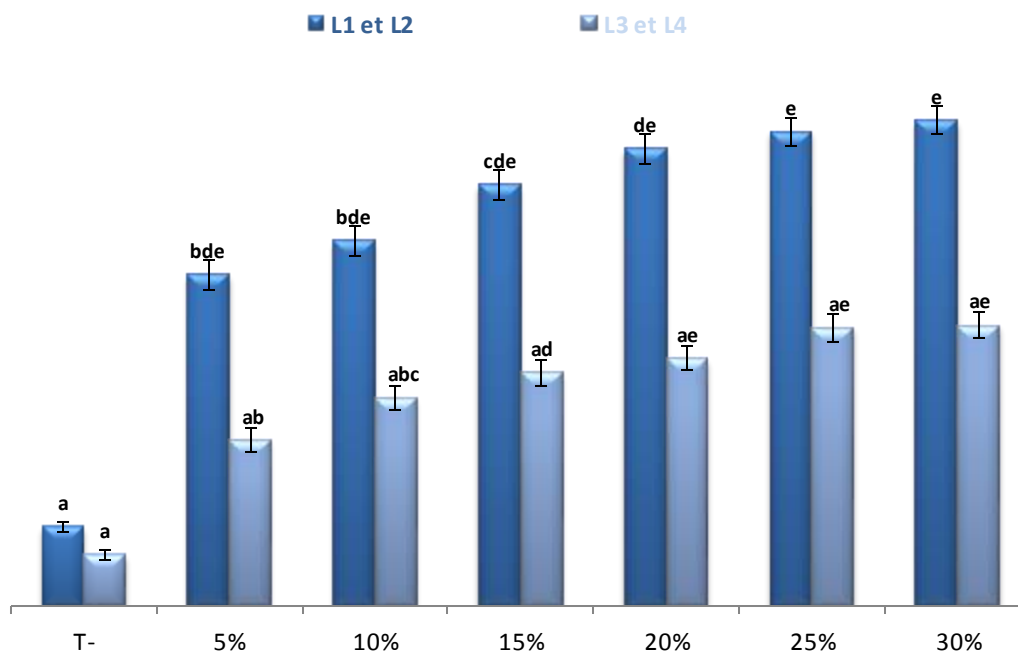


Figure 58 : Analyse de variance de l'effet des différentes doses de l'extrait fermenté de *C. coronarium* sur la mortalité des larves de *T. absoluta*

IV.3.3.4 Analyse de variance de l'effet insecticide des extraits fermentés sur les larves de *T. absoluta*

Selon les résultats de l'étude de variance de l'effet insecticide des extraits fermentés sur les larves de *T. absoluta*, il n'y avait pas de différence significative ($P > 0.05$) dans les taux de mortalités pour les deux facteurs ; les différentes concentrations et les différents traitements appliqués (Fig. 59).

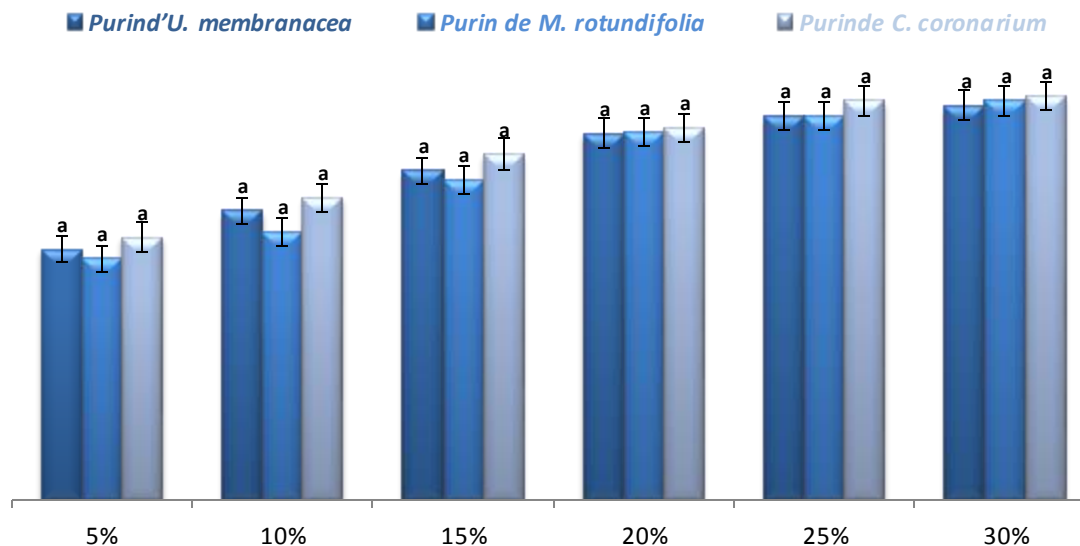


Figure 59 : Analyse de variance de l'effet insecticide des extraits fermentés sur les larves de *T. absoluta*

IV.3.3.5 Estimation de la DL_{50} et la DL_{90} des extraits fermentés testés sur les larves de *T. absoluta*

Le calcul de la corrélation entre les doses de l'extrait et la mortalité corrigée des chenilles traitées de *T. absoluta*, montre la relation proportionnelle qui existe entre les différentes doses et le taux de mortalité des larves (Annexe 21). En effet, sept jours après le traitement, nous avons enregistré des mortalités létales de 50% des larves aux concentrations de 7.76 ; 10.23 et 13.8% pour les extraits respectifs d'*U. membranacea*, de *M. rotundifolia* et de *C. coronarium*. En revanche, des mortalités de 90% des larves ont été enregistrées à des concentrations respectives de 63.09 ; 87.09 et 75.85% pour le purin de l'ortie douteuse, le purin de la menthe à feuilles rondes et le purin du chrysanthème à couronne.

IV.3.3.6 Discussion

Les extraits aqueux de plantes évalués dans notre étude présentaient des propriétés insecticides potentielles et différaient significativement des stades larvaires de *T. absoluta* et

des concentrations. C'est ce qui a été observé pour les larves traitées par les extraits aqueux qui ne pouvaient plus s'alimenter avec un changement de couleurs et finissaient par mourir quelques jours plus tard. Les extraits fermentés de plantes sont de riches métabolites secondaires (Omarini *et al.*, 2020). Certains de ces métabolites ont agi comme insecticides pour les insectes (Olukunle *et al.*, 2018). En effet, le genre de *Mentha* contenait des composés naturels tels que les monoterpènes cétoniques qui induisaient la mortalité des insectes (Sánchez-Borzzone *et al.*, 2017). D'autre part, Dogan et Tornuk (2019) ont rapporté que la fermentation protégeait les composés bioactifs et les antioxydants de la menthe de la dégradation et augmentait leur biodisponibilité.

Au vu de la bibliographie, il n'y a pas d'études réalisées sur l'effet insecticides des extraits fermentés testés dans nos essais à l'égard de la mineuse *T. absoluta*. Par contre, plusieurs espèces appartiennent aux familles de Lamiaceae, de Meliaceae, de Rutaceae et de Liliaceae sont utilisées dans la gestion de *T. absoluta*. Pour ce fait, les extraits aqueux sont les formes les plus utilisées et les larves sont le stade le plus ciblé (Bennour *et al.*, 2021). Suite à l'application des extraits d'*Azadirachta indica*, de *Cymbopogon citratus* et d'*Allium sativum* sur des larves de *T. absoluta*. Des taux de mortalités respectifs de 98.33, 96.67 et 95% ont été enregistrés cinq jours après le traitement (Shiberu *et al.*, 2017). Dans des essais biologiques, les pourcentages de mortalités des larves de *T. absoluta* les plus faibles de 32.2 ; 2.5 ; 2.5 ; 20.5 et 97.5% ont été enregistrés après les traitements par les extraits aqueux de *Tephrosia vogelii*, *Tithonia diversifolia*, *Vernonia amygdalina* et *Phytolacca dodecandra*, respectivement. Alors que, les taux les plus élevés ont été de l'ordre de 35.1 ; 10.6 ; 13.3 ; 24.9%, respectivement (Ndereyimana *et al.*, 2019). D'après Ghanim et Ghani (2014), les extraits aqueux issus de feuilles et de fruits de cinq espèces végétales différentes à savoir : *Melia azedarach*, *Géranium Pelargonium zonale*, *Allium sativum*, *A. cepa*, *Ocimum basilicum* ont montré des mortalités respectives de 91 ; 87 ; 85 ; 80 et 54% sur les larves de la mineuse de la tomate.

IV.3.4 Analyse de variance de l'effet insecticide des extraits et des huiles essentielles vis-à-vis des larves de *T. absoluta*

Les résultats de l'analyse de variance de l'effet insecticide des huiles essentielles et extraits des plantes à l'égard des larves de *T. absoluta* sont représentés dans le tableau 23.

Tableau 23 : Analyse de variance de l'effet insecticide des extraits et des huiles essentielles sur les larves de *T. absoluta*

	Huiles essentielles		Extraits méthanoliques			Extraits aqueux			
	Huile de menthe	Huile du chrysanthème	Extrait de l'ortie	Extrait de menthe	Extrait du chrysanthème	Extrait de l'ortie	Extrait de menthe	Extrait du chrysanthème	
10µl	35±1.64	31.85±1.70	5%	25.28±1.42	27.71±1.49	22.14±1.38	24.14±1.23	23.28±1.22	25.28±1.40
20µl	38.28±1.40	35±1.57	10%	29±1.51	30.57±1.33	31.28±1.02	27.85±1.30	25.85±1.30	29.14±1.31
30µl	40.85±1.50	38.57±1.44	15%	31±1.61	32.85±1.25	40.28±0.94	31.71±1.30	30.85±1.40	33.28±1.50
40µl	43.71±1.40	39.14±1.46	20%	36.14±1.60	37.14±1.23	42.28±0.82	35.28±1.40	35.42±1.43	35.85±1.40
50µl	47.42±1.20	41.57±1.43	25%	37.28±1.51	41±1.27	43.14±0.56	37.28±1.41	37±1.41	38.42±1.40
			30%	41.14±1.52	42.14±1.23	44.85±0.63	38±1.40	38.42±1.40	38.85±1.40

Dans tous les essais biologiques, l'analyse statistique a révélé une différence significative ($P < 0.05$) de la toxicité des extraits et des huiles de plantes évalués contre les larves de *T. absoluta*. Selon les résultats obtenus les huiles essentielles sont les plus efficaces suivie par les extraits hydroalcooliques et enfin les extraits fermentés.

La plus faible efficacité des extraits fermentés obtenus dans cette étude, par rapport aux huiles essentielles et extraits méthanoliques pourrait être due à la méthode d'extraction de l'eau utilisée. Cette méthode a été choisie parce que l'étude visait à trouver des espèces végétales indigènes aux propriétés insecticides ainsi qu'une technique de préparation simple au profit des agriculteurs locaux. En outre, il est conseillé que le dépistage initial des plantes pour une éventuelle bioactivité commence par des extraits aqueux (solvant universel) ; puis une extraction à l'aide de différents solvants organiques peut suivre (Gurjar *et al.*, 2012). Une efficacité plus élevée avec des solvants organiques par rapport à l'eau pourrait être due à leur différence de polarité. Les solvants organiques tels que le méthanol est moins polaire que l'eau, ce qui facilite la dissolution de certains composés organiques (Widyawati *et al.*, 2014).

A la lumière de ces résultats, on peut déduire que les extraits fermentés ont démontré leur efficacité avec un effet répulsif.

Une efficacité plus faible obtenue avec des extraits aqueux évalués pourrait également être attribuée aux concentrations utilisées. Selon Olaitan *et al.* (2011), les niveaux de concentrations des extraits végétaux déterminent leur efficacité contre un ravageur donné.

IV.4 Conclusion partielle

La bioactivité des plantes médicinales évaluées contre les larves de *T. absoluta* s'explique par les métabolites secondaires produits par ces plantes, qui ont divers modes d'action. Dans cette expérience, les huiles essentielles et les extraits ont eu un effet sur la

survie des larves de la mineuse de la tomate. Les résultats obtenus ont montré une relation directe entre les taux de mortalités des chenilles de *T. absoluta* et les concentrations et la durée d'exposition.

Les extraits et les huiles essentielles de plantes évalués présentaient des propriétés insecticides potentielles et différaient significativement vis-à-vis des larves de *T. absoluta*.

Les deux huiles essentielles étudiées ont montré une activité biocide intéressante, meilleure que les extraits. Ces derniers ont présenté une efficacité remarquable par rapport aux témoins.

Le test *in vitro* a fait ressortir que les stades larvaires L₁ et L₂ sont les plus sensibles envers toutes les concentrations.

Les valeurs obtenus pour les DL₅₀ calculées après sept jours d'exposition, nous ont permis de conclure que les huiles essentielles et les extraits testés présentent l'ordre d'efficacité suivant : l'huile essentielle de *C. coronarium* (1.07µl/ml) < l'huile essentielle de *M. rotundifolia* (2.88µl/ml) < l'extrait méthanolique d'*U. membranacea* (6.30%) < l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia* (6.91%) < l'extrait fermenté d'*U. membranacea* (7.76%) < l'extrait méthanolique de *C. coronarium* (9.12%) < l'extrait fermenté de *M. rotundifolia* (10.23%) < l'extrait fermenté de *C. coronarium* (13.8%).

Afin de minimiser l'utilisation d'insecticides de synthèse et du fait de leur activité insecticide, ces huiles essentielles et extraits pourrait être utilisés comme solution alternative dans les systèmes intégrés de lutte biologique contre la mineuse de la tomate.

Partie IV

Méthodes alternatives à la lutte chimique pour le contrôle de *Tuta* *absoluta*

Chapitre I

Méthodes alternatives à la lutte chimique pour le contrôle de *Tuta absoluta*

I.1 Introduction

Le développement agricole et la sécurité alimentaire sont une priorité dans de nombreux pays émergents. Cela a conduit à une attention accrue à la recherche de moyens de lutte antiparasitaire efficaces. La stratégie de lutte intégrée contre les ravageurs est une alternative durable et recommandée à l'utilisation de pesticides synthétiques dans la gestion des ravageurs de la tomate, où *Tuta absoluta* est considéré comme le principal bioagresseur (Chepchirchir *et al.*, 2021).

Les définitions de la lutte intégrée sont nombreuses. Cependant, toutes impliquent l'intégration coordonnée de multiples pratiques complémentaires pour gérer le ravageur de manière sûre, rentable et respectueuse de l'environnement (Birhan, 2018).

Elle peut être utilisée comme méthode autonome via la libération ou la conservation d'ennemis naturels des arthropodes, l'utilisation des biopesticides (des plantes ou des bactéries, des champignons et des nématodes entomopathogènes), la lutte biotechnique basée sur les phéromones sexuelles sont les pratiques de gestion les plus efficaces. La recherche liée à la lutte agronomique est un domaine émergent où la fertilisation et/ou l'irrigation des sols, ainsi que la sélection de cultivars résistants ont le potentiel d'améliorer l'efficacité de la lutte intégrée (Upreti *et al.*, 2020 ; Chaker Bennour *et al.*, 2021 ; Desneux *et al.*, 2021).

Dans cette partie divers moyens ont été élaborés et mis en œuvre pour lutter contre la mineuse de la tomate *T. absoluta* selon un programme de lutte intégrée antiparasitaire avec le recours à des méthodes culturales, biotechniques et biologiques.

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation géographique du site d'étude

L'expérimentation s'est déroulée dans une serre installée à la ferme expérimentale du département des sciences agronomiques de l'université de Mostaganem, située dans la commune de Mazagan.

Le site est enclavé au Nord par la daïra de Mostaganem, au Sud par la daïra de Hassi Mameche, à l'Ouest par la commune de Mazagan et à l'Est par Douar Djedid sur un axe d'environ 147m avec une altitude de 35° 53' 35"N et une longitude de 0° 4' 44"E (Toudert, 1991 ; Messaoud, 2012).

Le climat de la région est semi-aride avec une hygrométrie comprise entre 60 à 70% pendant la période estivale ; les températures moyennes oscillent entre 25 et 30°C en été et de 6 à 13°C pendant l'hiver (ONM, 2019).

I.2.2 Caractéristiques du sol de la zone d'étude

Selon Toudert (1991), les caractéristiques du sol du site expérimental sont comme suit :

- ❖ L'ensemble des terres sont d'une manière générale très légère de structure possédant une texture limono-sableuse avec une proportion de sable élevée, ces terres sont adaptables aux cultures maraîchères avec un taux de 90% ;
- ❖ Un pH alcalin voisin de 8,5 ;
- ❖ Une teneur plus ou moins faible en matière organique ;
- ❖ Absence de salinité, car l'excès de teneur en sel est l'un des soucis majeur que rencontre l'agriculteur. En effet, une concentration élevée en sel dans l'eau d'irrigation affecte négativement le rendement des récoltes et provoque une dégradation et pollution du sol.

La ferme expérimentale s'étend sur une superficie globale de 76,14 ha avec une superficie agricole utile (SAU) de l'ordre de 66,99ha.



Figure 60 : Photo satellitaire du site d'expérimentation (Google Earth, 2019)

I.3 Méthodologie

Le programme de lutte intégrée pour la protection de la culture de tomate a été appliqué pendant deux années (2019 et 2021).

I.3.1 Matériel animal

Le matériel animal est représenté par la mineuse de la tomate *T. absoluta*. Notre choix a porté sur cet insecte après avoir constaté des dégâts considérables sur tomate, appuyé par des investigations chez des maraichers de la wilaya de Mostaganem à savoir dans les régions de Stidia, Hassi Mamache, Hadjaj et Achaacha.

I.3.2 Matériel végétal

Deux variétés de tomate sont concernées pour cette étude :

- ❖ **Variété Nada** : C'est une plante hybride indéterminée. Le fruit est bien coloré, rond, ferme ayant un bon goût, avec un poids moyen de fruit de 250g à 300g ;
- ❖ **Variété Vermoni** : C'est une tomate indéterminée mi-précoce, caractérisée par des fruits fermes de gros calibre (220 à 270g). Ces plantes sont couvertes par de courts entre-nœuds et ont une bonne nouaison à des températures basses et élevées.

I.3.3 Première année d'étude

I.3.3.1 Conduite de la culture

Après avoir installé la serre, la parcelle a été irriguée au moins trois jours avant le repiquage avec un système d'irrigation goutte à goutte (Fig. 61).

Les plantules des deux variétés ont été obtenues par semis en pépinières dans des plaques alvéolées remplies de tourbe (Fig. 62). Au mois de Décembre, 96 plantules (48 de chaque variété) saines ont été transplantées dans 06 lignes avec une distance de 0.80m et 01m en inter-plants où la serre a été divisée en deux blocs l'un pour la variété Nada et l'autre pour la variété Vermoni.

Le tuteurage a été mis en place un mois après la transplantation, tandis que le désherbage manuel et l'irrigation ont été réalisés régulièrement en fonction des besoins de la culture.



Figure 61 : Système d'irrigation (goutte à goutte) (Originale)



Figure 62 : Plantule de tomate une semaine après repiquage (Originale)

I.3.3.2 Pratiques culturales

Pratiques de gestion des cultures conformes à la norme de la production de tomate, y compris :

- ❖ Un labour profond (sur au moins 30cm) a été effectué avant la plantation de la culture pour l'aération du sol et l'élimination des chrysalides ;
- ❖ La mise en place d'un filet anti-insecte (filet insect-proof) aux niveaux des ouvertures afin d'empêcher toute pénétration d'insectes et aménagement d'un système de double entrées pour que la serre soit bien isolée (Fig. 63) ;

- ❖ L'emploi d'un paillage noir recouvrant toute la surface de la serre pour empêcher le développement des mauvaises herbes et diminuer l'évaporation (Fig. 64) ;
- ❖ L'ébourgeonnage qui consiste à éliminer les petites pousses axillaires pour ne laisser qu'une tige principale a été effectué selon la nécessité ;
- ❖ L'effeuillage a consisté à enlever les feuilles sénescentes, jaunies ou malades pour éviter la propagation de maladies.

Les plantes de tomate n'ont subi aucun traitement phytosanitaire ou amendement chimique au cours de leur cycle végétatif afin de ne pas interférer avec l'arrivée de probables antagonistes naturels.

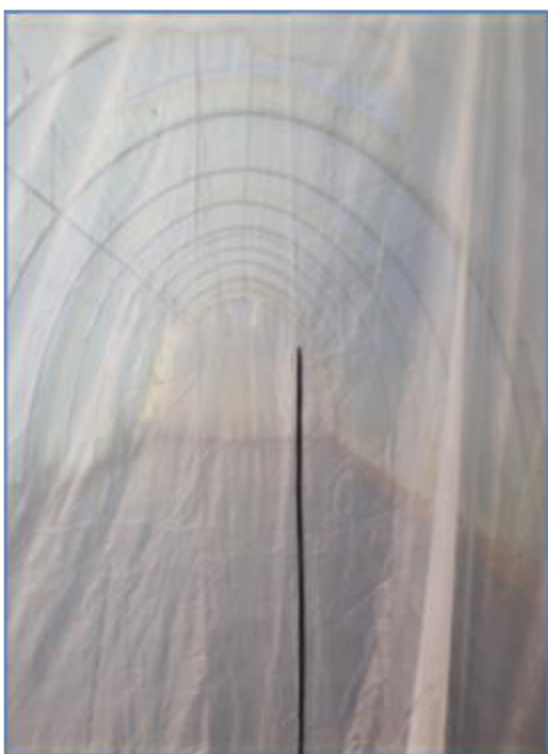


Figure 63 : Mise en place du Filet insect-proof dans les portières de la serre (Originale)



Figure 64 : Mise en place du paillage dans la serre d'étude (Originale)

I.3.3.3 Pratique de la culture associée

Le matériel végétal ayant servi comme culture intercalaire est représenté par l'espèce végétale d'*Allium sativum*. Cette dernière présente des propriétés insecticides et fongicides bien connues. Il est utilisé en cultures associées et leurs composés allélochimiques soufrés présentent des propriétés répulsives et des effets antiappétents vis à vis les insectes (Meriga *et al.*, 2012 ; Subbanna *et al.*, 2020).

La culture de l'ail a été conduite entre les plants (32 plants de tomates) et les lignes de tomate au même moment dans la serre (Fig. 65).

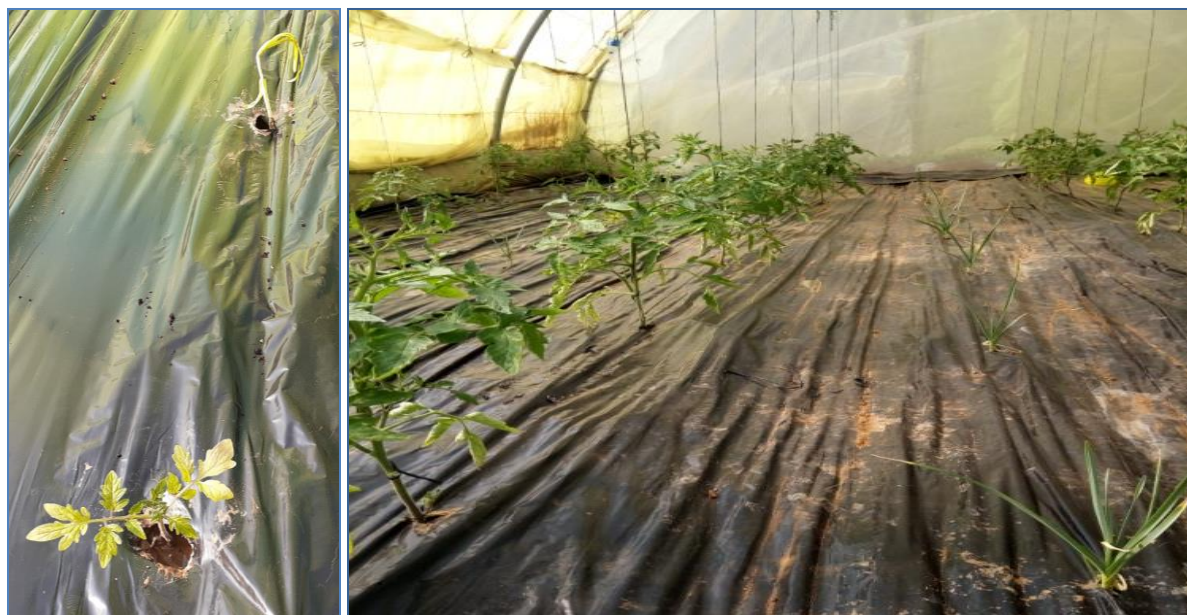


Figure 65 : Plants de l'ail en association avec la culture de tomate (Originale)

I.3.3.4 Moyens biotechniques

Avant toute intervention chimique ou biologique il est préconisé de suivre le développement des populations de l'insecte à traiter. Différents types de pièges sont utilisés pour la détection des premiers vols.

I.3.3.4.1 Pièges à phéromone

Deux pièges à phéromones de type Delta ont été suspendus aux deux extrémités opposées de la serre à une hauteur de 1,5m pour surveiller les papillons mâles. Le suivi des pièges a été déployé immédiatement après la plantation des plants de tomates et vérifié chaque semaine pour estimer les niveaux d'infestation de ravageurs (Fig.66).

Les papillons mâles capturés par les pièges sont dénombrés puis retirés de la plaque gluante. Cette dernière est remplacée chaque 15 jours, tandis que la phéromone est changée mensuellement.

Les pièges et les capsules à phéromone (dosées à 50mg de produit) ont été fournis par le laboratoire de la station régionale de la protection des végétaux de Mostaganem.

I.3.3.4.2 Pièges à eau

Trois pièges colorés en jaune remplis d'eau avec une solution savonneuse sont installés au pied du sol, un à l'entrée, un au centre et un autre à l'extrémité de la serre (Fig. 67). Chaque semaine des échantillonnages d'insectes ont été prélevés de chacun des pièges dans le but de compter les adulte de la mineuse.

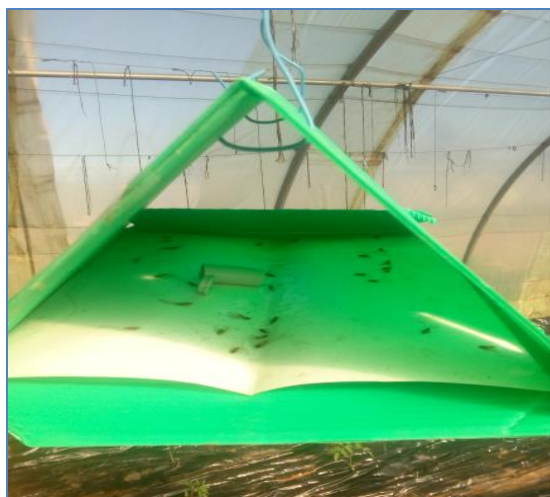


Figure 66 : Piège à phéromone de type Delta (Originale)



Figure 67 : Piège à eau (Originale)



Figure 68 : Présentation de la serre expérimentale après la plantation (Originale)

I.3.3.5 Utilisation de l'extrait fermenté de l'ortie

Dans cette partie nous avons évalué le pouvoir insecticide du purin des feuilles d'ortie (*Urtica membranacea* Poir) qui a été préparé avant chaque utilisation selon un protocole décrit précédemment.

Les échantillons prélevés ont été placés dans des sacs en papier étiquetés et acheminés au laboratoire, où les différents stades de *T. absoluta* ont été examinés et dénombrés sur les deux surfaces foliaires à l'aide d'un stéréomicroscope.

Ces données nous ont permis de déterminer : le taux d'infestation, le taux de mortalité, l'abondance des œufs, l'abondance des larves, l'abondance des nymphes.

Formules des calculs utilisés

- Taux d'infestation (TI %) :

$$\text{TI (\%)} = \frac{\text{Nombre de feuilles infestées}}{\sum \text{Des feuilles échantillonnées}} \times 100$$

- Taux de mortalité (TM%) :

$$\text{TM (\%)} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\sum \text{Des individus dénombrés}} \times 100$$

- Abondance des œufs (W%) :

$$\text{W(\%)} = \frac{\text{Nombre des œufs}}{\sum \text{Des individus dénombrés}} \times 100$$

- Abondance des larves (L%) :

$$\text{L (\%)} = \frac{\text{Nombre des larves (L}_1, \text{L}_2, \text{L}_3, \text{L}_4)}{\sum \text{Des individus dénombrés}} \times 100$$

I.3.4 Deuxième année d'étude

Au cours de la deuxième année d'étude nous avons respecté le même protocole établi lors de la première année concernant la mise en place de la serre et des plants de tomate. Il s'agit de l'installation du paillage, de l'insect-proof, des pièges à phéromone et des pièges à eau et de culture intercalaire. Par contre, nous avons remplacé le purin d'ortie par un compost végétale.

Au mois de Décembre, 96 plantules saines des deux variétés (48 de chaque variété) ont été transplantées.

I.3.4.1 Compost

Nous avons opté pour l'utilisation du compost commercial « Horti®Compost » produit par la société Profert Spa. C'est un amendement organique à 100% issu du compostage de

végétaux destiné aux cultures maraichères de plein champ et sous serre. Il se présente sous forme de fragments d'une granulométrie inférieure à 4mm. Cette forme, incorporée dans les 10 premiers centimètres du sol, permet une augmentation de la teneur en matière organique et une correction rapide de la structure du sol et une libération de l'humus, un des principaux composants du complexe argilo-humique. Il permet aussi de reconstituer la fertilité des sols appauvris par des exportations (Profert, 2020).

Ce compost favorise l'obtention d'un amendement organique indemne de graines de mauvaises herbes, de pathogènes et de nématodes que peuvent véhiculer les amendements d'origine animale comme le fumier, les boues des stations d'épuration et les engrais organiques comme les fientes de volailles (Profert, 2020).

Tableau 24 : Caractéristiques du compost utilisé (kg/t produit brut)

Éléments nutritifs			Caractéristiques physiques	
N 1%	MgO 0,9%	K ₂ O 2,3%	MO 35%	MS 65%
P ₂ O ₅ 1,4 %	C/N 16 %	pH 8,9	Densité 0,55	

I.3.4.2 Utilisation du compost

L'épandage du compost a été réalisé le 19/12/2020 suivi immédiatement par l'enfouissement, pour éviter la volatilisation de l'azote sous forme d'ammoniac (NH₃).



Figure 71 : Incorporation du compost en premiers centimètres du sol (Originale)

I.4 Résultats et discussion

I.4.1 Relevés climatiques

I.4.1.1 Première année d'étude

Les paramètres climatiques tels que la température et l'humidité ont des impacts importants sur la production et sur le développement des insectes ravageurs (Guimapi *et al.*, 2016 ; Skendžic *et al.*, 2021).

L'étude a été réalisée dans des conditions naturelles, réagit par les facteurs climatiques. Les données de températures et d'humidité relative enregistrées sous serre durant la période de l'étude sont représentées dans la figure 72. Deux moyennes maximales de 34°C et 38°C ont été notées respectivement les 24 Mars et 14 Avril. Cependant, un minima de 20°C a été observé à la première et la dernière date d'échantillonnage (le 06 Janvier et le 05 Mai).

Pour ce qui concerne l'humidité relative, nous avons enregistré deux pics de 79% et de 82% aux dates du 06 Janvier et 21 Avril, respectivement (Fig. 72).

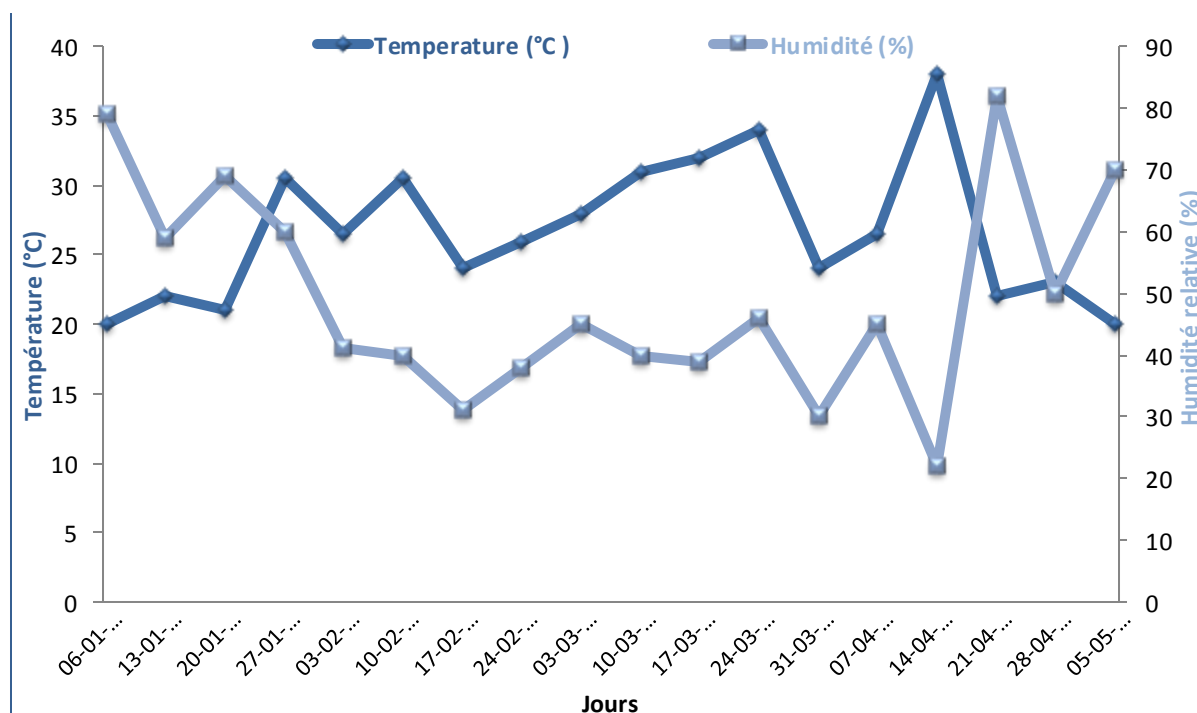


Figure 72 : Variation hebdomadaire de la température et l'humidité relative de la serre expérimentale en 2019

I.4.1.2 Deuxième année d'étude

L'année 2021 a montré un printemps exceptionnellement chaud avec des températures comprises entre 22.5 et 43°C et un hiver clément avec des températures qui ne dépassent pas 29°C (Fig. 73).

Pour l'humidité relative, nous avons relevé des moyennes minimales de 32% et 22% aux dates du 18 Janvier et 22 Mars, respectivement. Tandis que, un maximum de 76% a été noté le 25 Janvier (Fig. 73).

Selon ces données climatiques, nous constatons que ces facteurs étaient plus ou moins des facteurs favorables au bon développement de *T. absoluta* dans la zone d'étude.

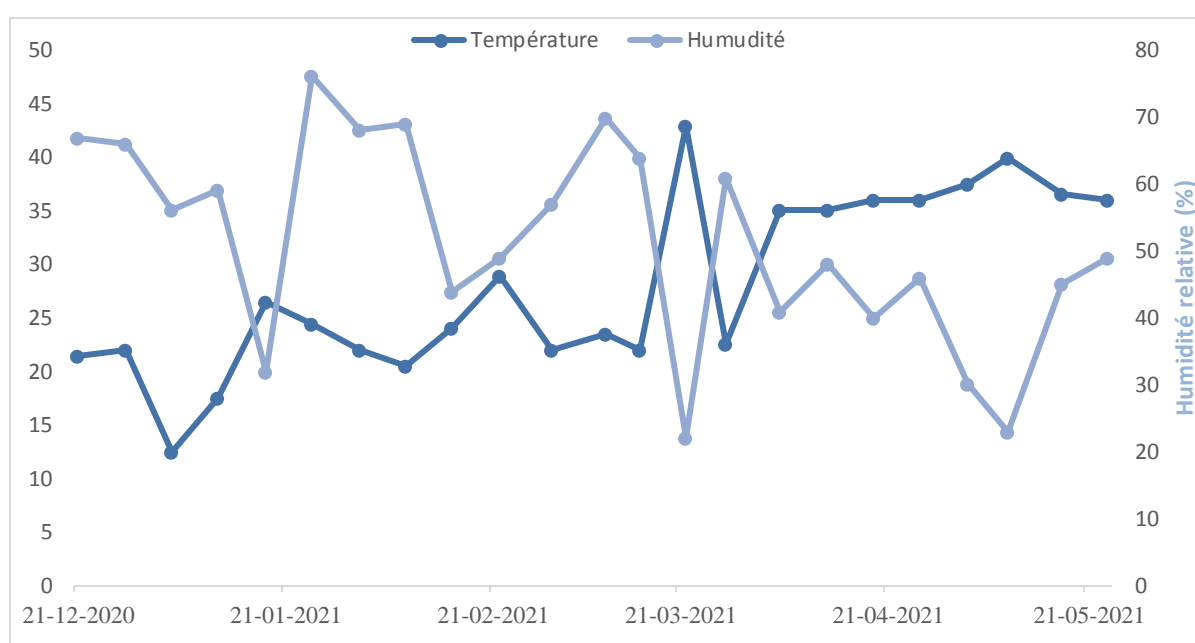


Figure 73 : Variation hebdomadaire de la température et l'humidité relative de la serre expérimentale en 2021

I.4.2 Fluctuation des populations des adultes mâles de *T. absoluta* capturés par les pièges Delta

I.4.2.1 Première année d'étude

Les relevés du piégeage à phéromone sexuelle des adultes de *T. absoluta* au niveau de la ferme expérimentale sont consignés dans la figure 74. Les nombres totaux des adultes mâles capturés par les deux pièges ont été variables d'une semaine à l'autre dans la serre d'étude.

En effet, le suivi de l'évolution des captures des mâles par le piège placé à l'extrémité de la serre montre l'apparition de deux pics durant la période de l'étude ; le premier a été noté

le 06 Janvier avec 79 individus sous une température de 20°C. Alors que, le deuxième a été enregistré le 03 Février correspondant à une température moyenne de 26.5°C avec 128 adultes, ce nombre a légèrement diminué pour atteindre 22 adultes mâles à la fin de l'essai (Fig. 74). Ce qui nous a permis de mettre en évidence la formation de deux générations.

Pour le piège disposé à l'entrée de la serre, l'effectif était faible durant la première semaine de capture, débutant avec 12 individus le 06 Janvier sous une température de 20°C pour atteindre un pic avec 22 individus le 03 Février avec une température moyenne de 26.5°C. Ensuite, les captures ont baissé jusqu'à un adulte obtenu le 03 Mars sous une température de 28°C (Fig. 74).

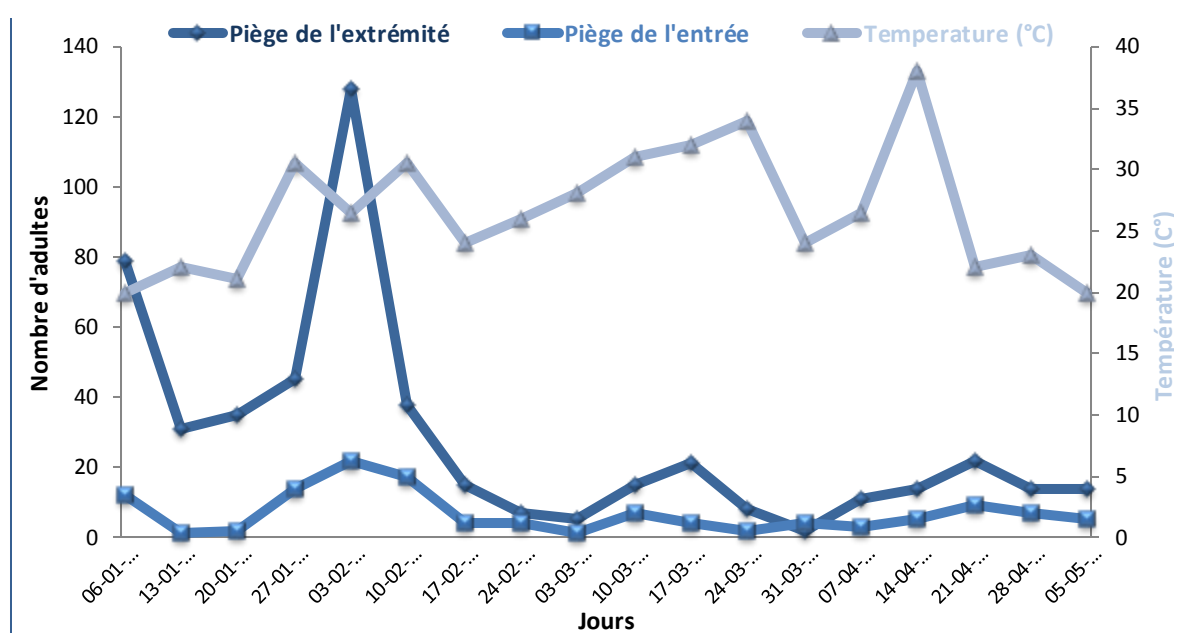


Figure 74 : Évolution hebdomadaire des captures des mâles de *T. absoluta* par le piégeage Delta pour l'essai de 2019

I.4.2.2 Deuxième année d'étude

L'évolution des captures des adultes mâles dans les pièges à phéromone de type Delta a été suivie du 21 Décembre au 24 Mai. Au début de l'installation des pièges et au premier échantillonnage, les adultes de *T. absoluta* étaient déjà présents ; cela peut laisser supposer que c'est une première génération coïncidant avec une température moyenne de 21.5°C. Au 18 Janvier, il nous a été permis de constater une nouvelle vague de captures qui pourrait représenter l'indice de vol d'une nouvelle génération. On a relevé 17 mâles dans le piège installé à l'entrée et 08 mâles dans celui de l'extrémité sous une température moyenne de 26.5°C (Fig.75).

Le nombre d'adultes capturés dans la serre est nul à partir du 01 Mars jusqu'à la fin de l'échantillonnage.

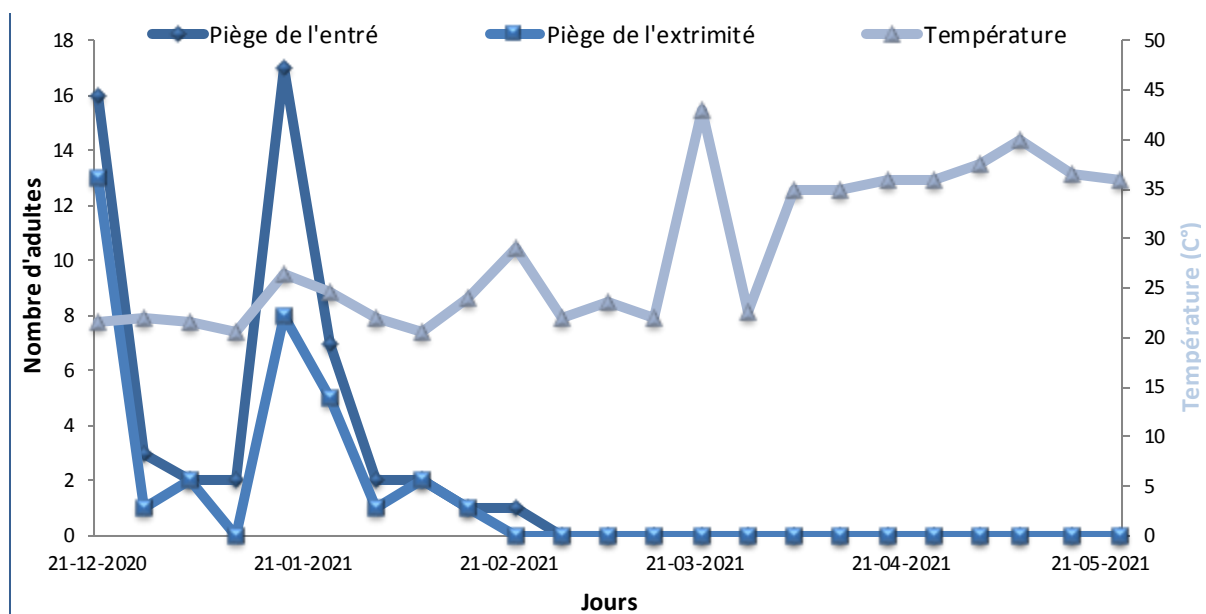


Figure 75 : Évolution hebdomadaire des captures des mâles de *T. absoluta* par le piégeage Delta pour l'essai de 2021

I.4.3 Fluctuation des populations des adultes de *T. absoluta* capturés par les pièges à eau

I.4.3.1 Première année d'étude

Les résultats obtenus ont montré une abondance moins importante des adultes de *T. absoluta* par les pièges à eau en comparaison avec les pièges Delta.

Durant toute la période d'échantillonnage le nombre des individus capturés était assez faible entre 0 et 12 individus. Au 06 Janvier, les dénombrements des adultes ont permis de relever 02 individus seulement dans le piège de l'entrée, 04 individus ont été quantifiés dans le piège du centre et 12 adultes dans le piège de l'extrémité sous une température moyenne de 20°C (Fig. 76). Cela a été suivi d'une baisse du nombre d'adultes capturés ; cependant, il est resté faible jusqu'à la fin de l'étude.

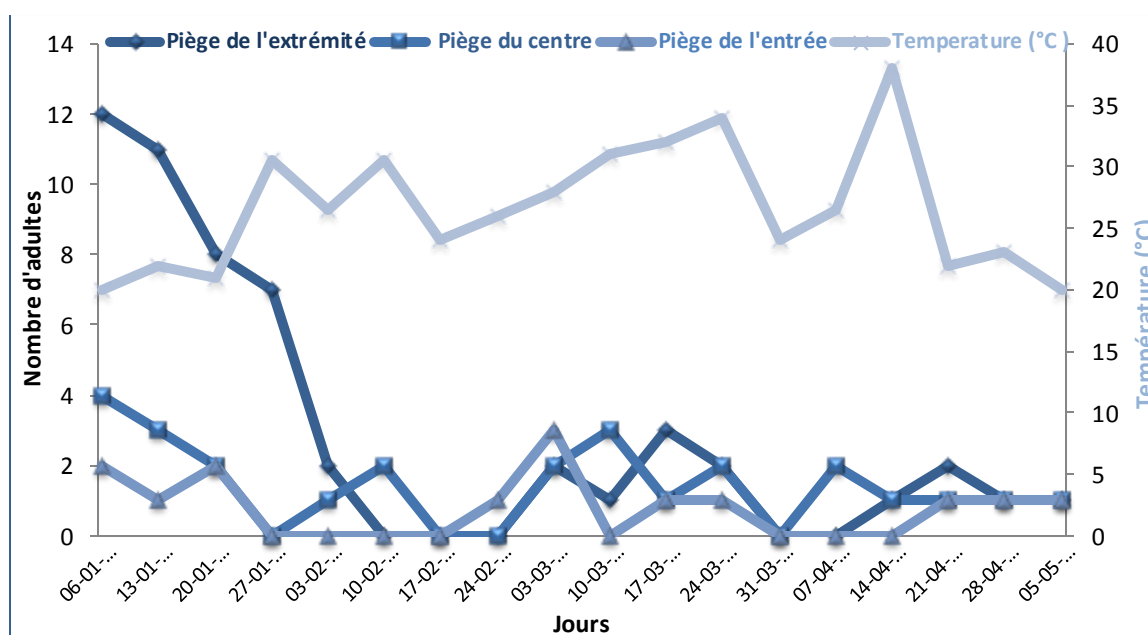


Figure 76 : Évolution hebdomadaire des captures des adultes de *T. absoluta* dans les pièges à eau pour l'essai de 2019

I.4.3.2 Deuxième année d'étude

Les résultats obtenus ont montré une faible abondance des adultes de *T. absoluta* où un nombre maximum de 02 individus capturés est enregistré les 18 et 25 Janvier, les 15 et 22 Février sous des températures respectives de 26.5 ; 24.5 ; 24 et 29°C. À partir du 10 Mars aucun adulte n'a été relevé (Fig. 77).

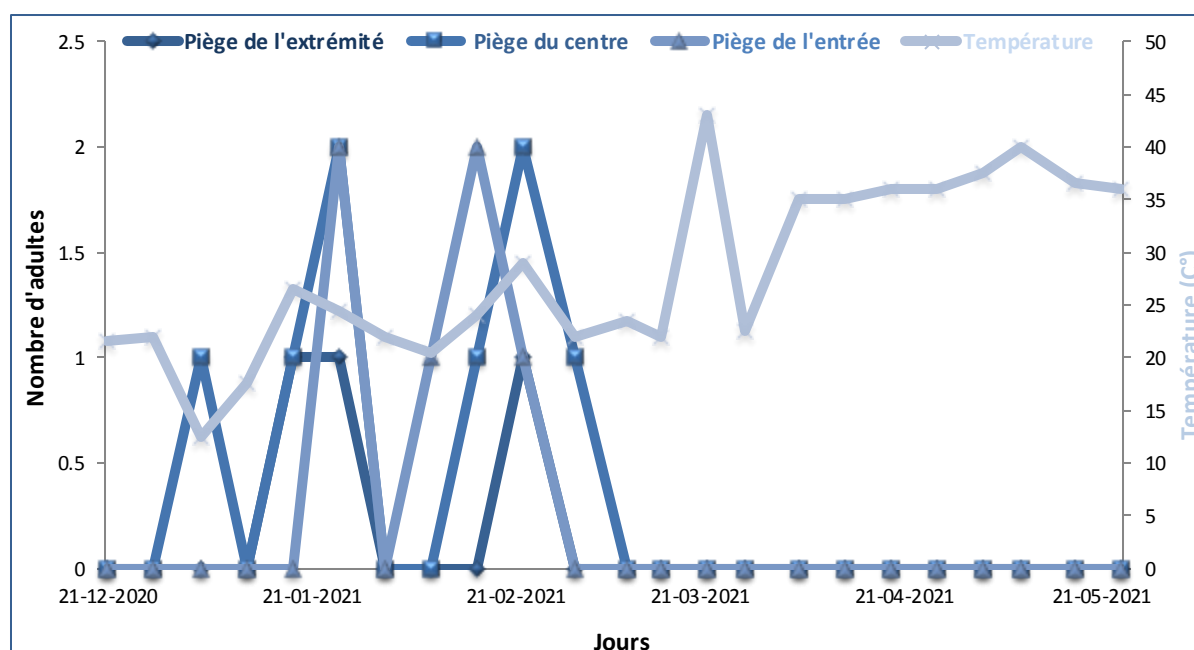


Figure 77 : Évolution hebdomadaire des captures des adultes de *T. absoluta* dans les pièges à eau pour l'essai de 2021

I.4.3.3 Analyse de variance des captures des adultes de *T. absoluta* par les deux types de pièges installés au niveau de la serre expérimentale en 2019 et 2021

L'étude statistique des captures des adultes de *T. absoluta* par les deux types de pièges installés au niveau de la serre expérimentale durant des deux années d'étude a montré une différence hautement significative ($P < 0,001$). Le test de Tukey mené sur les données appariées révèle que le nombre de papillons capturés par les pièges à phéromones supérieur au nombre de papillons piégés par les pièges à eau (Fig. 78). Compte tenu des variations de piégeage remarquées, l'étude statistique réalisée a permis de mesurer l'impact des capsules de phéromone.

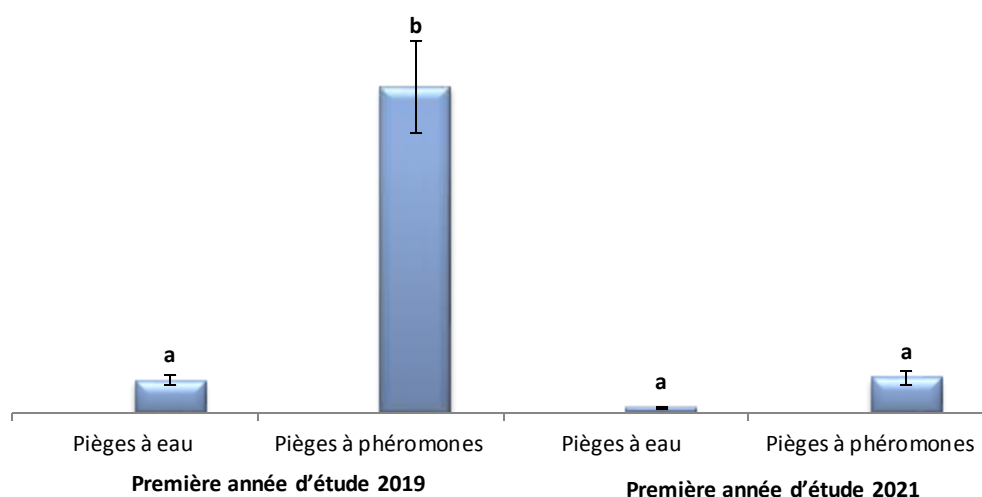


Figure 78 : Analyse de variance des captures des adultes de *T. absoluta* par les deux types de pièges installés au niveau de la serre expérimentale en 2019 et 2021

I.4.4 Discussion

Les résultats obtenus sur le suivi des courbes de vol des adultes de la mineuse de la tomate montrent que l'effectif des populations de *T. absoluta* dans la serre est plus important durant la première année de l'étude sur les deux types de pièges employés. Également, les conditions climatiques enregistrées sous serre durant le suivi n'ont montré aucun effet sur les captures des adultes. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Chougar (2011) dans les mêmes conditions, qui rapporte que le nombre des adultes piégés n'est pas influencé par les températures et les taux d'humidité qui règnent à l'intérieur des serres.

Un total de 331 mâles a été enregistré durant la première année d'étude, et 22 adultes ont été notés durant la première année d'étude ces résultats mettent en exergue la faible abondance des individus de *T. absoluta* relevée comparativement aux résultats de Chennouf *et al.* (2021), ces derniers ont capturé un total de 398 individus par les pièges à phéromone de

type Delta durant la période du 23 Janvier au 23 Février à Ouargla. A Mascara, Elouissi et Berkani (2015) ont enregistré des moyennes variant entre 26 et 294 entre Février et Mars.

De même en Tunisie, des moyennes très élevées furent enregistré avec 150 et 300 mâles entre Mars et Avril (Chérif et Labdi-Grissa, 2014 ; Chermiti *et al.*, 2009).

Le nombre des adultes de *T. absoluta* capturés était important au début de l'hiver cela peut laisser supposer que c'est une première génération (fin Décembre) qui se prépare à entrer en hibernation ; sachant que cet insecte hiberne sous forme d'œuf, de larve ou de chrysalide et son développement redémarre dès que les conditions sont plus favorables (de Campos *et al.*, 2021). Le pic qui apparaît en février pourrait aussi indiquer une génération de printemps. Allache *et al.* (2012) ont signalé trois générations de *T. absoluta* à Biskra sur une courte période où la température de la serre était comprise entre 19 et 27°C. Alors que, pour Alili *et al.* (2014) l'existence de 07 générations est mise en évidence grâce aux captures des adultes par les pièges Delta dans les serres dotées d'insect-proof, et 05 générations dans les serres à pratiques locales.

Les résultats obtenus révèlent après comparaison avec d'autres travaux consolidés les mesures prophylactiques adoptées lors de cette recherche démontrant la nette différence dans les effectifs de captures. En conséquence, l'utilisation du paillage, du filet insect-proof, de plantes intercalaires, du compost et de l'extrait fermenté ont été des moyens efficaces dans la réduction du nombre des populations adultes de *T. absoluta* sous serre. De même, les pièges à phéromone est la méthode de lutte la plus efficace pour capturer un nombre important de papillons de la mineuse de la tomate. En effet, les produits sémi-chimiques sont des outils importants dans les stratégies de contrôle de divers bioagresseurs. Les phéromones sont considérées comme des composantes prometteuses et importantes dans les programmes de lutte intégrée (Abd El-Ghany, 2019).

I.4.5 Taux d'infestation

Le taux d'infestation est quasi nul sur les deux variétés de tomates depuis le jour de la transplantation jusqu'au 20 Janvier sur les deux variétés de tomates. Au-delà de cette date, les taux observés étaient assez variables d'une variété à l'autre.

I.4.5.1 Première année d'étude

I.4.5.1.1 Taux d'infestation sur la variété Vermoni

Les résultats obtenus révèlent que le taux d'infestation sur les plants traités par le purin d'ortie était faible par rapport aux plants non traités (Fig.79).

Sur les folioles témoins, le taux d'infestation a été stable durant les trois premières dates d'échantillonnage à savoir les 20 et 27 Janvier et le 03 Février, ou il nous a été permis d'enregistrer un taux de 33.33%, coïncidant avec des moyennes de température respectives de 20.5°C, 30.5°C et 26.5°C. En effet, un maximum de 57.14% a été enregistré le 31 Mars où la température était de l'ordre de 21°C. Par ailleurs, un taux minimal de 28.57% a été observé le 17 Mars sous une température de 32°C (Fig.79).

Pour les plants traités avec le purin d'ortie, le 27 Janvier et le 03 Février, nous avons enregistré un faible taux de l'ordre de 12.69% sous des températures respectives de 30.5°C et 26.5°C. Par ailleurs, le maximum a été consigné par 33.33% le 07 Avril correspondant à une température moyenne de 26.5°C (Fig.79).

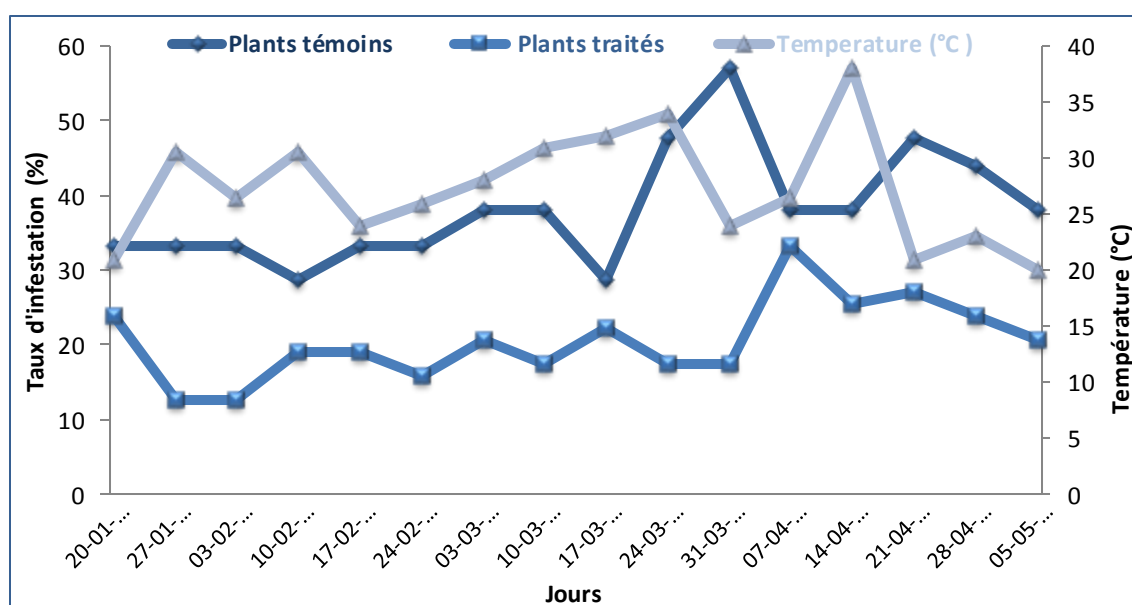


Figure 79 : Estimation des taux d'infestations (%) de *T. absoluta* sur les folioles de la variété Vermoni

I.4.5.1.2 Taux d'infestation sur la variété Nada

Le taux d'infestation de *T. absoluta* sur les plants de tomate de la variété Nada est reporté sur la figure 80. Il en ressort que les plants témoins indiquent des d'infestation largement supérieurs à ceux des plants traités.

Cependant, deux pics sont mis en valeur durant cette période sur les plants témoins, l'un a été enregistré le 03 Mars avec un taux de 57,14% et l'autre a été noté le 24 Mars avec 66.67% sous des températures moyennes respectives de 28°C et 34°C. En revanche, un taux

minimal de 38.09% a été consigné les 03, 10 et 24 Février, 10 Mars et 07 Avril sous des températures de 26.5°C, 30.5°C, 26°C, 31°C, 26.5°C, respectivement (Fig. 80).

En ce qui concerne les plants traités avec le purin d'ortie, un taux maximal de 47.62% fut enregistré sous une température de 28°C à la date du 03 Mars et un minimum de 17.46% d'infestation fut relevé au 07 Avril sous une température de 26.5°C (Fig. 80).

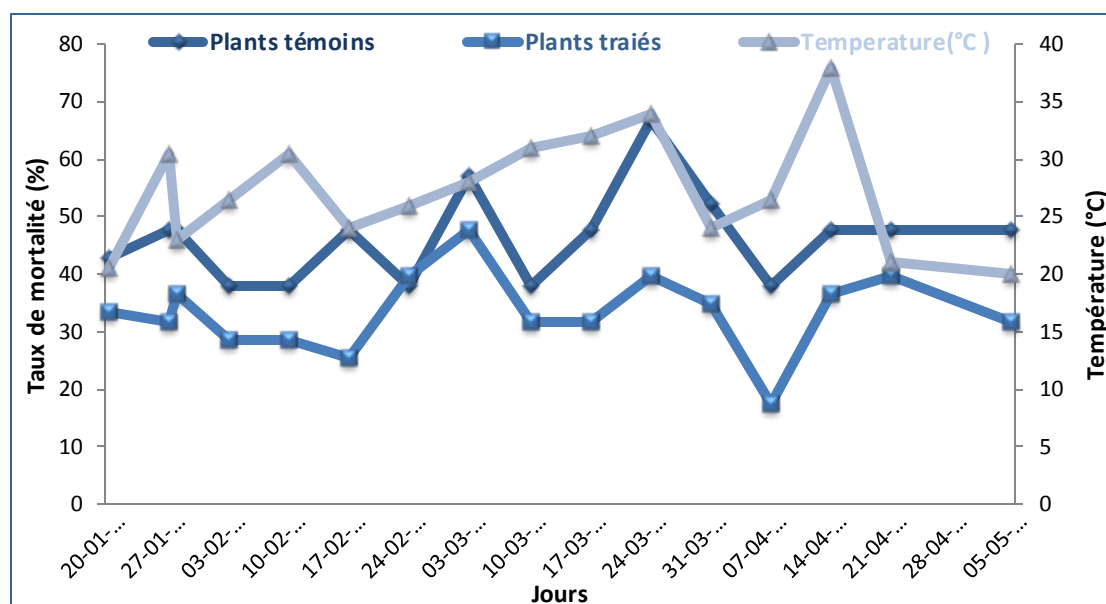


Figure 80 : Estimation du taux d'infestation (%) de *T. absoluta* sur les folioles de la variété Nada

I.4.5.1.3 Analyse de variances des taux d'infestation de *T. absoluta* sur les deux variétés de tomates

L'analyse de variance menée sur le taux d'infestation des plants de tomates témoins et ceux cultivés en intercalaire avec l'ail et traités par le purin d'ortie montre un résultat hautement significatif ($P < 0.001$). En effet, des moyennes de 38.34 ± 7.74 et 46.34 ± 8.14 ont été notés sur les feuilles témoins de Vermoni et Nada, respectivement. Alors que, les proportions les plus faibles ont été enregistrées sur les plants traités avec une moyenne de 20.31 ± 5.47 pour la variété Vermoni et 33.54 ± 7.14 pour la variété Nada, ce qui révèle que le purin d'ortie a été plus ou moins efficace dans la régulation des individus de *T. absoluta* (Fig. 81).

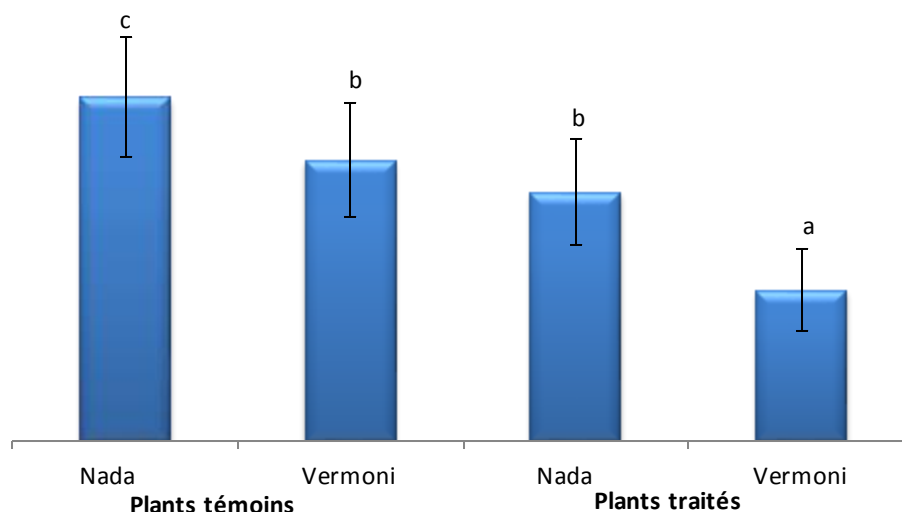


Figure 81 : Analyse de variances des taux d'infestations de *T. absoluta* sur les deux variétés de tomates

I.4.5.2 Deuxième année d'étude

Le taux d'infestation durant toute la période de l'étude en deuxième année d'étude a été nul sur tous les plants de tomates.

Pendant ce suivi, les plants de la variété Vermoni étaient moins infestés par rapport aux plants de la variété Nada. Soharbi *et al.* (2016) rajoutent que généralement l'utilisation d'un cultivar de tomate résistant dans le programme de sélection végétale pourrait être prometteur comme outil de contrôle comme cela a déjà été prouvé dans le dépistage des variétés de tomates. La sélection de variétés résistantes à *T. absoluta* est toujours un défi des différents programmes de sélection. Les sources de résistance les plus prometteuses restent les accessions de tomate sauvage. Cependant, la manipulation de la résistance à ce ravageur pourrait affecter les développements de micro et macroorganismes sur la tomate, entraînant des conséquences en cascade imprévues sur le rendement. Or, la faisabilité de l'intégration des variétés résistantes à *T. absoluta* à la lutte biologique dans les programmes de lutte intégrée doit être soigneusement appréciée (Biondi *et al.*, 2018).

Les résultats de cette étude ont indiqué que le purin d'ortie et la culture intercalaire « l'ail » dans les différents rapports de rangées réduisait les infestations de *T. absoluta* dans les plants de tomate par rapport à la monoculture de tomate. Une expérience a été menée en plein champ pour estimer l'effet de la culture intercalaire de plants d'ail sur la population de *T. absoluta* avec des plants de tomate. Les résultats obtenus indiquent que les individus de cette mineuse ont enregistré une moyenne de 24,71 en cas de tomate uniquement et une moyenne

de 8,63 en cas de plants de tomate associés à l'ail (Azouz, 2016). La diversification des cultures, y compris les cultures intercalaires, est l'une des méthodes utilisées dans la gestion intégrée des cultures pour réduire l'abondance des ravageurs et conserver les ennemis naturels (Midega *et al.*, 2014). Dans une étude réalisée par Khafagy (2015), les résultats obtenus ont montré que la culture intercalaire de plantes aromatiques à savoir le géranium, la menthe verte, le romarin et le basilic doux avec des plantations de tomates réduit le pourcentage d'infestation par cette mineuse. Par exemple, Medeiros *et al.* (2009) ont rapporté que la culture intercalaire de tomate avec de la coriandre et du gallant soldat dans des systèmes de culture biologique réduisait l'abondance de *T. absoluta* par rapport à la monoculture de tomate.

Les pesticides à base de plantes sont de meilleures stratégies de gestion que les pesticides synthétiques, car les pesticides à base de plantes sont écologiques, biodégradables, faciles à obtenir, économiques et durables. Les métabolites actifs présents dans les plantes agissent comme une substance toxique pour le contrôle des ravageurs qui peuvent être de contact ou systémiques (Joshi *et al.*, 2021). Selon Mahmoud *et al.* (2020), les activités insecticides des extraits aqueux de cinq plantes (Neem, Garlic, Argel, Coriandre et Khella) ont réduit significativement le nombre de folioles infestées, le nombre de mines et le nombre de fruits infestés par *T. absoluta* sous serre. Merrien et Marchand (2016), rapportent les avantages procurés par l'extrait fermenté de l'ortie sur les cultures, tant dans la lutte contre les parasites que dans son usage biostimulant, sont bien connus des agriculteurs et confirmés par les chercheurs, sans montrer d'effets toxiques sur son prédateur, la punaise (*Macrolophus pygmaeus*) (Gaspari *et al.*, 2007). En effet, le suédois Rolf Peterson a comparé pendant 2 mois l'action d'une solution minérale chimique à celle de l'extrait d'ortie sur des plants de radis, d'orge, de tomate et de blé cultivés en serre. Le résultat est sans équivoque : la méthode naturelle a produit une quantité plus importante de matière végétale fraîche, mais aussi de matière sèche, et le système racinaire des plantes ainsi traitées était plus développé (Bertrand 2010 ; Tissier 2011).

Sur la base des résultats, il pourrait être recommandé que les plants de tomates fertilisés par le compost dans un programme de lutte intégrée aient donné un pourcentage nul de folioles infestées par les larves de *T. absoluta* et un nombre faible de papillons adultes par piège dans une semaine. Les substances humiques présentent dans le compost interviennent dans le renforcement de la protection des plantes contre les infestations. Par conséquent, le compost peut améliorer la qualité et la santé des plantes et leur tolérance aux ravageurs et aux maladies (Atiyeh *et al.*, 2000, Arancon *et al.*, 2007). Plusieurs recherches ont démontré que

les plantes cultivées à l'aide d'amendements organiques ont une résistance élevée aux insectes ravageurs et aux maladies que les plantes cultivées avec des amendements d'engrais inorganiques synthétiques (Arancon *et al.*, 2004). En effet, Arancon *et al.* (2005) ont signalé la diminution des populations de pucerons verts du pêcher (*Myzus persicae* Sulz) et de cochenilles farineuses (*Pseudococcus spp.*) par les lombricompost sur les tomates et les poivrons ainsi que les chenilles de *Pieris brassicae* sur les choux.

La lutte contre ce ravageur dans diverses stratégies de protection phytosanitaire est essentielle. Ils peuvent être utilisés comme méthode autonome ou avec des programmes de lutte antiparasitaire intégrée qui emploie des méthodes biochimiques, biologiques, physiques et culturales (Upreti *et al.*, 2020).

I.4.6 Abondance relative des différents stades évolutifs de *T. absoluta*

I.4.6.1 Première année d'étude

Pour chaque date d'échantillonnage, l'abondance relative des différents stades : œuf, larves (L₁, L₂, L₃ et L₄) et nymphe a été calculée dans le but de suivre l'évolution des populations du ravageur.

I.4.6.1.1 Sur la variété Vermoni

Le suivi de l'abondance des œufs sur les folioles témoins de la variété Vermoni a subi un seul pic observé le 07 Avril avec un taux de 33.33%. Les larves étaient les plus abondantes sur les folioles avec des taux de 100% durant les premières semaines de l'étude. Par la suite une diminution de l'abondance a été notée à la douzième semaine avec un taux de 66.67%. Néanmoins, elle demeure importante en comparaison avec les autres stades (Fig. 82).

En ce qui concerne les plants traités, le graphe représentatif de l'abondance relative des œufs de *T. absoluta* enregistre 02 pics aux 03 et 24 Mars avec un taux de 33.33%. Les larves sont les plus fréquentes par rapport aux autres stades, avec des proportions comprises entre 66.67 et 100% (Fig. 83).

Durant toute notre étude, aucune chrysalide n'a été comptabilisée sur les deux variétés étudiées. Ceci, s'explique par la nymphose qui peut se dérouler aussi sur le sol.

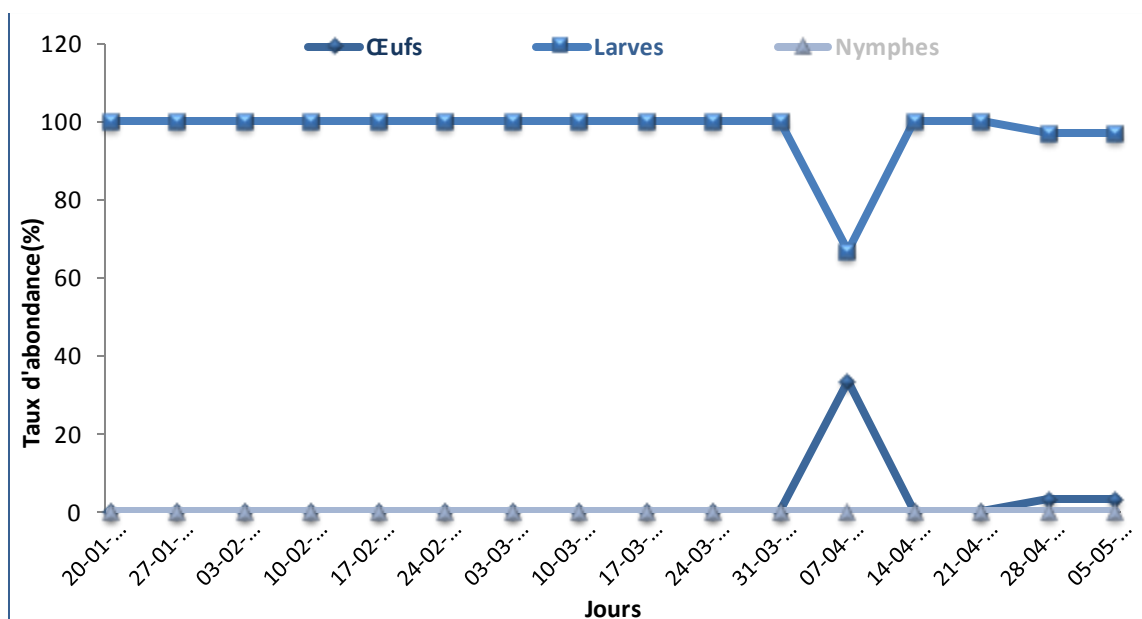


Figure 82: Abondance relative des différents stades de développement de *T. absoluta* sur les plants témoins de la variété Vernoni

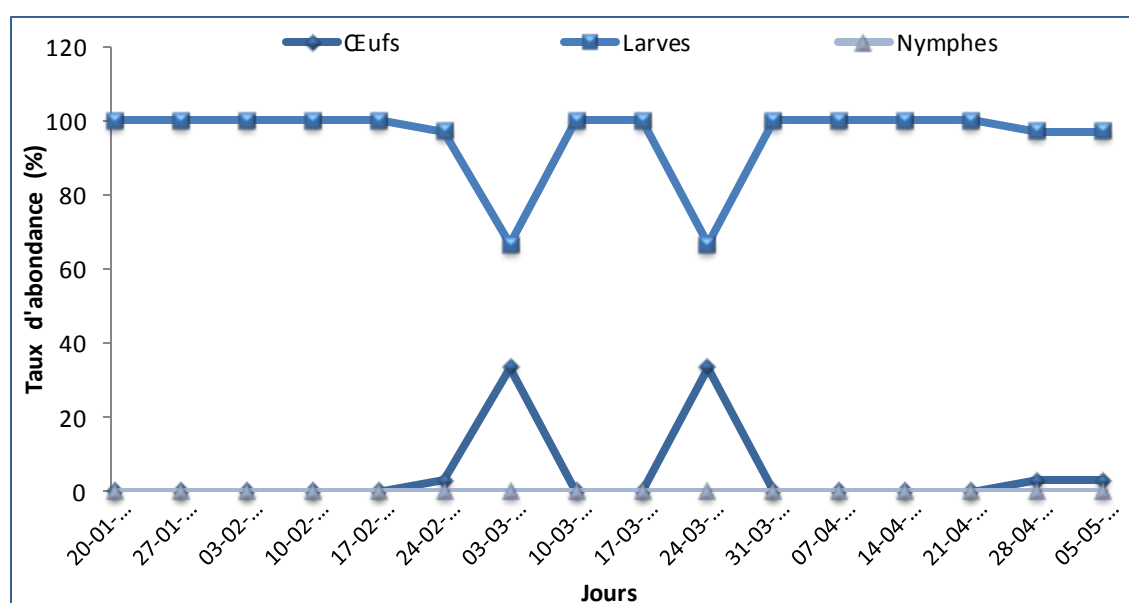


Figure 83 : Abondance relative des différents stades de développement de *T. absoluta* sur les plants traités de la variété Vernoni

I.4.6.1.2 Sur la variété Nada

La figure 85, elle indique que l'abondance des œufs sur des plants traités diminue au fur et à mesure que les effectifs des larves augmentent. En effet, une abondance minimale de 33,33% des larves a été observée le 07 Avril, alors qu'un maximum des œufs de 66,67% a été consigné à la même date. Par contre sur les plants témoins, on a enregistré une abondance importante des larves de 100% et seulement 33,33% pour les œufs, cela peut renseigner sur une génération de ce ravageur (Fig. 84).

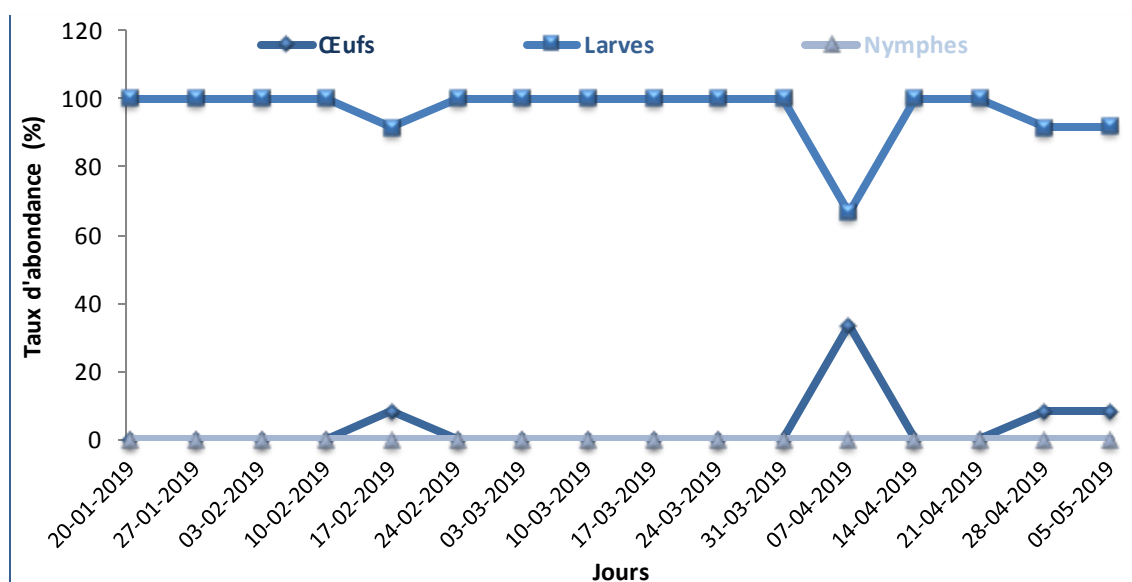


Figure 84 : Abondance relative des différents stades de développement de *T. absoluta* sur les plants témoins de la variété Nada

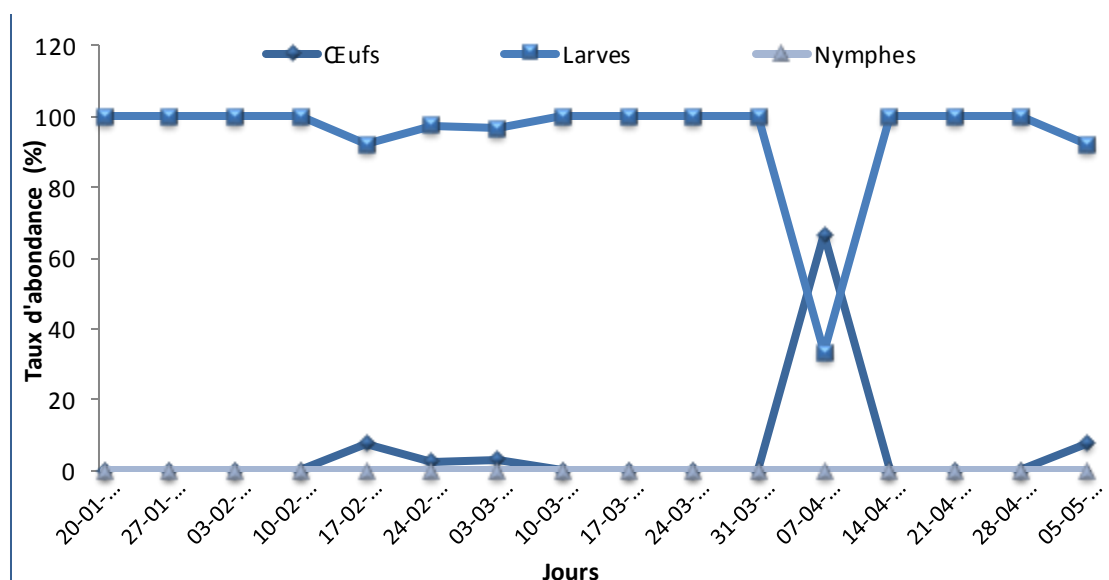


Figure 85 : Abondance relative des différents stades de développement de *T. absoluta* sur les plants traités de la variété Nada

I.4.6.1.3 Analyse de variance de l'abondance relative des différents stades évolutifs de *T. absoluta* sur les deux variétés de tomate

L'analyse de variance menée sur la moyenne des individus de *T. absoluta* sur les plants de tomates associés avec la culture l'ail et traités par le purin d'ortie et les plants témoins montre un résultat hautement significatif ($P < 0,001$). L'abondance des stades évolutifs sur les plants traités par le purin d'ortie était faible comparativement aux plants non traités.

L'abondance des larves a été la plus importante avec des moyennes de 16.66 ± 1.4 et 6.8 ± 0.48 furent observées respectivement sur les feuilles traitées et témoins (Fig. 86).

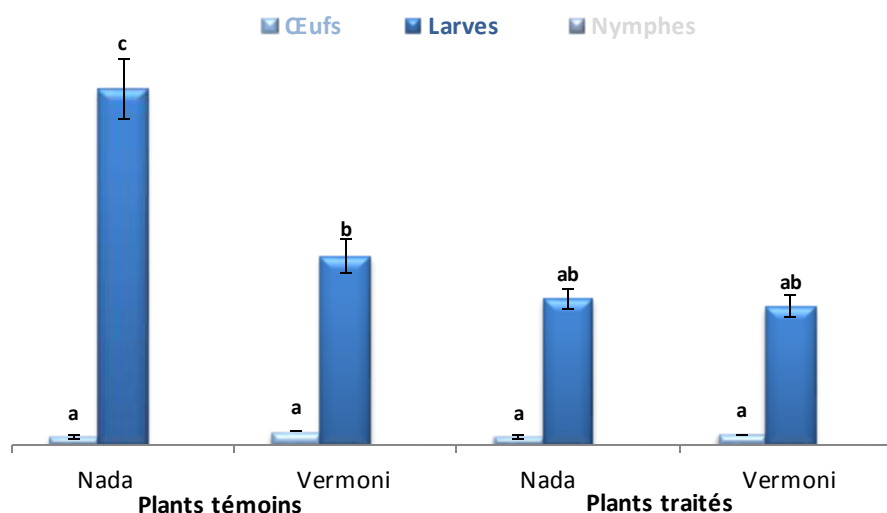


Figure 86 : Analyse de variance de l'abondance relative des différents stades évolutifs de *T. absoluta* sur les deux variétés de tomate

I.4.6.2 Deuxième année d'étude

Durant cette période d'étude étalée du mois de Décembre au mois de Mai, l'examen des feuilles de tomate a permis de mettre la lumière sur l'absence des populations immatures de *T. absoluta* sous serre à savoir les œufs, les larves et les chrysalides sur tous les plants de tomates.

I.4.7 Discussion

La comparaison des abondances relatives des différents stades larvaires de *T. absoluta* dans nos prélèvements pendant la première année d'étude, a fait apparaître que les effectifs des larves sont toujours élevés et les œufs exhibent une faible abondance. Ceci pourrait être expliqué par la courte durée de leurs éclosions. Or, une absence totale des chrysalides sur tous les plants de tomates a été observée. Cela est dû essentiellement au faible pourcentage de nymphose des larves du quatrième stade au niveau des folioles. La température est connue pour être le facteur environnemental le plus important qui affecte le développement, la survie, la reproduction, la distribution, l'abondance et la dynamique des populations d'insectes (Azrag *et al.*, 2017 ; 2018).

L'année suivante aucun individu n'a été noté. Cela peut dépendre de la stratégie de lutte intégrée appliquée, durant notre travail de recherche. Ceci rejoint les observations de Biondi

et al. (2018), qui affirme que les pratiques agricoles ont un fort effet sur l'infestation larvaire de *T. absoluta*.

I.4.8 Taux de mortalité des stades immatures de *T. absoluta*

I.4.8.1 Première année d'étude

I.4.8.1.1 Taux de mortalité sur la variété Vermoni

Il ressort des résultats obtenus que les plants traités par l'extrait aqueux d'ortie présentent un taux de mortalité supérieur à celui des plants témoins.

Sur les foliations témoins, on observe une chute brutale de la mortalité de la mineuse après le 17 Février où il a été enregistré un maximum de 40%. À partir du 31 Mars, la mortalité est pratiquement nulle (Fig. 87).

Sur les folioles traitées, le premier pic illustre une mortalité de 42.42% notée le 24 Février. Le deuxième pic est observé aux derniers jours (le 28 Avril et le 05 Mai) d'échantillonnage avec un pourcentage de 44.44% (Fig. 87).

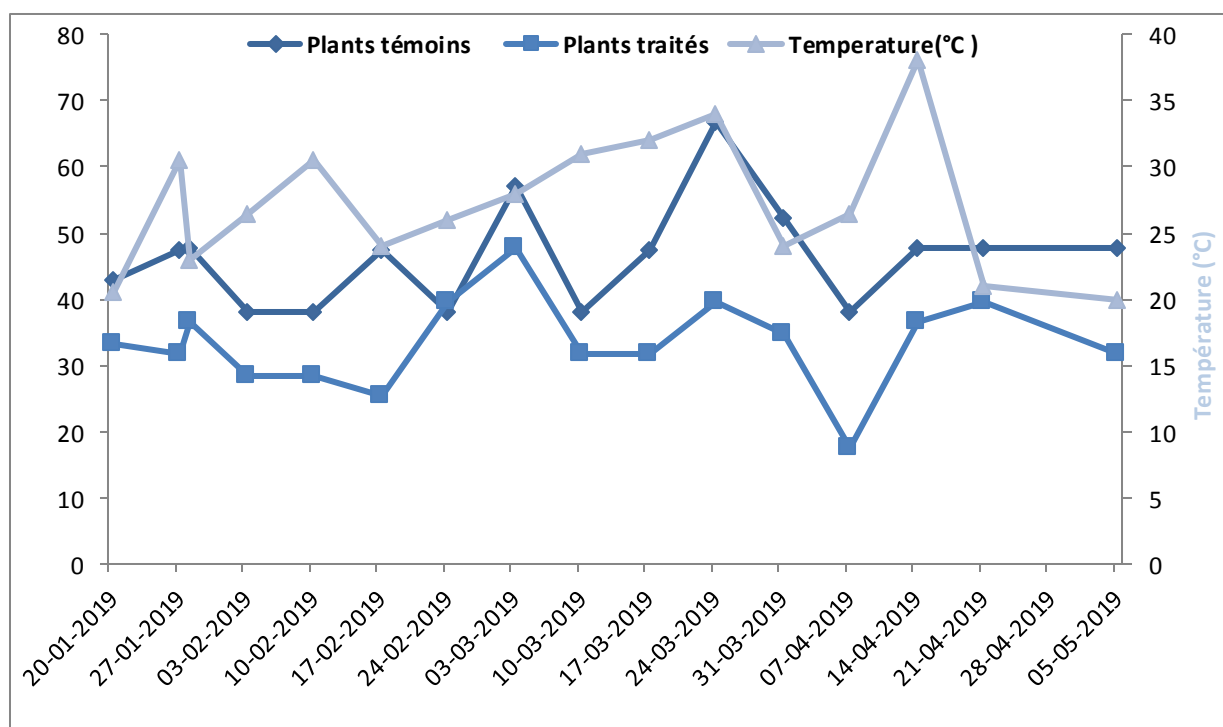


Figure 87 : Estimation de la mortalité des larves de *T. absoluta* sur les plants de la variété Vermoni

I.4.8.1.2 Taux de mortalité sur la variété Nada

Les résultats de la mortalité larvaire sur les folioles traitées ont révélé la présence de deux pics. Le premier a été enregistré à la date du 20 Janvier avec 11.11%. Tandis que, le deuxième a été noté le 17 Février avec un taux de 16.66%. À partir de cette date, nous notons une baisse progressive des individus morts jusqu'à une valeur nulle. A l'opposé, la mortalité de *T. absoluta* sur les feuilles traitées augmente pour atteindre un taux maximal de 38.46% le 17 Février. Pour les semaines qui suivent, le pourcentage des individus morts régresse tout en se maintenant à un seuil faible jusqu'au dernier jour d'échantillonnage où le taux de mortalité observé était de l'ordre de 33.33% (Fig. 88).

Les résultats nous indiquent clairement que la mortalité larvaire est moins importante sur les folioles non traitées que sur celles traitées.

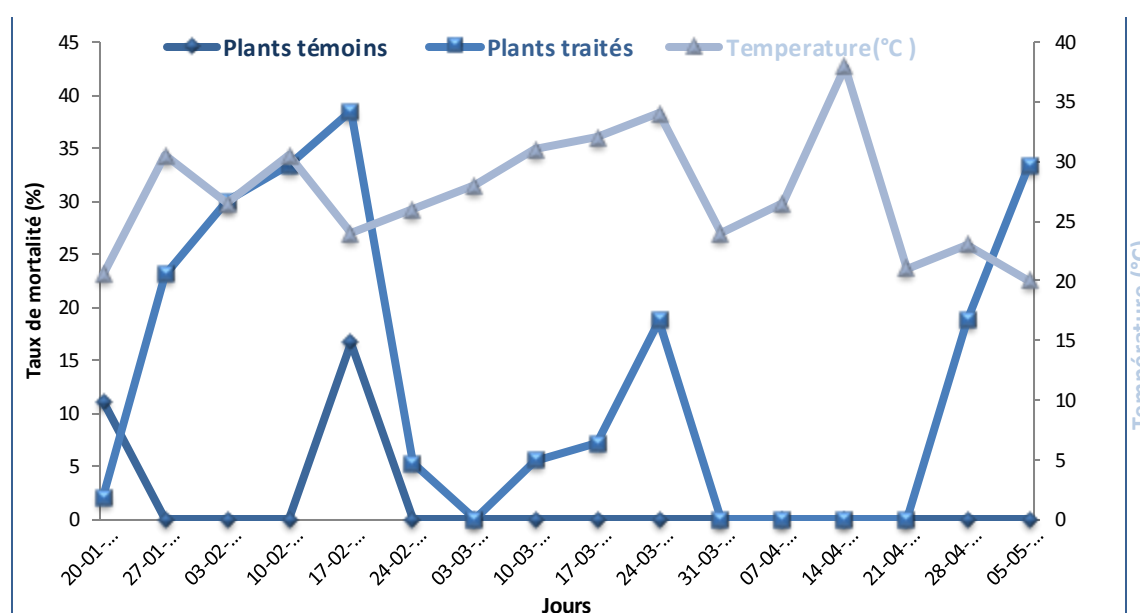


Figure 88 : Estimation de la mortalité des larves de *T. absoluta* sur les plants de la variété Nada

I.4.8.1.3 Analyse de variance des taux de mortalité des stades larvaires de *T. absoluta* sur les différents plants de tomate

Les résultats de l'analyse statistique ont montré des différences significatives ($P < 0.05$) entre les taux de la mortalité sur les plants de tomates traités où des moyennes respectives de 10.8 ± 1.67 et 13.13 ± 1.46 ont été consignées pour la variété Vermoni et la variété Nada ; et les plants non traités avec des moyennes de 8.22 ± 1.31 et 1.98 ± 0.51 qui ont été notées pour les variétés Vermoni et Nada, respectivement (Fig. 89).

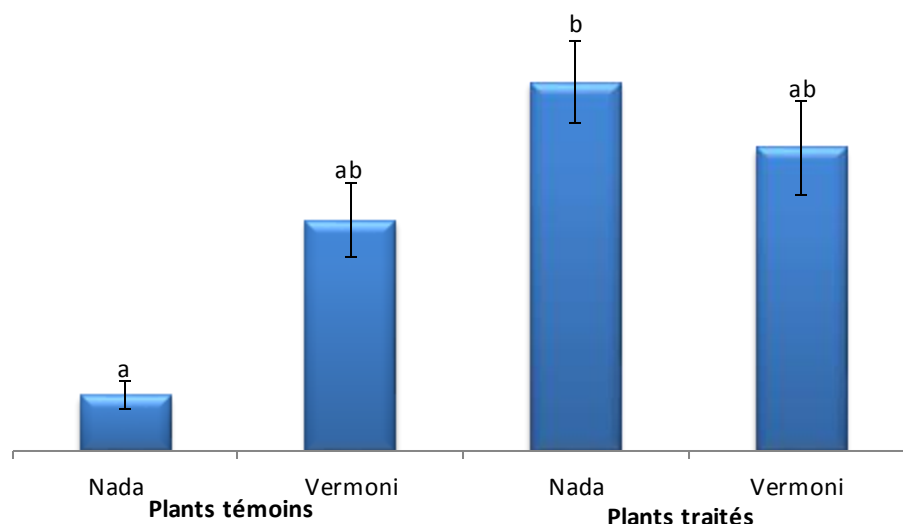


Figure 89 : Analyse de variance des taux de mortalité des stades immatures de *T. absoluta* sur les différents plants de tomate

I.4.8.2 Deuxième année d'étude

Sur tous les plants de tomates, aucun individu mort n'a été observé durant la période de l'essai en deuxième année.

I.4.9 Discussion

Les populations de *T. absoluta* sont moins importantes sur les plants traitées par l'extrait aqueux de l'ortie comparativement aux plants non traitées. À notre connaissance, aucune étude n'a été menée sur l'effet insecticide de cet extrait à l'égard de la mineuse de la tomate. Cependant, il a été cité dans la lutte contre les acariens, les pucerons (Dabrowski et Seredynska, 2007), les larves de papillons du chou, les chenilles velues, les vers gris, les fourmis rouges, les termites (Gautam *et al.*, 2018), les altises, les araignées rouges, les limaces, les champignons responsables de maladies cryptogamiques telles que la cloque du pêcher, la rouille grillagée du poirier, l'oïdium du pommier, la pourriture grise du fraisier, le mildiou ou encore la fonte des semis (Bertrand 2010 ; Gouffier 2010 ; Tissier 2011). Cet extrait inhibent la croissance d'*Acinetobacter calcoaceticus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus spizizenii*, *Bacillus subtilis*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Erwinia* sp., *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Micrococcus* sp., *Saccharomyces cerevisiae*, *Salmonella paratyphi* et *Serratia marcescens*. Les composés phénoliques présents dans l'ortie pourraient être responsables de cette activité antibactérienne (Modarresi-Chahardehi *et al.*, 2012).

Nos résultats rejoignent ceux de Shiberu et Getu (2017) ; Mutegei *et al.* (2018) qui ont pulvérisé les plants de tomate cultivés sous serre par l'extrait de neem et la mortalité larvaire est plus élevée sur les feuilles traitées. Dans les conditions de serre, un traitement à base d'extrait d'armoise a été efficace pour réduire les larves de *T. absoluta* (Derbalah *et al.*, 2012). Les résultats obtenus par les extraits aqueux de Chinaberry et de géranium étaient des bio-insecticides efficaces pour contrôler les populations de *T. absoluta* (Ghanim et Abdel Ghani, 2014).

I.5 Conclusion partielle

Les résultats obtenus sur le suivi des courbes de vol des adultes de la mineuse de la tomate montrent que les facteurs climatiques (températures et humidités) n'ont pas d'influence sur l'effectif des populations de *T. absoluta* dans la serre d'étude.

Nous avons constaté durant notre expérimentation que les larves sont les plus fréquentes par rapport aux œufs qui sont faiblement comptabilisées sur les deux variétés. Par ailleurs, aucune chrysalide n'a été comptabilisée durant toute notre étude.

L'analyse de variance menée sur la mortalité des larves sur les deux variétés (Vermoni et Nada) en fonction de l'extrait fermenté de l'ortie montre un effet significatif.

L'application foliaire du purin de l'ortie sur les plants de tomate en présence de l'ail comme culture intercalaire ont réduit les infestations des populations de *T. absoluta*, notant des taux d'infestations compris entre 12.69 et 33.33% pour la variété Vermoni et des taux qui varient entre 17.46 et 47.62% pour la variété Nada. Contrairement aux témoins où les taux d'infestations étaient élevés.

En conclusion, les résultats indiquent que la réalisation d'une intervention qui comprend des méthodes combinées au bon moment pourrait réduire le taux d'infestation.

Conclusion générale

Conclusion générale

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est le deuxième légume le plus cultivé et consommé en Algérie. Elle est cependant attaquée par de nombreux nuisibles dont *Tuta absoluta*, une mineuse qui en réduit les rendements.

L'extraction des génitalia nous a permis de déterminer avec exactitude que cet insecte s'agit bien de *T. absoluta*. En moyenne, les producteurs de la région de Mostaganem estiment que cette mineuse leur fait subir des pertes de rendement comprises entre 25 et 50% et l'utilisation d'insecticides chimiques de synthèse reste le moyen privilégié par les producteurs malgré les nombreux échecs de traitements enregistrés dans plusieurs cas.

L'inventaire du complexe d'ennemis naturels a dévoilé l'existence d'une nouvelle espèce d'hyménoptère parasitoïde connue pour son action biologique sur les populations larvaires de *T. absoluta*, il s'agit de *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Marsh, 1975). De même il nous a été permis de corriger par le recours à la biologie moléculaire de la nomination scientifique du parasitoïde *Necremnus artynes* en *Necremnus tutae*.

Le screening phytochimique des extraits hydrométhanoliques et des extraits fermentés des feuilles d'*Urtica membranacea*, de *Mentha rotundifolia* et de *Chrysanthemum coronarium* a révélé la présence des polyphénols totaux, des flavonoïdes, des tannins, des stérols et triterpènes, et les protéines. En effet, le dosage affirme que les extraits méthanoliques des espèces étudiées sont plus riches en composés phénoliques, en flavonoïdes et en tanins par rapport à les extraits fermentés.

Les résultats obtenus pour l'huile essentielle ont enregistré pour la menthe un chémotype formé par les substances majoritaires telles que le cyclobutaneacétonitrile, le 1-méthyl-2-(1-méthyléthényl)- (45,60%), le terpinène-4-ol (6,36%), le p-menthane (5,46%), le germacrène D (4,49%), terpinène-4-ol (6,36%), le myrcène (3,04%) et le caryophyllène (2,29%). Pour le chrysanthème, les principaux constituants enregistrés sont le farnésène (10,19%), le myrcène (10,12 %), l'eugénol (7,97 %), le germacrène D (6,34%), le phytol (4,88%), le pinène (3,66%).

L'extrait méthanolique de l'ortie est caractérisé par la présence de : phytol (38,17%), acide linoléique, méthyl ester (13,75%), neophytadiène (9,68%), acide hexadécanoïque, méthyl ester (6,25%), photocitral A (6,45) comme molécules principales. Alors que, le cyclobutaneacétonitrile, 1-méthyl-2-(1-méthyléthényl)- (61,56%), le germacrène D (3,67%),

le cis-4-thujanol (3.50%), et le caryophyllène (1.78%) sont les composants essentiels de l'extrait méthanolique de la menthe à feuilles rondes.

En ce qui concerne l'extrait méthanolique du chrysanthème à couronne, six constituants principaux ont été identifiés: phytol (18.88%), α -Farnesène (16.38%), acide dehydro-cohumulinic (10.98%), neophytadiène (10.91%), silane, ethylfluorodimethyl- (9.87%), myrcène (4.45%) et germacrène D (4.01%).

Pour les purins de la menthe et le chrysanthème aucun pic exploitable n'a été enregistré dans les mêmes conditions expérimentales. Tandis que, le para-crésol a représenté la composition totale de l'extrait fermenté de l'ortie douteuse.

Concernant les tests biologiques par le biais des bioinsecticides d'*Urtica membranacea*, de *Mentha rotundifolia* et de *Chrysanthemum coronarium* retenues pour notre étude a fait ressortir que les taux de mortalité enregistrés ont été élevés avec l'application des huiles essentielles suivie par des extraits méthanoliques. Alors que l'extrait fermenté a été le moins efficace. Ceci est en relation avec la teneur en molécule bioactive de chaque plante et chaque produit.

Par ailleurs, l'évaluation *in vitro* des bioproduits issus des trois plantes a montré que les stades L₁ et L₂ ont été les plus sensibles comparativement aux stades L₃ et L₄ avec des taux de mortalité très importants.

La toxicité des différents extraits et huiles essentielles étudiées à l'égard des chenilles de *T. absoluta* a permis de constater que la toxicité moyenne des larves augmente proportionnellement avec les doses et les huiles essentielles utilisées ainsi que la durée d'exposition. Les valeurs obtenues pour les DL₅₀ calculées après sept jours d'exposition, nous ont permis de conclure que les huiles essentielles testées présentent une efficacité importante. Les variations des taux de mortalités peuvent s'expliquer par la composition des espèces.

L'huile essentielle de *C. coronarium* est le plus performant contre les larves de *T. absoluta*. Elle a réussi à éliminer 50% de la population larvaire avec la plus faible concentration (1.07 μ l/ml).

La température et l'humidité relative n'ont pas eu d'influence sur les captures des adultes de *T. absoluta* dans la serre d'étude durant les deux années de l'expérimentation (2019 et 2021).

La comparaison des abondances relatives des différents stades larvaires a fait apparaître que durant la première année de l'essai (2019) les effectifs des larves ont été

toujours élevés en comparaison aux œufs et aux nymphes. Par contre, en deuxième année de l'étude (2021) l'effectif des stades évolutifs a été nul.

Durant la première année d'étude, le taux d'infestation de *T. absoluta* sur tomate traitées par le purin d'ortie en présence de l'ail comme culture intercalaire a été important sur la variété Nada comparativement à la variété Vermoni, notant des taux compris entre 17.46 et 47.62%. Concernant les témoins, les taux d'infestations étaient plus élevés avec des taux qui dépassent les 66%.

En deuxième année d'étude, les taux d'infestations ont été nul sur les deux variétés ce qui a permis de mettre en valeur l'efficacité de la lutte intégrée comme moyen de contrôle de ce ravageur.

En perspective, il est recommandé de faire l'élevage de ces deux espèces de parasitoïdes dans l'objectif de réguler naturellement ce bioagresseur par des lâchers inondatifs sous serre, et en combinant tout ces moyens en une stratégie de lutte intégrée.

Références bibliographiques

1. **Abbes, K and Chermiti, B. (2014).** Propensity of three Tunisian populations of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) for deuterotokou parthenogenetic reproduction. *African Entomology*, 22(3), 538-544.
2. **Abbes, K., Biondi, A., Zappala, L., Chermiti, B. (2014).** Fortuitous parasitoids of the invasive tomato leafminer *Tuta absoluta* in Tunisia. *Phytoparasitica* 42: 85-92.
3. **Abbott, W.S. (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol*, 18(2), 265-267.
4. **Abd El-Ghanny, N.M., Abdel-Razek, A.S., Djelouah, K., & Moussa, A. (2018).** Efficacy of bio-rational insecticides against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomatoes. *Bioscience Research*, 15, 28–40.
5. **Abd El-Ghany, N.M., Abdel-Razek, A.S., Ebadah, I.M.A., and Mahmoud, Y.A. (2016).** Evaluation of some microbial agents, natural and chemical compounds for controlling tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Plant Protection Research*, 56, 372–379.
6. **Abd El-Ghany, N.M. (2019).** Semiochemicals for controlling insect pests. *Journal of Plant Protection*. 59:1-11
7. **Abd-Allaa, H.I., Albalawy, M.A., Aly, H.F. (2014).** Flavone composition and antihypercholesterolemic and antihyperglycemic activities of *chrysanthemum coronarium* L. *Naturforsch C. Journal of Biosciences*. 69(5-6):199–208.
8. **Abdel-Baky, N.F., Alhewairini, S.S., Al-Azzazy, M.M., Qureshi, M.Z., Al-Deghairi, M.A., & Hajjar, J. (2021).** Efficacy of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 58(2).
9. **Abdelgaleil, S.A.M., Saad, M.M.G., Arieftha, N.R., Shiono, Y. (2020).** Antimicrobial and phytotoxic activities of secondary metabolites from *Haplophyllum tuberculatum* and *Chrysanthemum coronarium*. *South African Journal of Botany*, 128, 35–41.
10. **Abraços-Duarte, G., Ramos, S., Valente, F., Borges da Silva, E., & Figueiredo, E. (2021).** Functional response and predation rate of *Dicyphus cerastii* Wagner (Hemiptera: Miridae). *Insects*, 12(6), 530.
11. **Abubacker, M.N., & Deepalakshmi, T. (2013).** In vitro antifungal potential of bioactive compound methyl ester of hexadecanoic acid isolated from *Annona muricata* linn (annonaceae) leaves. *Bioscience Biotechnology Research Asia*, 10(2), 879-884.

12. **Abu-Shall, A.H. (2021).** Effect of infestation density with *Phelipanche aegyptiaca* on the efficiency of bio-agent, *Phytomyza orobanchia* and infestation by *Tuta absoluta* on tomato crop at El-Beheira Governo. Alexandria Science Exchange Journal, Vol. 42, No.2.
13. **Adam, O.A.O., Abadi, R.S.M., Ayoub, S.M.H. (2019).** The Effect of Extraction method and Solvents on yield and Antioxidant Activity of Certain Sudanese Medicinal Plant Extracts. Journal Phytopharmacol, 8(5):248-252.
14. **Adjei-Fremah, S., Asiamah, E.K., Ekwemalor, K., Jackai, L., Schimmel, K., & Worku, M. (2016).** Modulation of bovine Wnt signaling pathway genes by cowpea phenolic extract. Journal of Agricultural Science, 8(3), 21.
15. **AFNOR (Association Française de Normalisation) (1985).** Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. 2^{ème} édition, 200 p.
16. **AFNOR (Association Française de Normalisation), (1986).** Recueil des normes françaises "huiles essentielles". AFNOR, Paris, 57p.
17. **AFNOR NF X 31-151, (1993).** Sols, sédiments, boues de station d'épuration- Mise en solution d'éléments métalliques en traces (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) par attaques acides. In Qualité des sols, AFNOR, 139-145p.
18. **Ahmad, K.S., Hamid, A., Nawaz, F., Hameed, M., Ahmad, F., Deng, J., ... & Mahroof, S. (2017).** Ethnopharmacological studies of indigenous plants in Kel village, Neelum valley, Azad Kashmir, Pakistan. Journal of ethnobiology and ethnomedicine, 13(1), 1-16.
19. **Aigbedion-Atalor, P.O., Hill, M.P., Zalucki, M.P., Obala, F., Idriss, G.E., Midingoyi, S. K., ... & Mohamed, S. A. (2019).** The South America tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), spreads its wings in Eastern Africa: distribution and socioeconomic impacts. Journal of Economic Entomology, 112(6), 2797-2807.
20. **Aigbedion-Atalor, P.O., Mohamed, S.A., Hill, M.P., Zalucki, M.P., Azrag, A.G.A., Srinivasan, R., Ekesi, S. (2020).** Host stage preference and performance of *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae), a candidate for classical biological control of *Tuta absoluta* in Africa. Biological Control 144: e104215.
21. **Ainane, A., Abdoul-Latif, F.M., Mohamed, J., Attahar, W., Ouassil, M., Shybat, Z. L., ... & Ainane, T. (2021).** Behaviour desorption study of the essential oil of *Cedrus atlantica* in porous clay versus insecticidal activity against *Sitophilus granarius*: explanation of the phenomenon by statistical studies. International Journal of Metrology and Quality Engineering, 12, 12.

22. **Ait Taadaout, N., Hsaine, M., Rochdi, A., Nilahyane, A., & Bouharroud, R. (2012).** Effet des extraits végétaux méthanoliques de certaines plantes marocaines sur *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). *EPPO bulletin*, 42(2), 275-280.
23. **Ajibade, I.I., Sa'adu, L., Murana, K.A., & Maduka, N.C. (2018).** Dynamic Response, X-Raying the Genetic Structure and Population of *Tuta Absoluta*: Using North Western Nigeria as a Case Study. 63-67.
24. **Aksoy, E., & Kovanci, O.B. (2016).** Mass trapping low-density populations of *Tuta absoluta* with various types of traps in field-grown tomatoes. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 123(2), 51-57.
25. **Akutse, K.S., Fiaboe, K.K.M., Van den Berg, J., Ekesi, S. & Maniania, N.K. (2014).** Effects of endophyte colonization of *Vicia faba* (Fabaceae) plants on the life-history of leaf miner parasitoids *Phaedorotoma scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) and *Diglyphus Isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). *PLoS One*, 9, e109965.
26. **Al-Abedy, A.N., Al-Fadhal, F.A., Radi, A.W., & Salim, A.T. (2018).** Molecular identification of Tomato yellow leaf curl virus and its whitefly vector *Bemisia tabaci*. *Journal of Global Pharma Technology*, 10, 11–12.
27. **Alajrami. M.A., Abu-Nase, S.S. (2019).** Type of tomato classification using deep learning. *International Journal of Academic Pedagogical Research (IJAPR) ISSN: 2643-9603*. Vol. 3 Issue 12. Pages: 21-25.
28. **Al-Azzazy, M. M., Alhewairini, S.S., Abdel-Baky, N.F., Qureshi, M.Z., & Hajjar, M.J. (2022).** Evaluation of the effectiveness of *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) as a predator of *Tuta absoluta* (Meyrick). *Brazilian Journal of Biology*, 82.
29. **Al-Harbi, N.A., Al Attar, N.M., Hikal, D.M., Mohamed, S.E., Abdel Latef, A.A.H., Ibrahim, A.A., Abdein, M.A. (2021).** Evaluation of Insecticidal Effects of Plants Essential Oils Extracted from Basil, Black Seeds and Lavender against *Sitophilus oryzae*. *Plants*, 10(5), 829.
30. **Ali, W., Jilani, M.S., Naeem, N., Waseem, K., Khan, J., Ahmad, M.J. (2012).** Evaluation of different hybrids of tomato under the climatic conditions of Peshawar. *Sarhad Journal of Agriculture* 28(2), 207–212.
31. **Ali, W.N.W.M., Ahmad, R., Nor, Z.M., & Hassan, A.F.J.S. (2020).** Spatial distribution, enzymatic activity, and insecticide resistance status of *Aedes Aegypti* and *Aedes Albopictus* from dengue hotspot areas in Kuala Lumpur and Selangor, Malaysia. *Malaysia. Serangga*, 25, 65-92.

32. **Alikhani, M., Safavi, S.A., and Iranipour, S. (2019).** Effect of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, on demographic fitness of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control. 29-23.
33. **Alili, D., Doumandji, A., Benrima, A., Doumandji, S., & Doumandji, B. (2014).** Pheromone trapping and control by Insect-Proof nets of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in greenhouses and in the field at Fouka Marine. Bulletin de la Société Zoologique de France, 139(1/4), 71-81.
34. **Allache, F., Bouta, Y., & Demnati, F. (2015).** Population development of the tomato moth *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato in Biskra, Algeria. Journal of Crop Protection, 4(4), 509-517.
35. **Allache, F., Houhou, M.A., Osmane, I., Naili, L., et Demnati, F. (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.
36. **Amizadeh, M., Hejazi, M.J., Niknam, G., and Arzanlou, M. (2015).** Compatibility and interaction between *Bacillus thuringiensis* and certain insecticides: Perspective in management of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Biocontrol Science and Technology, 25,671–684.
37. **Anton, J., Garrido, A. (1996).** Differences in the morphology of male and female pupae of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Florida Entomol 79: 603-606.
38. **Aouadi, G., Soltani, L.K., Grami, M.B., Abada, S., Haouel, E., Boushah, M., Chaanbi, S., Elkahoui, S., Hajlaoui, M.R., Jemâa, J.M.B., Taibi, F., (2021).** Chemical investigations on Algerian *Mentha rotundifolia* and *Myrtus communis* essential oils and assessment of their insecticidal and antifungal activities. International Journal of Agriculture and Biology. 26:667–680.
39. **Aouadi, G.S., Haouel, A., Soltani, M.B., Abada, E., Boushah, S., Elkahoui, F., Taibi, J.M.B., Jemâa, S. (2020).** Screening for insecticidal efficacy of two Algerian essential oils with special concern to their impact on biological parameters of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). The Journal of Plant Diseases and Protection. 127:471–482.
40. **Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., & Metzger, J.D. (2004).** Influences of vermicomposts on field strawberries: Effects on growth and yields. Bioresource technology, 93(2), 145-153.

41. **Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Dick, R., & Dick, L. (2007).** Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*, 48(11), 51.
42. **Arnó Satorra, J., Martínez Casanovas, J.A, Ribes Dasi, M., & Rosell Polo, J.R. (2009).** Viticulture de précision. Sujets de recherche, défis et opportunités dans la gestion des vignobles spécifiques au site. *Journal espagnol de la recherche agricole*, 2009, vol. 7, numéro. 4, p. 779-790.
43. **Arno, J., Gabarra, R., Molina, P., Godfrey, K.E., Zalom, F.G. (2019).** *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) success on common Solanaceous species from California tomato production areas. *Environ Entomol* 48:1394-1400.
44. **Arnó, J., Molina, P., Aparicio, Y., Denis, C., Gabarra, R., & Riudavets, J. (2021).** Natural enemies associated with *Tuta absoluta* and functional biodiversity in vegetable crops. *BioControl*, 66(5), 613-623.
45. **Arnó, J., Molina, P., Aparicio, Y., Denis, C., Gabarra, R., Riudavets, J. (in press).** Natural enemies associated with *Tuta absoluta* and functional biodiversity in vegetable crops. *BioControl*.
46. **Ashour, M., Wink, M., Gershenzon, J. (2018).** Biochemistry of terpenoids: Monoterpenes, sesquiterpenes and diterpenes. *Annu. Plant Rev.* 40, 258–303.
47. **Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J.D., & Shuster, W. (2000).** Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, 44(5), 579-590.
48. **Aziz, P., Muhammad, N., Intisar, A., Abid, M. A., Din, M. I., Yaseen, M., ... & Ejaz, R. (2021).** Constituents and antibacterial activity of leaf essential oil of *Plectranthus scutellarioides*. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 155(6), 1247-1252.
49. **Azouz, H. A. (2016).** The effect of Intercropping Tomato with Garlic Plants on the Corresponding infestation with some Pests at Beni-Suif Governorate. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. Entomology*, 9(3), 1-6.
50. **Azrag, A. G., Murungi, L. K., Tonnang, H. E., Mwenda, D., & Babin, R. (2017).** Temperature-dependent models of development and survival of an insect pest of African tropical highlands, the coffee antestia bug *Antestiopsis thunbergii* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of thermal biology*, 70, 27-36.
51. **Azrag, A.G., Pirk, C.W., Yusuf, A.A., Pinard, F., Niassy, S., Mosomtai, G., & Babin, R. (2018).** Prediction of insect pest distribution as influenced by elevation: Combining

- field observations and temperature-dependent development models for the coffee stink bug, *Antestiopsis thunbergii* (Gmelin). PloS one, 13(6), e0199569.
52. **Azwanida, N.N. (2015).** A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med Aromat Plants*, 4(196), 2167-0412.
 53. **Babita, S., Sellam, P., Jayoti, M., & Puja, R. (2014).** Floral essential oils: importance and uses for mankind. *HortFlora Research Spectrum*, 3(1), 7-13.
 54. **Bacci, L., da Silva, É.M., Martins, J.C., Soares, M.A., Campos, M.R.D., & Picanço, M.C. (2019).** Seasonal variation in natural mortality factors of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in open-field tomato cultivation. *Journal of Applied Entomology*, 143(1-2), 21-33.
 55. **Badaoui, M.I. et Berkani, A. (2010).** Morphologie et comparaison des appareils génitaux de deux espèces invasives *Tuta absoluta* Meyrick 1917 et *Phthorimaea operculella* Zeller 1873 (Lepidoptera: Gelechiidae). *Faunistic Entomology* 63(3), p. 191-194.
 56. **Bakheit, E.H., Mahmoud, M.E., Taha, A.K., Abdelhalim, T.S., Mustafa, K.A., El Tahir, I.M., & Abdellatef, E. (2022).** Prospects of resistance of some Sudanese tomato accessions to tomato fruit borer (*Tuta absoluta*) (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) and its mechanism.
 57. **Ballal, C.R., Gupta, A., Mohan, M., Lalitha, Y., & Verghese, A. (2016).** The new invasive pest *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in India and its natural enemies along with evaluation of Trichogrammatids for its biological control. *Current science*, 2155-2159.
 58. **Banaras, S., Javaid, A., & Khan, I.H. (2020).** Potential antifungal constituents of *Sonchus oleraceous* against *Macrophomina phaseolina*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 24(5), 1376-1382.
 59. **Banaras, S., Javaid, A., & Khan, I.H. (2021).** Bioassays guided fractionation of *Ageratum conyzoides* extract for the identification of natural antifungal compounds against *Macrophomina phaseolina*. *International Journal of Agriculture & Biology*, 25, 761-767.
 60. **Banerjee, J., Chanda, R., & Samadder, A. (2019).** Anti-diabetic activity of *Momordica charantia* or bitter melon: a review. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences*, 3, 24-30.
 61. **Banu, K.S., & Cathrine, L. (2015).** General techniques involved in phytochemical analysis. *International journal of advanced research in chemical science*, 2(4), 25-32.

62. **Barba-Ostria, C., Carrera-Pacheco, S.E., Gonzalez-Pastor, R., Heredia-Moya, J., Mayorga-Ramos, A., Rodríguez-Pólit, C., & Guamán, L.P. (2022).** Evaluation of Biological Activity of Natural Compounds: Current Trends and Methods. *Molecules*, 27(14), 4490.
63. **Basta, A., Pavlović, M., Couladis, M., & Tzakou, O. (2007).** Essential oil composition of the flowerheads of *Chrysanthemum coronarium* L. from Greece. *Flavour and fragrance journal*, 22(3), 197-200.
64. **Bastola, A., Pandey, S.R., Khadka, A., & Regmi, R. (2020).** Efficacy of commercial insecticides against tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in palpa, Nepal. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(11), 2388-2396.
65. **Batuman, O., Turini, T. A., LeStrange, M., Stoddard, S., Miyao, G., Aegerter, B.J., Gilbertson, R. L. (2020).** Development of an IPM Strategy for Thrips and Tomato spotted wilt virus in Processing Tomatoes in the Central Valley of California. *Pathogens*, 9(8), 636.
66. **Bawin, T., Dujeu, D., De Backer, L., Fauconnier, M.L., Lognay, G., Delaplace, P., & Verheggen, F. J. (2015).** Could alternative solanaceous hosts act as refuges for the tomato leafminer, *Tuta absoluta*?. *Arthropod-plant interactions*, 9(4), 425-435.
67. **Bawin, T., Dujeu, D., De Backer, L., Francis, F., & Verheggen, F.J. (2016).** Ability of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) to develop on alternative host plant species. *The Canadian Entomologist*, 148(4), 434-442.
68. **Bayram, M., Altuntas, E., and Yilar, M. (2017).** Geometric, volumetric, colour and frictional properties of selected *salvia* species of Turkey. *Afr J Tradit Complement Altern Med.*, 14 (3):128- 135.
69. **Békro, Y.A., Janat, A., Békro, M., Boua, B.B., Trabi, F.H and Éhilé, E. (2007).** Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *caesalpinia benthamiana* (baill.) herend et zarucchi (caesalpinaceae). *Sciences & nature*. vol 4 n° 2: 217 – 225.
70. **Ben Haj Yahia, I., Zaouali, Y., Ciavatta, M.L., Ligresti, A., Jaouadi, R., Boussaid, M., & Cutignano, A. (2019).** Polyphenolic Profiling, Quantitative Assessment and Biological Activities of Tunisian Native *Mentha rotundifolia* (L.) Huds. *Molecules*, 24(13), 2351.
71. **Benabdallah, A., Boumendjel, M., Aissi, O., Rahmoune, C., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2018).** Chemical composition, antioxidant activity and

- acetylcholinesterase inhibitory of wild *Mentha* species from northeastern Algeria. South African Journal of Botany, 116, 131-139.
72. **Benabdallah, A., Rahmoune, C., Boumendjel, M., Aissi, O., & Messaoud, C. (2016).** Total phenolic content and antioxidant activity of six wild *Mentha* species (Lamiaceae) from northeast of Algeria. Asian Pacific journal of tropical biomedicine, 6(9), 760-766.
 73. **Benchouikh, A., Allam, T., Kribii, A., and Ounine, K. (2016).** “The study of the insecticide effect of the essential oil of *Syzygium aromaticum* L. against larvae of *Tuta absoluta*,” International Journal of Innovation and Scientific Research, vol. 20, no. 1, pp. 188–194.
 74. **Bennour, C., Belgacem, A. B., Hamza, H., & Ben, H. (2021).** A review of the management of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) with special reference to biological control using plant extracts.
 75. **Berkani, A. et Badaoui, M.I. (2008).** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick, 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae). Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, pp 16.
 76. **Bertrand, B., Jeanne, A. (2008).** “Les secrets de l’Ortie”, 10^{ème} Ed. Du Terran: 45- 95.
 77. **Bertrand, B. (2010).** Les secrets de l’Ortie. de Terran. Vol. 1. Le compagnon végétal.
 78. **Berxolli, A., & Shahini, S. (2017).** Population dynamic of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Albanian Journal of Agricultural Sciences, 85-89.
 79. **Bett, P.K., Deng, A.L., Ogendo, J.O., Kariuki, S. T., Kamatenesi-Mugisha, M., Mihale, J.M., & Torto, B. (2017).** Residual contact toxicity and repellence of *Cupressus lusitanica* Miller and *Eucalyptus saligna* Smith essential oils against major stored product insect pests. Industrial Crops and Products, 110, 65-74.
 80. **Bhardwaj, M., Sali, V.K., Mani, S., & Vasanthi, H.R. (2020).** Neophytadiene from *Turbinaria ornata* suppresses LPS-induced inflammatory response in RAW 264.7 macrophages and Sprague Dawley rats. Inflammation, 43(3), 937-950.
 81. **Biao, F., Afouda, L., Kone, D. (2019).** Prévalence des maladies virales du piment (*Capsicum* spp.) et perception des producteurs dans la commune de Malanville au Nord-Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 13, 166-177.
 82. **Bichra. M., El modafar. C., El boustani, E and Benkhalti, F. (2012).** Antioxidant and anti-browning activities of *Mentha suaveolens* extracts. African Journal of Biotechnology, 11(35): 8722-8729.

83. **Bilen, S., Ünal, S., & Güvensoy, H. (2016).** Effects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and nettle (*Urtica dioica*) methanolic extracts on immune responses and resistance to *Aeromonas hydrophila* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 454, 90-94.
84. **Biondi, A., Guedes, R.N.C., Wan, F.H. & Desneux, N. (2018).** Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. *Annu. Rev. Entomol.* 63, 239–258.
85. **Birhan, Z., Tushune, K., & Jebena, M.G. (2018).** Sexual and reproductive health services use, perceptions, and barriers among young people in southwest Oromia, Ethiopia. *Ethiopian journal of health sciences*, 28(1), 37-48.
86. **Birkett, MA, Al Abassi S, Krober T, Chamberlain K.; Hooper, A.M., Guerin, P.M., Pettersson, J., Pickett, J.A., Slade, R., Wadhams, L.J., (2008).** Antiectoparasitic activity of the gum resin, gum haggard, from the East Africa plant, *Commiphora holtziana*. *Phytochemistry*. 69, 1710–1715.
87. **Blancard D., (2017).** *Tuta absoluta*. Bioagresseur émergent en France. Ephytia Identifier / connaître / maîtriser.
88. **Blanchard-Gros, R., Martinez, J. P., and Quinet, M. (2021).** Comparison of drought and heat resistance strategies among 6 populations of *Solanum chilense* and Two Cultivars of *Solanum lycopersicum* *Plants*, 10, 1720.
89. **Bobis, O., Dezmirean, D.S., Tomos, L., & Chirila, F. (2015).** Influence of phytochemical profile on antibacterial activity of different medicinal plants against gram-positive and gram-negative bacteria. *Applied biochemistry and microbiology*, 51(1), 113-118.
90. **Boizot, N., & Charpentier, J.P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.
91. **Bokobana, E. M., Koffi, K.O.B.A., Poutouli, W. ., Akantetou, P.K., Nadio, N.A., Laba, B., ... & Sanda, K. (2014).** Évaluation du potentiel insecticide et répulsif de l'huile essentielle de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. sur *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), ravageur du cotonnier au Togo. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2(2).
92. **Bonamin, F., Moraes, T.M., Dos Santos, R.C., Kushima, H., Faria, F.M., Silva, M.A., ... & Hiruma-Lima, C.A. (2014).** The effect of a minor constituent of essential oil

- from *Citrus aurantium*: The role of β -myrcene in preventing peptic ulcer disease. *Chemico-biological interactions*, 212, 11-19.
93. **Bonnaillie, C., Salacs, M., Vassiliova, E., Saykova, I., (2012).** Étude de l'extraction de composés phénoliques à partir de pellicules d'arachide (*Arachis hypogaea* L.). *Revue de génie industriel*. Volume 7. pp. 35-45.
 94. **Bosquee, E., Boullis, A., Bertaux, M., Francis, F., Verheggen, F.J. (2018).** Dispersion of *Myzus persicae* and transmission of potato virus Y under elevated CO₂ atmosphere. *Entomol. Exp. Appl.* 166, 380–385.
 95. **Boualem, M., Allaoui, H., Hamadi, R., Medjahed, M. (2012).** Biologie et complexe des ennemis naturels de *Tuta absoluta* à Mostaganem (Algérie). *Bull OEPP/EPPO Bull.* 42 (2): 268–274.
 96. **Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Talbaoui, A., Khouchlaa, A., Charfi, S., ... & Dakka, N. (2017).** Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. *Phytothérapie*, 1-11.
 97. **Božović, M., Pirolli, A., & Ragno, R. (2015).** *Mentha suaveolens* Ehrh.(Lamiaceae) essential oil and its main constituent piperitenone oxide: Biological activities and chemistry. *Molecules*, 20(5), 8605-8633.
 98. **Brada, M., Bezzina, M., Marlier, M., Annabelle Carlier, A., and Lognay, G., (2007).** Variabilité de la composition chimique des huiles essentielles de *Mentha rotundifolia* du Nord de l'Algérie. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 11(1): 3-7
 99. **Bradea, M.S., Abdul-Hussain, A.S., Snoussi, S.A. et Beghlal, K. (2015).** Effet d'un engrais biologique sur la croissance et le rendement de la tomate (*Lycopersicon esculentum* cerasiforme), cultivée sous serre. *Revue Agrobiologia*. N°7, 33-37.
 100. **Brahmi, F., Adjaoud, A., Marongiu, B., Porcedda, S., Piras, A., Falconieri, D., YalaouiGuellal, D., Elsebai, M.F., Madani, K., Chibane, M., (2016).** Chemical composition and in vitro antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities of the essential oils of *Mentha pulegium* L. and *Mentha rotundifolia* (L.) Huds growing in Algeria. *Industrial Crops and Products*, 88, 96–105.
 101. **Bribi, N. (2018).** Pharmacological activity of alkaloids: a review. *Asian Journal of Botany*, 1(1), 1-6.
 102. **Brito, E.F.D., Baldin, E.L.L., Silva, R.D.C. M., Ribeiro, L.D.P., & Vendramim, J.D. (2015).** Bioactivity of Piper extracts on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 196-202.

103. **Bruce, T.J.A., Birkett, M.A., Blande, J., Hooper, A.M., Martin, J.L., Khambay, B., Prosser, I., Smart, L. E., Wadhams, L. J. (2005).** Response of economically important aphids to components of *Hemizygia petiolata* essential oil. *Pest Management Science*. 61, 1115–1121.
104. **Bruneton, J. (2015).** *Pharmacognosie (5° Éd.) Phytochimie - Plantes médicinales*, Tec and Doc, Lavoisier, Paris. 1504pp.
105. **Butsat, S., & Siriamornpun, S. (2016).** Effect of solvent types and extraction times on phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity in leaf extracts of *Amomum chinense* C. *International Food Research Journal*, 23(1).
106. **CABI. (2019).** *Tomato Leaf miner (Tuta absoluta): Impacts and Coping Strategies for Africa*; CABI: Wallingford, UK.
107. **CABI. (2020).** *Crop protection compendium*. Wallingford: CAB International.
108. **CABI. (2022).** *CABI Distribution Database: Status as determined by CABI editor*. Wallingford, UK: CABI. Retrieved from: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/49260>
109. **Caïd, N., Chachoua, M., Berrichi, F. (2019).** Analyse spatiale diachronique de l'occupation du vignoble algérien depuis 60 ans: Cas de la wilaya de Mostaganem. *Physio-Géo Géographie Physique Environ*, 13, 53–74.
110. **Calvo, F.J., Lorente, M.J., Stansly, P.A., & Belda, J.E. (2012).** Preplant release of *Nesidiocoris tenuis* and supplementary tactics for control of *Tuta absoluta* and *Bemisa tabaci* in greenhouse tomato. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 143(2), 111-119.
111. **Calvo, F.J., Soriano, J.D., Bolckmans, K., & Belda, J.E. (2013).** Host instars suitability and life-history parameters under different temperature regimes of *Necremnus artynes* on *Tuta absoluta*. *Biocontrol Science and Technology*. 23(7), 803- 815.
112. **Calvo, F.J., Soriano, J.D., Stansly, P.A., Belda, J.E. (2016).** Can the parasitoid *Necremnus tutae* (Hymenoptera: Eulophidae) improve existing biological control of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)? *Bull Entomol*, 106:502–511.
113. **Campolo, O., Cherif, A., Ricupero, M., Siscaro, G., Grissa-Lebdi, K., Russo, A., ... & Palmeri, V. (2017).** *Citrus peel* essential oil nanoformulations to control the tomato borer, *Tuta absoluta*: chemical properties and biological activity. *Scientific reports*, 7(1), 1-10.
114. **Campolo, O., Giunti, G., Laigle, M., Michel, T., & Palmeri, V. (2020).** Essential oil-based nano-emulsions: Effect of different surfactants, sonication and plant species on physicochemical characteristics. *Industrial Crops and Products*, 157, 112935.

115. **Campos, M. R., Biondi, A., Adiga, A., Guedes, R., and Desneux, V. (2017).** From the Western Palaearctic region to beyond: *Tuta absoluta* 10 years after invading Europe. *Journal of Pest Science*. 90: 787–796.
116. **Caparros Megido, R., Haubruge, E., Verheggen, F.J. (2012).** First evidence of deuterotokous parthenogenesis in the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). *Journal of Pest Science*; 85(4): 409–412.
117. **Caparros Megido, R., Haubruge, E., Verheggen, F. (2013).** Review: stratégies de gestion à base de phéromone pour contrôler la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). BASE Dans la presse.
118. **Cappello, A.R., Dolce, V., Iacopetta, D., Martello, M., Fiorillo, M., Curcio, R., Muto, L., Dhanyalayam, D. (2016).** Bergamot (*Citrus bergamia* Risso) Flavonoids and Their Potential Benefits in Human Hyperlipidemia and Atherosclerosis: An Overview. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 16, 619–629.
119. **Carmo-Sousa, M., Moreno, A., Plaza, M., Garzo, E., Fereres, A. (2016).** Cucurbit aphid-borne yellows virus (CABYV) modifies the alighting, settling and probing behaviour of its vector *Aphis gossypi* favouring its own spread. *Annals of Applied Biology*, 01-10.
120. **Chailleux, A., Desneux, N., Seguret, J., Do Thi Khanh, H., Maignet, P., & Tabone, E. (2012).** Assessing European egg parasitoids as a mean of controlling the invasive South American tomato pinworm *Tuta absoluta*. *PloS one*, 7(10), e48068.
121. **Chailleux, A., Mohl, E. K., Teixeira Alves, M., Messelink, G. J., & Desneux, N. (2014).** Natural enemy-mediated indirect interactions among prey species: potential for enhancing biocontrol services in agroecosystems. *Pest management science*, 70(12), 1769-1779.
122. **Chandel, R. K., Nebapure, S. M., Sharma, M., Subramanian, S., Srivastava, C., & Khurana, S. M. (2021).** Insecticidal and repellent activities of eucalyptus oil against lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 525-529.
123. **Chang, C.C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002).** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3).
124. **Chauhan, N., Kumar, P., Mishra, S., Verma, S., Malik, A., & Sharma, S. (2015).** Insecticidal activity of *Jatropha curcas* extracts against housefly, *Musca domestica*. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(19), 14793-14800.

125. **Chen, L.M., Li, X.W., He, T.J., Li, P.J., Liu, Y., Zhou, S.X., ... & Hou, Y. M. (2021).** Comparative biochemical and transcriptome analyses in tomato and eggplant reveal their differential responses to *Tuta absoluta* infestation. *Genomics*, 113(4), 2108-2121.
126. **Chennouf, R., Saggou, H., Guezoul, O., Brahmi, K., & Doumandji-Mitiche, B. (2021).** Etude de la bioécologie du *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera, Gelechiidae) dans la région de Ouargla (Sahara Septentrional, Algérie). *Revue des bioressources*, 11(1), 8-8.
127. **Chepchirchir, F., Muriithi, B.W., Langat, J., Mohamed, S.A., Ndlela, S., & Khamis, F.M. (2021).** Knowledge, Attitude, and Practices on Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* on Tomato and Potential Demand for Integrated Pest Management among Smallholder Farmers in Kenya and Uganda. *Agriculture*, 11(12), 1242.
128. **Cherif, A. and Lebdi-Grissa, K. (2014).** Control of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera; Gelechiidae) using the mass trapping tool in tomato open field plot and greenhouses in Tunisia. *Agricultural Science Research Journal* 4(10):161- 173
129. **Cherif, A., Harbaoui, K., Zappala, L., & Grissa-Lebdi, K. (2018).** Efficacy of mass trapping and insecticides to control *Tuta absoluta* in Tunisia. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125(1), 51-61.
130. **Cherif, A., Verheggen, F., (2019).** A review of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) host plants and their impact on management strategies. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 23(4), 270–278.
131. **Cherif, A., Mansour, R., Attia-Barhoumi, S., Zappalà, L., & Grissa-Lebdi, K. (2019).** Effectiveness of different release rates of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected and open field tomato crops in Tunisia. *Biocontrol Science and Technology*, 29(2), 149-161.
132. **Cherif, A., Mansour, R., Sun, C., & Grissa-Lebdi, K. (2022).** Lethal effects of nano and commercial formulations of abamectin on *Tuta absoluta* (Meyrick) and its mirid predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(3), 2183-2193
- 133..
134. **Chermiti, B., Abbas, K., Aoun, M., Ben Othmane, S., Ouhibi, M., Gamoon, W., & Kacem, S. (2009).** First estimate of the damage of *Tuta absoluta* (Povolny)(Lepidoptera: Gelechiidae) and evaluation of the efficiency of sex pheromone traps in greenhouses of

- tomato crops in the Bekalta region, Tunisia. *African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3, 49-52.
135. **Chimento, A., De Amicis, F., Sirianni, R., Sinicropi, M.S., Puoci, F., Casaburi, I., ... & Pezzi, V. (2019).** Progress to improve oral bioavailability and beneficial effects of resveratrol. *International journal of molecular sciences*, 20(6), 1381.
136. **Chimshirova, R., Popova, M., Chakir, A., Valcheva, V., Dimitrov, S., Trusheva, B., ... & Bankova, V. (2022).** Antimicrobial triterpenoids and ingol diterpenes from propolis of semi-arid region of Morocco. *Molecules*, 27(7), 2206.
137. **Chiocchio, I., Mandrone, M., Tomasi, P., Marincich, L., & Poli, F. (2021).** Plant secondary metabolites: An opportunity for circular economy. *Molecules*, 26(2), 495.
138. **Chougar, S. (2011).** Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Magister en Sciences Biologiques. Université de Tizi-Ouzou, 122p. http://www.ummo.dz/IMG/pdf/Tuta_absoluta.pdf.
139. **Chuang, L., Wen, C.H., Lee, Y.R., Lin, Y.L., Hsu, L.R., Wang, S.Y., & Chu, F.H. (2018).** Identification, functional characterization, and seasonal expression patterns of five sesquiterpene synthases in *Liquidambar formosana*. *Journal of natural products*, 81(5), 1162-1172.
140. **CLIMATE-DATA.ORG (CDO). (2022).** Climat Mostaganem (Algérie).
141. **Cocco, A., Deliperi, S., Lentini, A., Mannu, R., Delrio, G. (2015).** Seasonal phenology of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected and open-field crops under Mediterranean climatic conditions. *Phytoparasitica*. 43:713–24.
142. **Coelho, M.D.C., & França, F.H. (1987).** Biologia, quetotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traça-do-tomateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 22(2), 129-135.
143. **Coqueret, V., Le Bot, J., Larbat, R., Desneux, N., Robin, C., Adamowicz, S. (2017).** Nitrogen nutrition of tomato Plant alters leaf miner dietary intake dynamics. *J. Insect Physiol.* 99:130–38.
144. **Corro Chang, P. y Metz, M. (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.
145. **Couplan, F. (2009).** Le régal végétal: plantes sauvages comestibles (Vol. 1). Editions Ellebore. 2009.

146. **Crisol-Martínez, E., & van der Blom, J. (2019).** *Necremnus tutae* (Hymenoptera, Eulophidae) is widespread and efficiently controls *Tuta absoluta* in tomato greenhouses in SE Spain. *IOBC/WPRS Bull*, 147, 22-29.
147. **Cronquist, A. (1981).** An integrated system of classification of following plants. D Colombia University, 125.
148. **Cruaud, A., Nidelet, S., Arnal, P., Weber, A., Fusu, L., Gumovsky, A., Huber, J., Polaszek, A., Rasplus, J.Y. (2019).** Optimized DNA extraction and library preparation for minute arthropods: Application to target enrichment in chalcid wasps used for biocontrol. *Molecular Ecology Resources* 19(3): 702–710.
149. **Cruz-Estrada, A., Gamboa-Angulo, M., Borges-Argáez, R., & Ruiz-Sánchez, E. (2013).** Insecticidal effects of plant extract on immature whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyroideae). *Electronic Journal of Biotechnology*, 16(1), 6-6.
150. **Cuthbertson, A.S., Mathers, J.J., Blackburn, L.F., Korycinska, A., Luo, W., Jacobson, R.J. and Northing, P., (2013).** Population Development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under Simulated UK Glasshouse Conditions. *Insects*, 4, 185-197.
151. **D’Esposito, D., Manzo, D., Ricciardi, A., Garonna, A.P., De Natale, A., Frusciante, L., ... & Ercolano, M.R. (2021).** Tomato transcriptomic response to *Tuta absoluta* infestation. *BMC plant biology*, 21(1), 1-14.
152. **Dąbrowski, Z. T., & Seredyńska, U. (2007).** Characterisation of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch, Acari: Tetranychidae) response to aqueous extracts from selected plant species. *Journal of Plant Protection Research*, 47(2).
153. **Dahlin, C., Coyne, P., Goldberg, J., Vaughan, L. (2019).** Palliative Care Leadership. *Journal of Palliative Care*, 34(1):21-28.
154. **Dajoz, R. (1975).** Notes sur le genre *Monoedus* Horn (Coléoptères, Colydiidae) et description d'especes nouvelles. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 44(4), 103-110.
155. **Danilchuk, Y.V. (2016).** Selective crystallization of maltose by isopropanol and acetone from glucose–maltose syrups. *Banat’s Journal of Biotechnology* 7(14), 120-125.
156. **Daoudi, A., Bachiri, L., Bammou, M., Ibijbjen, J., Nassiri, L., (2015a).** Étude ethnobotanique au Moyen Atlas Central. *European Scientific Journal*, 11(24).
157. **Daoudi, A., Bammou, M., Zarkani, S., Slimani, I., Ibijbjen, J. and Nassiri, L. (2015b).** Étude ethnobotanique de la flore médicinale dans la commune rurale d'aguelmous province de khénifra (Maroc). *Phytothérapie* 13(2):1-9.

158. **Daoudi, A., Najem, M., Bachiri, L., Ibijbjen, J., Et Nassiri, L. (2019).** Monographies des plantes à haute fréquence d'utilisation en pharmacopée traditionnelle au Moyen Atlas Central Maroc. *Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol.40 (3): 6712-6728.
159. **Daoudi, A., Sabiri, M., Bammou, M., Zair, T., Ibijbjen, J., Nassiri, L. (2015c).** Valorisation des extraits de trois espèces du genre *Urtica*: *Urtica urens* L., *Urtica membranacea* Poiret et *Urtica pilulifera* L.. *Journal of Applied Biosciences*, 87(1), 8094.
160. **Davino, S.W., Panno, S., Parrella, G., Davino, M., Cocuzza, G.E.M., Rapisarda, C., Caruso, A.G., Carpino, C. (2018).** Viruses. In *Tomato Diseases. Viruses and Soilborne Fungi*. Edizioni L'Informatore Agrario s.r.l.: Verona, Italy, pp. 11–137.
161. **Dawson, L.F., Donahue, E.H., Cartman, S.T., Barton, R.H., Bundy, J., Mc Nerney, R., et al. (2011).** The Analysis of Para-Cresol Production and Tolerance in *Clostridium Difficile* 027 and 012 Strains. *BMC Microbiol.* 11 (1), 86.
162. **DB-CITY. (2021).** Base de données multilingue sur les villes du monde. [Fr.db-city.com](http://fr.db-city.com).
163. **de Andrade Tomaz, A.C., de Miranda, G.E.C., de Souza, M.D.F.V., & da Cunha, E.V.L. (2012).** Analysis and characterization of methyl esters of fatty acids of some *Gracilaria* species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 44, 303-306.
164. **De Campos, M.R., Monticelli, L.S., Béarez, P., Amiens-Desneux, E., Wang, Y., Lavoit, A.V., ... & Desneux, N. (2020).** Impact of a shared sugar food source on biological control of *Tuta absoluta* by the parasitoid *Necremnus tutae*. *Journal of Pest Science*, 93(1), 207-218.
165. **De Campos, M.R, Béarez, P., Amiens-Desneux, E., Ponti, L., Gutierrez, A.P., et al. (2021).** Thermal biology of *Tuta absoluta*: demographic parameters and facultative diapause. *Journal of Pest Sciences*. 94:829-842.
166. **de Groot, A.C., & Schmidt, E. (2016).** Essential oils, part III: chemical composition. *Dermatitis*, 27(4), 161-169.
167. **Dean, R., Van Kan, J.A.L., Pretorius, Z.A., Hammond-Kosack, K.E., Di Pietro, A., Spanu, P.D., Rudd, J.J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., Foster, G.D., (2012).** The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13, 414-430.
168. **Deba, F., Xuan, T. D., Yasuda, M., & Tawata, S. (2008).** Chemical composition and antioxidant, antibacterial and antifungal activities of the essential oils from *Bidens pilosa* Linn. Var. *Radiata*. *Food control*, 19(4), 346-352.
169. **Delvaille, A. (2013).** Toutes les vertus d'un produit miracle: l'ortie. *Artemis*. Losange.

170. **Delvare, G., & Aberlenc, H.P. (1989).** Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale: clés pour la reconnaissance des familles. Editions Quae.
171. **Demite, P.R., Flechtmann, C.H. et Feres R. J., (2016).** Tetranychidae (Acari) in forest fragments in the State of São Paulo, Brazil. *Acarologia*, vol. 56, no 4, pp: 435-449.
172. **Denis C, Riudavets J, Alomar O, Nuria Agustí N, Gonzalez-Valero H, Cubí M, Matas M, Rodríguez D, Achterberg Kv, Arnó J (2021).** Naturalized *Dolichogenidea gelechiidivoris* Marsh (Hymenoptera: Braconidae) complement the resident parasitoid complex of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Spain. bioRxiv 05.27.445932.
173. **Derbalah, A. S., Morsey, S. Z., & El-Samahy, M. (2012).** Some recent approaches to control *Tuta absoluta* in tomato under greenhouse conditions. *African Entomology*, 20(1), 27-34.
174. **Derwich, E., Benaabidate, L., Zian, A., Sadki, O., & Belghity, D. (2010).** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (8).
175. **Desneux, N., Barta, R.J, Hoelmer, K.A, Hopper, K.R et Heimpel, G.E. (2009).** Déterminants à multiples facettes de la spécificité d'hôte chez un parasitoïde de puceron. *Ecologie*, 160 (2), 387-398.
176. **Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007).** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual review of entomology*, 52(1), 81-106.
177. **Desneux, N., E. Wajnberg, K. A. G. Wyckhuys, G. Burgio, S. Arpaia, C. A. Narváez-Vasquez, J. González-Cabrera, D. Catalán Ruescas, E. Tabone, J. Frandon, et al. (2010).** Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, history of invasion and prospects for biological control. *J. Pest Sci.* 83: 197–215.
178. **Desneux, N., Han, P., Mansour, R., Arnó, J., Brévault, T., Campos, M. R., ... & Biondi, A. (2021).** Integrated pest management of *Tuta absoluta*: practical implementations across different world regions. *Journal of Pest Science*, 1-23.
179. **Dhaliwal, S. K., Salaria, P., & Kaushik, P. (2020).** Revisiting and Enlisting Important QTLs Identified in Frech Bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A Review. Preprints, 2020060016.
180. **Dhanani, T., Shah, S., Gajbhiye, N.A., Kumar, S. (2017).** Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withania somnifera*. *Arabian Journal of Chemistry*. 10:1193-1199.

181. Di Sotto, A., Mancinelli, R., Gullì, M., Eufemi, M., Mammola, C. L., Mazzanti, G., & Di Giacomo, S. (2020). Chemopreventive potential of caryophyllane sesquiterpenes: An overview of preliminary evidence. *Cancers*, 12(10), 3034.
182. Diatte, M., Brévault, T., Sylla, S., Tendeng, E., Sall-Sy, D., Diarra, K. (2017). Arthropod pest complex and associated damage in field-grown tomato in Senegal. *International Journal of Tropical Insect Science*, 38(3):243–253.
183. Diatte, M., Brévault, T., Sall-Sy, D., & Diarra, K. (2018). Dynamique des parasitoïdes larvaires de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) dans la zone des Niayes au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1), 392-401.
184. Dimitrijević, M., Kostov, A., Tasić, V., & Milosević, N. (2008). Influence of pyrometallurgical copper production on the environment. *Journal of Hazardous Materials*.
185. Dllilali, B., Ahmed, H., Zouaoui, B., Fatima, S., Karima, O. Y. (2017). Kinetic of batch production of lactic acid from carob pods syrup., *Banat's Journal of Biotechnology* 8(15), 57-65.
186. Do, Q.D., Angkawijaya, A.E., Tran-Nguyen, P.L., Huynh, L.H., Soetaredjo, F.E., Ismadji, S., & Ju, Y.H. (2014). Effet du solvant d'extraction sur la teneur totale en phénols, la teneur totale en flavonoïdes et l'activité antioxydante de *Limnophila aromatica*. *Journal d'analyse des aliments et des médicaments*, 22 (3), 296-302.
187. Dogan, K., & Törnük, F. (2019). Improvement of bioavailability of bioactive compounds of medicinal herbs by drying and fermentation with *Lactobacillus plantarum*. *Functional Foods in Health and Disease*, 9(12).
188. Dokuparthi, S. K., & Manikanta, P. (2015). Phytochemical and pharmacological studies on *Chrysanthemum coronarium* L.: A review. *Journal of Drug Discovery and Therapeutics*, 27, 11–16
189. Dongmo, P.J., Tatsadjieu, L.N., Sonwa, E.T., Kuate, J., Zollo, P.A., & Menut, C. (2009). Essential oils of *Citrus aurantifolia* from Cameroon and their antifungal activity against *Phaeoramularia angolensis*. *African Journal of Agricultural Research*, 4(4), 354-358.
190. Downes, S., Kriticos, D., Parry, P., Paull, C., Schellhorn, N., & Zalucki, M. P. (2016). A perspective on management of *Helicoverpa armigera*: Transgenic Bt cotton, IPM, and landscapes. *Pest Management Science*, 73, 485–492.
191. Drouai, H., Mimeche, F., Zedam, A., Mimeche, H., Belhamra, M. & Biche, M. (2016). New foristic records of *Tuta absoluta* Meyrick 1917, in Zibans's Oasis (Biskra Algeria). *Journal of entomology and zoology studies* 4: 130–132.

192. **DSA Mostaganem. (2015).** Direction des services agricoles de la région de Mostaganem.
193. **DSA Mostaganem. (2022).** Direction des services agricoles de la région de Mostaganem.
194. **El Arch, M., Satrani, B., Farah, A., Bennani, L., Boriky, D., Fechtal, M., ... & Talbi, M. (2003).** Composition chimique et activités antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* du Maroc. *Acta botanica gallica*, 150(3), 267-274.
195. **El Hajj, A. K., Rizk, H., Gharib, M., Houssein, M., Talej, V., Taha, N., & Mousa, Z. (2017).** Management of *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) using biopesticides on tomato crop under greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Science*, 9(11), 123-129.
196. **El Khawand., T. Arnaud Courtois. Josep Valls. Tristan Richard. Ste´phanie Krisa (2018).** A review of dietary stilbenes: sources and bioavailability. *Phytochem Rev.* 17:1007–1029.
197. **Elouissi, M., & Berkani, A. (2015).** Contribution to the study of some biological aspects of *Tuta absoluta* in the region of Mascara (Algeria). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(4), 447-451.
198. **El-Shafie HAF. (2020).** *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): An Invasive Insect Pest Threatening the World Tomato Production. In *Invasive Species Introduction Pathways, Economic Impact, and Possible Management Options*. Intech Open, 1-16.
199. **El-Sitiny, M.F., Omar, H.M., El-Shehawi, A.M., Elseehy, M.M., El-Tahan, A.M., El-Saadony, M.T., & Selem, G.S. (2022).** Biochemical and molecular diagnosis of different tomato cultivars susceptible and resistant to *Tuta absoluta* (Meyrick) infestation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(4), 2904-2910.
200. **Erasmus, R., Berg, J.V.D., Plessis, H.D. (2021).** Susceptibility of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Pupae to Soil Applied Entomopathogenic Fungal Biopesticides. *Insects* 12, 515.
201. **Erler, F., & Bayram, Y. (2021).** Efficacy of mass trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae), using a new-designed light trap in reducing leaf and fruit damages in greenhouse-grown tomatoes. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(5), 1177-1185.
202. **Erler, F., Kirisik, M., Topuz, E. (2020).** Comparable study on different colored sticky traps for catching of adult *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Fresen Environ Bull* 29(9):7349–7354.

203. **Ettaiab, R., Belkadhi, M.S., Belgacem, A.B., Aoun, F., Verheggen, F., & Megido, R. C. (2016).** Effectiveness of pheromone traps against *Tuta absoluta*. Journal of Entomology and Zoology studies.
204. **European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) (2021).** *Tetranychus evansi*. EPPO datasheets on pests recommended for regulation. Available online.
205. **European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). (2022).** European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Tuta absoluta* hosts plants.
206. **Farag, M. A., Zhang, H., & Ryu, C.M. (2013).** Dynamic chemical communication between plants and bacteria through airborne signals: induced resistance by bacterial volatiles. Journal of Chemical Ecology, 39(7), 1007-1018.
207. **Farnaz, M., Shahzad, H., Alia, S., Ghazala, P., Amina, W., Shazia, S., ... & Fahadiya, Y. R. (2012).** Phyto-chemical analysis, anti-allergic and anti-inflammatory activity of *Mentha arvensis* in animals. African journal of Pharmacy and Pharmacology, 6(9), 613-619.
208. **Fauvel, G., Malausa, J. C., & Kaspar, B. (1987).** Etude en laboratoire des principales caractéristiques biologiques de *Macrolophus caliginosus* [Heteroptera: Miridae]. Entomophaga, 32(5), 529-543.
209. **Fennane, M., & Ibn Tattou, M. (1999).** Observations sur la flore vasculaire endémique, rare ou menacée du Maroc. Flora Mediterranea, 9, 113-124.
210. **Fernandez-Triana, J., van Achterberg, C. (2017).** Microgastrinae (Hymenoptera: Braconidae) from the Arabian Peninsula. Arthropod fauna of the UAE, 6: 275–321.
211. **Fernandez-Triana, J., Shaw, M.R., Boudreault, C., Beaudin, M., Broad, G.R. (2020).** Annotated and illustrated world checklist of Microgastrinae parasitoid wasps (Hymenoptera, Braconidae). ZooKeys 920: 1–1089.
212. **Ferracini, C., Ingegno, B. L., Navone, P., Ferrari, E., Mosti, M., Tavella, L., & Alma, A. (2012).** Adaptation of indigenous larval parasitoids to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Italy. Journal of Economic Entomology, 105(4), 1311-1319.
213. **Fiaboe k.R., Agboka. K.L.K., Agboyi, D., Koffi, R., Ofoe, G.E., Kpadonou, A. O., Agnamba, K., Assogba, M.K.A., Adjevi, K.T., Zanou, O.K., Fening (2020).** First report and distribution of the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Togo. Phytoparasitica 49:167–177.

214. **Fiamegos, Y.C., Nanos, C.G., Vervoort, J., & Stalikas, C.D. (2004).** Analytical procedure for the in-vial derivatization-extraction of phenolic acids and flavonoids in methanolic and aqueous plant extracts followed by gas chromatography with mass-selective detection. *Journal of Chromatography A*, 1041(1-2), 11-18.
215. **Fidyt, K., Fiedorowicz, A., Strzadala, L., & Szumny, A. (2016).** β -caryophyllene and β -caryophyllene oxide-natural compounds of anticancer and analgesic properties. *Cancer medicine*, 5(10), 3007-3017.
216. **Finney, D.J, Probit (1971).** *Analysis*. 3rd Edition. Cambridge, London and New York.
217. **Folmer, O., Black, M.W., Hoeh Lutz, R., Vrijenhoek, R. (1994).** DNA primers for amplification of mitochondrial Cytochrome C oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3: 294–299.
218. **Fonseca-Santos, B., Satake, C.Y., Calixto, G.M.F., Dos Santos, A.M., & Chorilli, M. (2017).** Trans-resveratrol-loaded nonionic lamellar liquid-crystalline systems: structural, rheological, mechanical, textural, and bioadhesive characterization and evaluation of *in vivo* anti-inflammatory activity. *International Journal of Nanomedicine*, 12, 6883.
219. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2021).** Crops and Livestock Products. Disponible en ligne: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (accessed on 30 July 2021).
220. **Francomano, F., Caruso, A., Barbarossa, A., Fazio, A., La Torre, C., Ceramella, J., ... & Sinicropi, M.S. (2019).** β -Caryophyllene: a sesquiterpene with countless biological properties. *Applied Sciences*, 9(24), 5420.
221. **Gabarra, R., Arnó, J., Lara, L., Verdú, M.J., Ribes, A., Beitia, F., Urbaneja, A., Téllez, M.M., Mollá, O., Riudavets, J. (2014).** Native parasitoids associated with *Tuta absoluta* in the tomato production areas of the Spanish Mediterranean Coast. *BioControl* 59:45–54.
222. **Gao, Y.M., Hu, J.K., Zhao, T.T., Li, J.F., (2017).** The progress of studies on Mi-1 gene with resistance to root-knot nematode in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Mol Plant Breeding*, 15: 3010-3015.
223. **Gaspari, M., Lykouressis, D., Perdikis, D., & Polissiou, M. (2007).** Nettle extract effects on the aphid *Myzus persicae* and its natural enemy, the predator *Macrolophus pygmaeus* (Hem., Miridae). *Journal of Applied Entomology*, 131(9-10), 652-657.
224. **Gaussen, H., Lefoy, j., and Ozenda, P. (1982).** *Précis de Botanique*. 2^{ème} Ed. Masson, Paris, 1972.

225. **Gautam, S., Adhikari, D., Sapkota, B.R., & Shrestha, A. K. (2018).** Monitoring South American tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) and assessment of management practices adopted in Kavre, Nepal. *Journal of the Plant Protection Society*, 5, 129-138.
226. **Gebiola, M., Bernardo, U., Ribes, A., & Gibson, G.A.P. (2015).** An integrative study of *Necremnus Thomson* (Hymenoptera: Eulophidae) associated with invasive pests in Europe and North America: taxonomic and ecological implications. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 173(2), 352–423.
227. **Genc, H. (2005).** Determination of sex in pupae of *Phyciodes phaon* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Florida Entomol* 88: 536-537.
228. **Genc, H. (2015).** Sex differentiation of elm nymphalid (*Nymphalis polychloros* Linnaeus, 1758) on pupal stage. *Int J Agric Food Biosyst Eng* 9: 774-777.
229. **Genc, H. (2016).** The tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): pupal key characters for sexing individuals. *Turkish Journal of Zoology*, 40(5), 801-805.
230. **Ghaedi, M., Yousefinejad, M., Safarpour, M., Khafri, H.Z., & Purkait, M.K. (2015).** *Rosmarinus officinalis* leaf extract mediated green synthesis of silver nanoparticles and investigation of its antimicrobial properties. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 31, 167-172.
231. **Ghaneian, M.T., Ehrampoush, M.H., Jebali, A., Hekmatimoghaddam, S., & Mahmoudi, M. (2015).** Antimicrobial activity, toxicity and stability of phytol as a novel surface disinfectant. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 2(1), 13-16.
232. **Ghanim, N.M., Abdel Ghani, S.B. (2014).** Controlling *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) by aqueous plant extracts. *Life Science Journal*. 11(3): 299-307.
233. **Ghasemi Pirbalouti, A., Nourafcan, H., & Solyamani-Babadi, E. (2017).** Variation in chemical composition and antibacterial activity of essential oils from Bakhtiari Savory (*Satureja bachtiarica* Bunge.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(2), 474-484.
234. **Gholami, F., Antonio, J., Evans, C., Cheraghi, K., Rahmani, L., & Amirnezhad, F. (2021).** Tomato powder is more effective than lycopene to alleviate exercise-induced lipid peroxidation in well-trained male athletes: randomized, double-blinded cross-over study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(17), pp. 1-7.
235. **Ghoneim, A.A., El-Kamel, R.S., & Fekry, A.M. (2020).** Hydrogen evolution and quantum calculations for potassium sorbate as an efficient green inhibitor for

- biodegradable magnesium alloy staples used for sleeve gastrectomy surgery. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(46), 24370-24382.
236. **Ghoneim, K. (2014)**. Predatory insects and arachnids as potential biological control agents against the invasive tomato leafminer, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae), in perspective and prospective. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(2), 52-71.
237. **Gilardi, G., Matic, S., Guarnaccia, V., Garibaldi, A., Gullino, M.L. (2021)**. First Report of *Fusarium clavum* Causing Leaf Spot and Fruit Rot on Tomato in Italy. *Plant Dis.*
238. **Giorgini, M., Guerrieri, E., Cascone, P. and Gontijo, L. (2019)**. Current strategies and future outlook for managing the Neotropical tomato pest *Tuta absoluta* (Meyrick) in the Mediterranean Basin. *Neotropical Entomology* 48(1), 1–17.
239. **Goletic, S. (2013)**. Dynamics of the Heavy Metals Content in the Soil of the Steelplant Surroundings in Zenica. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 11(2), 147.
240. **Gong, X., Qiu, R., Zhang, B., Wang, S., Ge, J., Gao, S., & Yang, Z. (2021)**. Energy budget for tomato plants grown in a greenhouse in northern China. *Agricultural Water Management*, 255, 107039.
241. **González-Chávez, M.D.C.A., & Carrillo-González, R. (2013)**. Tolerance of *Chrysanthemum maximum* to heavy metals: the potential for its use in the revegetation of tailings heaps. *Journal of Environmental Sciences*, 25(2), 367-375.
242. **Goudarzy, A., Chegini, S., Abbasipour, H. (2017)**. Chemical composition and insecticidal effects of the essential oil of cardamom, *Elettaria cardamomum* on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. *Toxin Reviews*, 36(1): 12 – 17.
243. **Gouffier, G. (2010)**. L'ortie: Culture et usages. *Rustica. La vie en vert*. France: fleuruseditions.
244. **Gözel, Ç. and Kasap, İ. (2015)**. Efficacy of entomopathogenic nematodes against the Tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato field. *Türkiye Entomoloji Dergisi-Turkish Journal of Entomology*, 39 (3): 229-237.
245. **Grasel, F., Dos, S., Ferrão, M.F., Wolf, C.R. (2016)**. Development of methodology for identification the nature of the polyphenolic extracts by FTIR associated with multivariate analysis. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 153, 94-101.
246. **Guedes, R.N.C., Roditakis, E., Campos, M.R., Haddi, K., Bielza, P., Siqueira, H.A. A., Tsagkarakou, A., Vontas, J., Nauen, R. (2019)**. Insecticide resistance in the tomato

- pinworm *Tuta absoluta*: patterns, spread, mechanisms, management and outlook. *Journal of Pest Science*. 92, 1329–1342.
247. **Guenaoui, Y. (2008)**. Nouveau ravageur de la tomate en Algérie: Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008. *Phytoma-La Défense des Végétaux* 617: 18–19.
248. **Guenaoui, Y., Bensaad, R. & Ouezzani, K. (2011)**. Importance of native polyphagous predators able to prey on *Tuta absoluta* Meyrick (Lep: Gelechiidae) on tomato crops. – EPPO/IOBC/FAO/ NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta*, Agadir, Morocco, p. 38.
249. **Guimapi, R.Y., Mohamed, S.A., Okeyo, G.O., Ndjomatchoua, F.T., Ekesi, S., Tonnang, H.E. (2016)**. Modeling the risk of invasion and spread of *Tuta absoluta* in Africa, *Ecol. Complex.* 28 77–93.
250. **Guimapi, R. A., Srinivasan, R., Tonnang, H. E., Sotelo-Cardona, P., & A. Mohamed, S. (2020)**. Exploring the mechanisms of the spatiotemporal invasion of *Tuta absoluta* in Asia. *Agriculture*, 10(4), 124.
251. **Gurjar, M.S., Ali, S., Akhtar, M., & Singh, K.S. (2012)**. Efficacy of plant extracts in plant disease management. *Agricultural Sciences*. Vol.3 No.3.
252. **Gurnani, N., Gupta, M., Mehta, D., & Mehta, B. K. (2016)**. Chemical composition, total phenolic and flavonoid contents, and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of crude extracts from red chilli seeds (*Capsicum frutescens* L.). *Journal of Taibah University for Science*, 10(4), 462-470.
253. **Haddi, K., Berger, M., Bielza, P., Rapisarda, C., Williamson, M.S., Moores, G., & Bass, C. (2017)**. Mutation in the ace-1 gene of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*) associated with organophosphates resistance. *Journal of Applied Entomology*, 141(8), 612-619.
254. **Haddouchi, F., Chaouche, T.M., Zaouali, Y., Ksouri, R., Attou, A., & Benmansour, A. (2013)**. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from four *Ruta* species growing in Algeria. *Food chemistry*, 141(1), 253-258.
255. **Hajimohammadi, R., Hosseini, M., Amani, H., Najafpour, G.D. (2016)**. Production of saponin biosurfactant from *Glycyrrhiza glabra* as an agent for upgrading heavy crude oil. *J. Surfactants Deterg.* 19, 1251–1261.
256. **Han, P., Bayram, Y., Shaltiel-Harpaz, L., Sohrabi, F., Saji, A., Esenali, U.T... & Desneux, N. (2019)**. *Tuta absoluta* continues to disperse in Asia: damage, ongoing management and future challenges. *Journal of Pest Science*, 92(4), 1317-1327.

257. **Han, P., Lavoit, A.V., Le Bot, J., Amiens-Desneux, E., & Desneux, N. (2014).** Nitrogen and water availability to tomato plants triggers bottom-up effects on the leafminer *Tuta absoluta*. *Scientific Reports*, 4(1), 1-8.
258. **Han, P., Wang, Z.J., Lavoit, A.V., Michel, T., Seassau, A., Zheng, W.Y., ... & Desneux, N. (2016).** Increased water salinity applied to tomato plants accelerates the development of the leaf miner *Tuta absoluta* through bottom-up effects. *Scientific reports*, 6(1), 1-12.
259. **Hanssen, I.M., & Lapidot, M. (2012).** Major Tomato Viruses in the Mediterranean Basin. *Viruses and Virus Diseases of Vegetables in the Mediterranean Basin*, 31–66.
260. **Haouas, D., Ben Halima Kamel, M., Cioni, P.L., Flamini, G., & MH,B.H. (2013).** Insecticidal and anti-appetent activities of four *Chrysanthemum* species against *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). In CTAB-ISOFAR-MOAN Symposium 2013" Crop protection management in Mediterranean organic agriculture" (Vol. 1, pp. 50-50).
261. **Haouas, D., Guido, F., Monia, B., H.K. and Habib, B.H.M. (2011).** "Identification of an insecticidal polyacetylene derivative from *Chrysanthemum macrotum* leaves". *Industrial Crops and Products*. 1128–1134.
262. **Haouas, D., Cioni, P.L., Ben Halima-Kamel, M., Flamini, G., Ben Hamouda, M. H. (2012).** Chemical composition and bioactivities of three *Chrysanthemum* essential oils against *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Pest Science*, 85, 367–379.
263. **Haougui, A., Basso, A., & Maiga, I. M. (2017).** Plant-parasitic nematode communities associated with Moringa tree (*Moringa oleifera* Lam.) in western Niger. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 28-37.
264. **Hayden, J., Lee, S., Passoa, S., Young, J., Landry, J., Nazari, V., Mally, R., Somma, L., and Ahlmark., K. (2013).** Digital Identification of Microlepidoptera on Solanaceae. USDA-APHISPPQ Identification Technology Program (ITP). Fort Collins, CO. Available from: <http://idtools.org/id/leps/micro/>
265. **Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M.G., Vincieri, F.F., & Romani, A. (2006).** Antiradical activity and polyphenol composition of local Brassicaceae edible varieties. *Food chemistry*, 99(3), 464-469.
266. **Hodges, R.W. (1966).** Revision of the Nearctic Gelechiidae, I. The Lita group (Lepidoptera: Gelechioidea). *Proceedings of the United States National Museum, Smithsonian Institution, Washington DC*, 3547(119), 1-66; pl.1-31.

267. **Houmènou, V., Adjatin, A., Assogba, F., Gbénou, J., & Akoègninou, A. (2018).** Etude phytochimique et de cytotoxicité de quelques plantes utilisées dans le traitement de la stérilité féminine au Sud-Benin. *Eur Sci J*, 14(6), 1857-7881.
268. **Huemer, P., y Karsholt, O. (1999).** Gelechiidae I (Gelechiidae: Teleiodini, Gelechini).- *Microlepidoptera of Europe 3*. Apollo Books. 356 pp.
269. **Huemer, P. y Karsholt, O. (2010).** Gelechiidae II (Gelechiinae: Gnorimoschemini). In: Huemer, P., O. Karsholt and Nuss, M. (eds): *Microlepidoptera of Europe*. Vol 6. Apollo Books, Steenstrupia. 586 pp.
270. **Husin, T.O.B., & Port, G.R. (2021).** Efficacy of entomopathogenic nematodes against *Tuta absoluta*. *Biological Control*, 160, 104699.
271. **Hussein, H.J., Sahi, N.M., Saad, A.M., & Altameme, H.J. (2019).** The Antibacterial Effect of bioactive compounds extracted from *Cassia didymobotrya* (Fresenius) Irwin & Barneby against Some Pathogenic Bacteria. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*, 22(1).
272. **Ibrahim, L.F., El-Senousy, W.M., & Hawas, U.W. (2007).** NMR spectral analysis of flavonoids from *Chrysanthemum coronarium*. *Chemistry of Natural Compounds*, 43(6), 659-662.
273. **Idriss, G.E.A., Mohamed, S.A., Khamis, F., Du Plessis, H., Ekesi, S. (2018).** Biology and performance of two indigenous larval parasitoids on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Sudan. *Biocontrol Science and Technology* 28: 614–628.
274. **Igbal, M., Edyvean, R.G.J. (2004).** Biosorption of lead, copper and zinc ions on loofa immobilized biomass of *Phanerochaete chyso-sporium*. *Miner Eng.* 17, 217–223.
275. **Ikbal, C., & Pavela, R. (2019).** Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against aphids. *Journal of pest science*, 92(3), 971-986.
276. **Ingegno, B. L., Candian, V., Psomadellis, I., Bodino, N., & Tavella, L. (2017).** The potential of host plants for biological control of *Tuta absoluta* by the predator *Dicyphus errans*. *Bulletin of Entomological Research*, 107(3), 340-348.
277. **Ingegno, B. L., Messelink, G. J., Bodino, N., Iliadou, A., Driss, L., Woelke, J. B.,... & Tavella, L. (2019).** Functional response of the mirid predators *Dicyphus bolivari* and *Dicyphus errans* and their efficacy as biological control agents of *Tuta absoluta* on tomato. *Journal of Pest Science*, 92(4), 1457-1466.
278. **Institut nationale de la protection des végétaux (INPV). (2008).** Lutte contre la mineuse de la tomate. Stratégie et moyens. Institut National de la Protection des Végétaux, El Harrach, Alger.

279. **Islam, M.T., Ali, E.S., Uddin, S.J., Shaw, S., Islam, M.A., Ahmed, M.I., ... & Atanasov, A.G. (2018).** Phytol: A review of biomedical activities. Food and chemical toxicology, 121, 82-94.
280. **Isman, M.B. (2020).** Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise?. Annual Review of Entomology, 65, 233-249.
281. **Ismoilov, K., Wang, M., Jalilov, A., Zhang, X., Lu, Z., Saidov, A., ... & Han, P. (2020).** First report using a native lacewing species to control *Tuta absoluta*: From laboratory trials to field assessment. Insects, 11(5), 286.
282. **Jaeger, C. (2016).** Histology of Lepidoptera. Mississippi State University. Memories of the ICE. Orlando, Florida. 27 pp.
283. **Jain, H., Dhingra, N., Narsinghani, T., Sharma, R., (2016).** Insights into the mechanism of natural terpenoids as NF- κ B inhibitors: an overview on their anticancer potential. Exp. Oncol. 38, 158–168.
284. **Jandricic, S. E., Filotas, M., Sanderson, J. P., & Wraight, S. P. (2014).** Pathogenicity of conidia-based preparations of entomopathogenic fungi against the greenhouse pest aphids *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, and *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae). Journal of Invertebrate Pathology, 118, 34–46.
285. **Javed, S., & Siddiq, D. (2021).** *Syzygium cumini* leaf extracts as a nematicide against root knot nematode *Meloidogyne javanica* in tomato. Pakistan Journal of Nematology, 39(2), 68-72.
286. **Jaworski, C.C., Chailleux, A., Bearez, P., & Desneux, N. (2015).** Apparent competition between major pests reduces pest population densities on tomato crop, but not yield loss. Journal of pest science, 88(4), 793-803.
287. **Jeyadevi, R., Sivasudha, T., Ilavarasi, A., & Thajuddin, N. (2013).** Chemical constituents and antimicrobial activity of Indian green leafy vegetable *Cardiospermum halicacabum*. Indian journal of microbiology, 53(2), 208-213.
288. **Jiang, M., Zhang, W., Zhang, T., Liang, G., Hu, B., Han, P., & Gong, W. (2020).** Assessing transfer of pesticide residues from *chrysanthemum* flowers into tea solution and associated health risks. Ecotoxicology and Environmental Safety, 187, 109859.
289. **Jiao, Z., Yao, P., Zhang, J., Wan, L., & Wang, X. (2019).** Capability construction of C4ISR based on AI planning. IEEE Access, 7, 31997-32008.
290. **Jiménez-Reyes, M.F., Carrasco, H., Olea, A.F., & Silva-Moreno, E. (2019).** Natural compounds: A sustainable alternative to the phytopathogens control. Journal of the Chilean Chemical Society, 64(2), 4459-4465.

291. **Jogawat, A., Yadav, B., Lakra, N., Singh, A.K., & Narayan, O.P. (2021).** Crosstalk between phytohormones and secondary metabolites in the drought stress tolerance of crop plants: A review. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 1106-1132.
292. **Joshi, D., Upadhyay, M., & Tiwari, R. (2021).** Management of Fungal Diseases of Crops through Plant-Based Natural Products and Biopesticides. In *Biopesticides in Organic Farming* (pp. 143-148). CRC Press.
293. **Kallel, F., Driss, D., Chaari, F., Belghith, L., Bouaziz, F., Ghorbel, R., & Chaabouni, S. E. (2014).** Garlic (*Allium sativum* L.) husk waste as a potential source of phenolic compounds: Influence of extracting solvents on its antimicrobial and antioxidant properties. *Industrial Crops and Products*, 62, 34-41.
294. **Kamali, S. J., Koppenhofer, A.M. (2018).** New Insight into the Management of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) with Entomopathogenic Nematodes. *Journal of economic entomology*, 111:112–119.
295. **Kar, S., Gupta, P., & Gupta, J. (2018).** Essential Oils: Biological Activity Beyond Aromatherapy. *Natural Product Sciences*, 24(3), 139-147.
296. **Karadjova, O., Ilieva, Z., Krumov, V., Petrova, E. and Ventsislavov, V. (2013).** *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): Potential for entry, establishment and spread in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 19 (3), 563–571.
297. **Kareem, A.A., Logan, S.A., Port, G., & Wolff, K. (2020).** *Bemisia tabaci* in Iraq: Population structure, endosymbiont diversity and putative species. *Journal of Applied Entomology* 144 (4), 297-307.
298. **Karlsson, F.M., Rachidatou, S., Sahadatou, M. S., Joseph, Z. A., and Georg, G. (2018).** First report of *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Republic of Benin. *BioInvasions Records*. Volume 7, Issue 4: 463–468.
299. **Karumi, Y. (2004).** Identification of Active Principles of *M. balsamina* (Balsam Apple) Leaf Extract Y. Karumi," PA. Onyeyili and "VO Ogugbuaja. *Journal of Medical Sciences*, 4(3), 179-182.
300. **Kasrati, A., Alaoui Jamali, C., Bekkouche, K., Spooner-Hart, R., Leach, D., & Abbad, A. (2015).** Chemical characterization and insecticidal properties of essential oils from different wild populations of *Mentha suaveolens* subsp. timija (Briq.) Harley from Morocco. *Chemistry & Biodiversity*, 12(5), 823-831.
301. **Keddar, F., Boualem, M., Brada, M., & Krache, F. (2022).** Effet insecticide de l'extrait phénolique de *Pelargonium zonale* sur les larves de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*. *Papers on Life Science, Marine & Environmental Research*. 10-13.

302. **Kenis, M., Hurley, B.P., Hajek, A.E. et al. (2017).** Classical biological control of insect pests of trees: facts and figures. *Biol Invasions* 19, 3401–3417.
303. **Kessler, A., & Kalske, A. (2018).** Plant secondary metabolite diversity and species interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49, 115-138.
304. **Khafagy, I.F., (2015).** The role of some aromatic plants intercropping on *Tuta absoluta* infestation and the associated predators on tomato. *Egyptian Journal of Plant. Protection Research Institute*. 3(2): 37-53.
305. **Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019).** Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian journal of chemistry*, 12(7), 908-931.
306. **Khan, M. S. A., & Ahmad, I. (2011).** In vitro antifungal, anti-elastase and anti-keratinase activity of essential oils of *Cinnamomum*, *Syzygium*-and *Cymbopogon*-species against *Aspergillus fumigatus* and *Trichophyton rubrum*. *Phytomedicine*, 19(1), 48-55.
307. **Kharoubi, R., Rehim, N., Soltani, N. (2020).** Essential oil from *Mentha rotundifolia* harvested in Northeast Algeria: chemical composition, larvicidal and enzymatic activities on *Culex pipiens* larvae. *Transylv Rev*, 27:14724–14732.
308. **Khoddami, A., Wilkes, M.A., & Roberts, T.H. (2013).** Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18(2), 2328-2375.
309. **Kim, S.J., Lee, C.H., Kim, J., & Kim, K.S. (2014).** Phylogenetic analysis of Korean native *Chrysanthemum* species based on morphological characteristics. *Scientia Horticulturae*, 175, 278-289.
310. **Kiran, S., & Prakash, B. (2015).** Toxicity and biochemical efficacy of chemically characterized *Rosmarinus officinalis* essential oil against *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis*. *Industrial Crops and Products*, 74, 817-823.
311. **Klimczak, I., & Gliszczyńska-Świgło, A. (2017).** Green tea extract as an anti-browning agent for cloudy apple juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1420-1426.
312. **Knapp, S. (2002).** “Tobacco to tomatoes: A phylogenetic perspective on fruit diversity in the Solanaceae”, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 53/377, 53(377).
313. **Koïta, K., Neya, B. F., Nana, A. T., & Sankara, P. (2012).** Activité antifongique d’extraits de plantes locales du Burkina Faso contre *Puccinia arachidis* Speg., agent pathogène de la rouille de l’arachide (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of applied Biosciences*, 57, 4142-4150.
314. **Kothe, H.W. (2007).** 1000 plantes aromatiques et médicinales. Edition terres. pp: 201.

315. **Lawrence, B.M. (2007).** Mint: The genus *Mentha*. Medicinal and aromatic plants-industrial profiles. CRC Press/Taylor & Francis: Boca Raton, FL. pp 4.
316. **Kouadio, M. F., Ouali-Ngoran, S. W., Ochou, G. O., Fondio, L., Konan, K. A. J., N'Cho, A. J., ... & Martin, T. (2022).** Inventory of *Tuta absoluta* predators on solanaceous crops in Côte d'Ivoire. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(2), 2027-2033.
317. **Koutsaviti, A., Antonopoulou, V., Vlassi, A., Antonatos, S., Michaelakis, A., Papachristos, D. P., & Tzakou, O. (2018).** Chemical composition and fumigant activity of essential oils from six plant families against *Sitophilus oryzae* (Col: Curculionidae). *Journal of pest science*, 91(2), 873-886.
318. **Krache, F., Boualem, M., Abdellaoui, A., Ould Moussa, H., Benabdelmoumene, D., & Keddar, F. (2022).** Effect of botanical extract of garlic (*Allium sativum* L.) on larvae of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Papers on Life Science, Marine & Environmental Research*.06-09.
319. **Krechemer F.D.S. et Foerster L.A., (2015).** *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): Thermal requirements and effect of temperature on development, survival, reproduction and longevity. *Eur. J. Entomol.*, 112(4), 658–663.
320. **Krzyżowski, M., Baran, B., Łozowski, B., & Francikowski, J. (2020).** The effect of *Rosmarinus officinalis* essential oil fumigation on biochemical, behavioral, and physiological parameters of *Callosobruchus maculatus*. *Insects*, 11(6), 344.
321. **Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., & Satya, S. (2011).** Insecticidal properties of *Mentha* species: a review. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 802-817.
322. **Kumar, J. S., Jayaraj, J., Shanthi, M., Theradimani, M., Balasubramani, V., Irandi, S., & Prabhu, S. (2020).** Toxicity of Insecticides to Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* (Meyrick) Populations from Tamil Nadu. *Indian journal of agricultural research*, 54(5).
323. **Küpeli Akkol, E., Genç, Y., Karpuz, B., Sobarzo-Sánchez, E., & Capasso, R. (2020).** Coumarins and coumarin-related compounds in pharmacotherapy of cancer. *Cancers*, 12(7), 1959.
324. **Lahore, A. (2018).** Agenzia regionale per lo sviluppo in agricoltura. In: Guida al riconoscimento e lotta alla Tignola del pomodoro *Tuta absoluta*, pp.2–4.
325. **Landry, J.F. (1991).** Systematics of the Nearctic Scythrididae (Lepidoptera: Gelechioidea): Phylogeny and classification of supraspecific taxa, with a review of described species. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 160: 3-341.

326. **Langa, T.P., Dantas, K.C., Pereira, D.L., de Oliveira, M., Ribeiro, L., & Siqueira, H. A. (2021).** Basis and monitoring of methoxyfenozide resistance in the South American tomato pinworm *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science*, 95(1), 351-364.
327. **Leblalta, A., Harzallah, D., Demirtas, I.F. (2020).** Insecticidal activity of *Mentha rotundifolia* essential oil against *Rhopalosiphum padi* and *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae), cereal aphids in Setif, Algeria. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 1–13.
328. **Lee, S.M. y Brown, R.L., (2006).** A new method for preparing slide mounts of whole bodies of microlepidoptera. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 9(3): 249-253.
329. **Lee, M.S., Albajes, R., Eizaguirre, M. (2014).** Mating behaviour of female *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): Polyandry increases reproductive output. *Journal of Pest Science*, 87:429-39.
330. **Lengai, G.M.W., Muthomi, J.W., Mbega, E.R. (2020).** Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Sci. Afr* 7, e00239.
331. **Li, X.W., Li, D., Zhang, Z.J., Huang, J., Zhang, J.M., Hafeez, M., ... & Lu, Y.B. (2021).** Supercooling capacity and cold tolerance of the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, a newly invaded pest in China. *Journal of Pest Science*, 94(3), 845-858.
332. **Lim, S.H. and Choi, C.I., (2019).** Pharmacological Properties of *Morus nigra* L. (Black Mulberry) as A Promising Nutraceutical Resource. *Nutrients*, 11(2), 437.
333. **Liu, W.H., Dai, X.H & Xu, J.S. (2015).** Influences of leaf-mining insects on their host plants: a review. *Collectanea Botanica* 34, e005.
334. **Llana-Ruiz-Cabello, M., Pichardo, S., Maisanaba, S., Puerto, M., Prieto, A.I., Gutierrez-Praena, D., Jos, A., Camean, A.M. (2015).** *In vitro* toxicological evaluation of essential oils and their main compounds used in active food packaging: A review. *Food Chem. Toxicol*, 81, 9–27.
335. **Lončar, M., Jakovljević, M., Šubarić, D., Pavlić, M., Buzjak Služek, V., Cindrić, I., Molnar, M. (2020).** Coumarins in Food and Methods of Their Determination. *Foods*, 9, 645.
336. **Lorenzo, D., Paz, D., Dellacassa, E., Davies, P., Vila, R. (2002).** Canigueral S. Essential Oils of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia* from Uruguay. *Bras. Arch. Boil. Technol.* 45 (4), p. 519–524.

337. **Luo, C., Chen, D., Cheng, X., Liu, H., Li, Y., & Huang, C. (2018).** SSR Analysis of Genetic Relationship and Classification in *Chrysanthemum Germplasm* Collection. Horticultural Plant Journal. 4(2), 73–82.
338. **Macharia, I., Backhouse, B., Skilton, R., Ateka, E., Wu, S.B., Njahira, M., Maina, S., And Harvey, J. (2015).** Diversity of Thrips Species and Vectors of Tomato Spotted Wilt Virus in Tomato Production Systems in Kenya. Arthropods in relation to plant disease.
339. **Madhumita, M., Guha, P., & Nag, A. (2019).** Extraction of betel leaves (Piper betle L.) essential oil and its bio-actives identification: Process optimization, GC-MS analysis and anti-microbial activity. Industrial Crops and Products, 138, 111578.
340. **MADR (2022).** Ministère de l'agriculture, du développement rural. Extrait de <http://www.minagri.dz>.
341. **Mahlo, S. M., McGaw, L. J., & Eloff, J. N. (2010).** Antifungal activity of leaf extracts from South African trees against plant pathogens. Crop Protection, 29(12), 1529-1533.
342. **Mahmoud, M.E., Mohammed, E.S., Mohamed, S.A., Khamis, F.M., & Ekesi, S. (2020).** Development and Implementation of a Sustainable IPM and Surveillance Program for the Invasive Tomato Leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) in Sudan. Athens Journal of Sciences, 159.
343. **Malik, J., & Santoso, A. (2021, February).** Hidden bioactive of caryophyllene inside Keruing wood. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1034, No. 1, p. 012149). IOP Publishing.
344. **Mally, R., Turner, R.M., Blake, R.E., Fenn-Moltu, G., Bertelsmeier, C., Brockerhoff, E.G., & Liebhold, A.M. (2022).** Moths and butterflies on alien shores: Global biogeography of non-native Lepidoptera. Journal of Biogeography.
345. **Malpani, M.O., Rajput, P.R., Chinchole, K.V., Kapse, S.S., & Ambarkar, K.S. (2019).** Phytochemical screening and antioxidant activity of extracts of *Xanthium strumarium*, *Chrysanthemum* and their mixture. Inflammation, 3, 6.
346. **Mama Sambo, S., Ndlela, S., du Plessis, H., Obala, F., Mohamed, S.A. (2022).** Identification, Microhabitat, and Ecological Niche Prediction of Two Promising Native Parasitoids of *Tuta absoluta* in Kenya. Insects, 13, 496.
347. **Mansour, R., & Biondi, A. (2021).** Releasing natural enemies and applying microbial and botanical pesticides for managing *Tuta absoluta* in the MENA region. Phytoparasitica, 49(2), 179-194.

348. **Mansour, R., Brévault, T., Chailleux, A., Cherif, A., Grissa-Lebdi, K., Haddi, K., ... & Biondi, A. (2018).** Occurrence, biology, natural enemies and management of *Tuta absoluta* in Africa. *Entomologia Generalis*, 38(2), 83-112.
349. **Mansour, R., Cherif, A., Attia-Barhoumi, S., Zappalà, L., & Grissa-Lebdi, K. (2019).** *Tuta absoluta* in Tunisia: ten years of invasion and pest management. *Phytoparasitica*, 47(4), 461-474.
350. **Marchese, A., Barbieri, R., Coppo, E., Orhan, I. E., Daglia, M., Nabavi, S.F., ... & Ajami, M. (2017).** Antimicrobial activity of eugenol and essential oils containing eugenol: A mechanistic viewpoint. *Critical reviews in microbiology*, 43(6), 668-689.
351. **Marchioro, C.A., Krechemer, F.S., & Foerster, L.A. (2017).** Estimating the development rate of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), using linear and non-linear models. *Pest management science*, 73(7), 1486-1493.
352. **Marsh, P.M. (1975).** A new species of *Apanteles* from South America being introduced into California (Hymenoptera: Braconidae). *Pan-Pacific Entomologist* 51(2): 143–146.
353. **Martins, J.C., M.C. Picanco, L. Bacci, R.N.C. Guedes, and P.A. Santana. (2016).** Life table determination of thermal requirements of the tomato borer *Tuta absoluta*. *J. Pest Sci.* 89: 897–908.
354. **Materu, C.L., Shao, E.A., Losujaki, E., Chidege, M. and Mwambela, N. (2016).** Farmer's perception knowledge and practices on management of *Tuta absoluta* Meyerick (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato growing areas in Tanzania. *Int. J. Res.* 3: 1–5.
355. **Mathew, J., & Thoppil, J.E. (2011).** Chemical composition and mosquito larvicidal activities of *Salvia* essential oils. *Pharmaceutical Biology*, 49(5), 456-463.
356. **Medeiros, M.A.D., Sujii, E.R., Rasi, G.C., Liz, R.S., & Morais, H.C.D. (2009).** Padrão de oviposição e tabela de vida da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Revista Brasileira d'Entomologia*, 53, 452-456.
357. **Mehalaine, S., & Chenchouni, H. (2021).** Quantifying how climatic factors influence essential oil yield in wild-growing plants. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(13), 1-12.
358. **Meriga, B., Mopuri, R., & MuraliKrishna, T. (2012).** Insecticidal, antimicrobial and antioxidant activities of bulb extracts of *Allium sativum*. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, 5(5), 391-395.
359. **Merrien, I.P.L., & Marchand, P. (2016).** L'extrait d'ortie, multi-usages en protection des plantes. *Santé des plantes*. 29-30.

360. **Midega, C.A., Jonsson, M., Khan, Z.R., & Ekbom, B. (2014).** Effects of landscape complexity and habitat management on stemborer colonization, parasitism and damage to maize. *Agriculture, ecosystems & environment*, 188, 289-293.
361. **Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., & Van Beek, T.A. (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85(2), 231-237.
362. **Mirhosseini, M. A., Fathipour, Y., Holst, N., Soufbaf, M., and Michaud, J. P. (2019).** An egg parasitoid interferes with biological control of tomato leafminer by augmentation of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *Biological Control*, 133, 34–40.
363. **Mitsunaga, T., & Yano, E. (2004).** The effect of multiple parasitism by an endoparasitoid on several life history traits of leafminer ectoparasitoids. *Applied Entomology and Zoology*, 39(2), 315-320.
364. **Mkonyi, L., Rubanga, D., Richard, M., Zekeya, N., Sawahiko, S., Maiseli, B., & Machuve, D. (2020).** Early identification of *Tuta absoluta* in tomato plants using deep learning. *Scientific African*, 10, e00590.
365. **Modarresi-Chahardehi, A., Ibrahim, D., Fariza-Sulaiman, S., & Mousavi, L. (2012).** Screening antimicrobial activity of various extracts of *Urtica dioica*. *Revista de biologia tropical*, 60(4), 1567-1576.
366. **Mohamadi, P., Raznjou, J., Naseri, B., Hassanpour, M. (2017a).** Population growth parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plant using organic substrate and biofertilizers. *Journal of Insect Science*, 17(2).
367. **Mohamadi, P., Raznjou, J., Naseri, B., Hassanpour, M. (2017b).** Humic fertilizer and vermicompost applied to the soil can positively affect population growth parameters of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 46:678–684.
368. **Mohamed, E. S. I., Mahmoud, M. E. E., Elhaj, M. A. M., Mohamed, S. A., & Ekesi, S. (2015).** Host plants record for tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) in Sudan. *EPPO Bulletin*, 45(1), 108-111.
369. **Mohamed, S.A., Azrag, A.G.A., Obala, F., Ndlela, S. (2022).** Estimating the demographic parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) using temperature-dependent development models and their validation under fluctuating temperature. *Biology*, 11, 181.

370. **Mohammadpour, M., Hosseini, M., Michaud, J. P., Karimi, J., & Hosseinaveh, V. (2020).** The life history of *Nabis pseudoferus* feeding on *Tuta absoluta* eggs is mediated by egg age and parasitism status. *Biological Control*, 151, 104401.
371. **Mollica, A., Stefanucci, A., Zengin, G., Locatelli, M., Macedonio, G., Orlando, G., ... & Ahmed, A.A. (2018).** Polyphenolic composition, enzyme inhibitory effects ex-vivo and *in-vivo* studies on two Brassicaceae of north-central Italy. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 107, 129-138.
372. **Moreau, C.S. (2014).** A practical guide to DNA extraction, PCR, and gene-based DNA sequencing in insects. *Halteres* 5: 32–42.
373. **Mouden, S., Sarmiento, K.F., Klinkhamer, P.G.L., and Leiss, K.A. (2017).** Integrated pest management in western flower thrips: past, present and future. *Pest Management Sciences*. 75, 813–822.
374. **Moutsie, M. (2002).** L'ortie: une amie qui vous veut du bien. Utovie éd.
375. **Mueller-Harvey, I., Bee, G., Dohme-Meier, F., Hoste, H., Karonen, M., Kölliker, R., Lüscher, A., Niderkorn, V., Pellikaan, W. F., Salminen, J. P., Skøt, L., Smith, L. M. J., Thamsborg, S. M., Totterdell, P., Wilkinson, I., Williams, A. R., Azuhwi, B. N., Baert, N., Grosse Brinkhaus, A., Copani, G., Desrues, O., Drake, C., Engström, M., Fryganas, C., Girard, M., Huyen, N. T., Kempf, K., Malisch, C., Mora-Ortiz, M., Quijada, J., Ramsay, A., Ropiak, H. M., Waghorn, G.C. (2018).** Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: importance of structure, concentration and diet composition. Invited review. *Crop Science*, 59, 861-885.
376. **Mujica, N., Kroschel, J. (2013),** Functional trophic guilds in a subtropical arid agroecosystem: Which is the most beneficial? In: 61st Annual Meeting of the Entomological Society of America 11–14 November 2013, Austin, Texas, USA.
377. **Mutegi, D. M., Dora, K., John, W. K., & Charles, W. (2018).** Integrated use of Kenyan entomopathogenic nematodes (*Steinernema* species) and neem against *Tuta absoluta* on tomato. *International Journal of Research in Agricultural Sciences*. (4), 2348-3997.
378. **Myadelets, M. A., Domrachev, D. V., & Cheremushkina, V. A. (2013).** A study of the chemical composition of essential oils of some species from the Lamiaceae L. family cultivated in the Western Siberian Region. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 39(7), 733-738.
379. **N'Guessan, K., Kadja, B., Zirihi, G., Traoré, D., & Aké-Assi, L. (2009).** Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). *Sciences & Nature*, 6(1).

380. **Nakilcioğlu-Taş, E., & Ötleş, S. (2021).** Influence of extraction solvents on the polyphenol contents, compositions, and antioxidant capacities of fig (*Ficus carica* L.) seeds. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93.
381. **Nampeera, E. L., Blodgett, S., O’Neal, M. E., Nonnecke, G. R., Murungi, L. K., Abukutsa-Onyango, M. O., & Wesonga, J. M. (2020).** Resistance of *Amaranthus* Spp. to the green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer. *Journal of Economic Entomology*, XX (XX), 1-8.
382. **Naseem, U., Muhammad, K., Muhammad, U.A., Taj, A.K., Sahibzada, U.K., Farhat, A. K., ... & Saleem, U. (2012).** Impact of geographical locations on *Mentha spicata* antibacterial activities. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(7), 1201-1206.
383. **Naselli, M., Zappala, L., Gugliuzzo, A., Tropea Garzia, G., Biondi, A., Rapisarda, C., ... & Siscaro, G. (2017).** Olfactory response of the zoophytophagous mirid *Nesidiocoris tenuis* to tomato and alternative host plants. *Arthropod-Plant Interactions*, 11(2), 121-131.
384. **Naumann, H.D., Tedeschi, L.O., Zeller, W.E., Huntley, N.F. (2017).** The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 929-949.
385. **Navarro, S., Navarro, H. (2018).** Recent advances in stored product protection. Springer, Berlin, pp 99–141.
386. **Ndereyimana, A., Nyalala, S., Murerwa, P., & Gaidashova, S. (2019).** Pathogenicity of some commercial formulations of entomopathogenic fungi on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1), 1-5.
387. **Nejad, S. M., Özgüneş, H., & Başaran, N. (2017).** Pharmacological and toxicological properties of eugenol. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(2), 201.
388. **Ngongang, M. D.T., Eke, P., Sameza, M.L., Mback, M.N.L. N., Lordon, C.D., & Boyom, F.F. (2022).** Chemical constituents of essential oils from *Thymus vulgaris* and *Cymbopogon citratus* and their insecticidal potential against the tomato borer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(1), 31-43.
389. **Nigam, N., Khare, P., Yadav, V., Mishra, D., Jain, S., Karak, T., Punja, S., Tandon, S. (2019).** Biochar-mediated sequestration of Pb and Cd leads to enhanced productivity in *Mentha arvensis*. *Ecotoxicol. Environmental*. 172, 411–422.

390. **Nixon, G.E.J. (1965).** A reclassification of the tribe Microgasterini (Hymenoptera: Braconidae). Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Series, Supplement 2: 1–284.
391. **Noge, K., & Becerra, J.X. (2009).** Germacrene D, a common sesquiterpene in the genus *Bursera* (Burseraceae). *Molecules*, 14(12), 5289-5297.
392. **Norris, E. J., & Bloomquist, J. R. (2021).** Recording central neurophysiological output from mosquito larvae for neuropharmacological and insecticide resistance studies. *Journal of Insect Physiology*, 135, 104319.
393. **Nowrid, N. (2017).** Phytochemical screening and the analysis of antibacterial activity in *Chrysanthemum morifolium* Ramat (Doctoral dissertation, BRAC University).
394. **Nozad-Bonab, Z., Hejazi, M.J., Iranipour, S., Arzanlou, M., (2017).** Lethal and sublethal effects of some chemical and biological insecticides on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs and neonates. *J. Econ. Entomol.* 110, 1138e1144.
395. **Ochilo, W.N., Gideon, N., Nyamasyo, B., Kilalo, D., Otieno, W., Otipa, M., Chege, F., Karanja, T. and Eunice, K. (2019).** Characteristics and production constraints of smallholder tomato production in Kenya. *Scientific African* 2:1-10.
396. **Oke, O.A., Kolawole, R.O., Ogunremi, O.A., Akinsola, O.A., Awe, S.A. (2016).** Detection of *apanteles* spp. (Hymenoptera: Braconidae) larval parasitoid of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on greenhouse tomato in Abeokuta, Ogun state, Nigeria. 25th Int Congr Entomol Book; Orlando, FL, Vol. 318.
397. **Olaitan, A.F., & Abiodun, A.T. (2011).** Comparative toxicity of botanical and synthetic insecticides against major field insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Journal of Natural Product and Plant Resources*, 1(3), 86-95.
398. **Olukunle, O. F., & Sanusi, A. I. (2018).** Microbial and Physicochemical Properties of Fermented African Locust Bean (*Parkia biglobosa*) Effluent and its Biocidal Potential on some Selected Insects. *International Journal of Sciences*, 7(05), 49-56.
399. **Omarini, A. B., Achimón, F., Brito, V. D., & Zygadlo, J. A. (2020).** Fermentation as an Alternative Process for the Development of Bioinsecticides. *Fermentation*, 6(4), 120.
400. **OMS (Organisation Mondiale de la Santé). (2007).** Guidelines for Assessing Quality of Herbal Medicines with Reference to Contaminants and Residues; WHO Press: Geneva, Switzerland.
401. **Önder, A. (2020).** Anticancer activity of natural coumarins for biological targets. *Studies in Natural Products Chemistry*, 64, 85-109.

402. **ONM. (2019).** Relevés climatiques de l'année. Station Régionale de l'Office National de Météorologie.
403. **Orčić, D., Francišković, M., Bekvalac, K., Svirčev, E., Beara, I., Lesjak, M., & Mimica-Dukić, N. (2014).** Quantitative determination of plant phenolics in *Urtica dioica* extracts by high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometric detection. *Food chemistry*, 143, 48-53.
404. **Otles, S., & Yalcin, B. (2012).** Phenolic compounds analysis of root, stalk, and leaves of nettle. *The Scientific World Journal*. 2012.
405. **Padwal, G. K., Sharma, K.S., and Singh, K.S., (2018).** Dissection and slide mounting technique for male and female genitalia of *Leucinodes orbonalis*. *Journal of Entomological Research*. 42 (2): 259-262.
406. **Palacios, M., Cisneros, F. (1995).** Management of the Potato Tuber Moth. Program 4, Integrated pest management. International Potato Center. Program Report, 87–91.
- Ratnasingham S, Hebert PD (2013) A DNA-based registry for all animal species: the Barcode Index Number (BIN) system. *PLoS ONE* 8(7): e66213.
407. **Panche, A.N., Diwan, A.D., & Chandra, S.R. (2016).** Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5.
408. **Pandey, A.K., Singh, P., & Tripathi, N.N. (2014).** Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(9), 682-694.
409. **Panno, S., Davino, S., Caruso, A.G., Bertacca, S., Crnogorac, A., Mandić, A., Noris, E., Matić, S. (2021).** A Review of the Most Common and Economically Important Diseases That Undermine the Cultivation of Tomato Crop in the Mediterranean Basin. *Agronomy* 11, 2188.
410. **Panno, S., Davino, S., Caruso, A.G., Bertacca, S., Crnogorac, A., Mandić, A., Noris, E., Matic, S.A. (2021).** Review of the Most Common and Economically Important Diseases That Undermine the Cultivation of Tomato Crop in the Mediterranean Basin. *Agronomy*, 11, 2188.
411. **Papanikolaou, N.E., Kavallieratos, N.G., Iliopoulos, V., Evergetis, E., Skourti, A., Nika, E.P., & Haroutounian, S.A. (2022).** Essential oil coating: mediterranean culinary plants as grain protectants against larvae and adults of *Tribolium castaneum* and *Trogoderma granarium*. *Insects*, 13(2), 165.
412. **Parish, J.B., Carvalho, G.A., Ramos, R.S., Queiroz, E.A., Picanço, M.C., Guedes, R.N.C., & Corrêa, A.S. (2016).** Host range and genetic strains of leafminer flies

- (Diptera: Agromyzidae) in eastern Brazil reveal a new divergent clade of *Liriomyza sativae*. *Agricultural and Forest Entomology*, 19(3), 235–244.
413. **Park, P.J., Rha, C.S., & Kim, S.T. (2019).** Theaflavin-enriched fraction stimulates adipogenesis in human subcutaneous fat cells. *International journal of molecular sciences*, 20(8), 2034.
414. **Passmore, I.J., Letertre, M.P., Preston, M.D., Bianconi, I., Harrison, M.A., Nasher, F., ... & Dawson, L.F. (2018).** Para-cresol production by *Clostridium difficile* affects microbial diversity and membrane integrity of Gram-negative bacteria. *PLoS pathogens*, 14(9), e1007191.
415. **Patiño-Bayona, W.R., Nagles Galeano, L.J., Bustos Cortes, J.J., Delgado Ávila, W. A., Herrera Daza, E., Suárez, L.E.C., ... & Patiño-Ladino, O.J. (2021).** Effects of essential oils from 24 plant species on *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera, Curculionidae). *Insects*, 12(6), 532.
416. **Pavela, R. (2015).** Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. *Industrial crops and products*, 76, 174-187.
417. **Pavela, R., & Benelli, G. (2016).** Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends in plant science*, 21(12), 1000-1007.
418. **Pejin, B., Savic, A., Sokovic, M., Glamoclija, J., Ciric, A., Nikolic, M., ... & Mojovic, M. (2014).** Further *in vitro* evaluation of antiradical and antimicrobial activities of phytol. *Natural Product Research*, 28(6), 372-376.
419. **Pem, D., Jeewon, R. (2015).** Fruit and vegetable intake: benefits and progress of nutritioneducation interventions- narrative review article. *Iran J. Public Health* 44, 1309–1321.
420. **Peralta, I.E., Knapp, S., Spooner, D.M. (2006).** Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. *TGC Report*. 56:6-12.
421. **Peralta, I.E., D.M. Spooner and S. Knapp (2008).** Taxonomy of Wild Tomatoes and Their Relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae), *Systematic Botany Monographs*, The American Society of Plant Taxonomists, Vol. 84, pp. 186.
422. **Pérez-Hedo, M., Bouagga, S., Jaques, J. A., Flors, V., & Urbaneja, A. (2015).** Tomato plant responses to feeding behavior of three zoophytophagous predators (Hemiptera: Miridae). *Biological Control*, 86, 46-51.
423. **Perring, T.M., Stansly, P.A., Liu, T.X., Smith, H.A., Andreason, S.A., (2018).** Whiteflies: Biology, Ecology, and Management. In: Wakil, W., Brust, G.E., Perring,

- T.M. (Eds.), Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato. Academic Press, Elsevier, pp. 73–110.
424. **Perry, D. T., & Choe, D. H. (2020).** Volatile essential oils can be used to improve the efficacy of heat treatments targeting the western drywood termite: evidence from a laboratory study. *Journal of Economic Entomology*, 113(3), 1373-1381.
425. **Petropoulos, S.A., Fernandes, Â., Dias, M.I., Vasilakoglou, I.B., Petrotos, K., Barros, L., & Ferreira, I.C. (2019).** Nutritional value, chemical composition and cytotoxic properties of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) in relation to harvesting stage and plant part. *Antioxidants*, 8(8), 293.
426. **Piri, A., Sahebzadeh, N., Zibae, A., Sendi, J.J., Shamakhi, L., Shahriari, M. (2020).** Toxicity and physiological effects of ajwain (*Carum copticum*, Apiaceae) essential oil and its major constituents against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Chemosphere*. 256,127103.
427. **Polatoğlu, K., Karakoç, Ö.C., Demirci, B., & Başer, K.H.C. (2017).** Chemical composition and insecticidal activity of edible garland (*Chrysanthemum coronarium* L.) essential oil against the granary pest *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera). *Journal of Essential oil research*, 30(2), 120-130.
428. **Popov, S., Skeledžija, S., Šorgić, S., Zeković, Z., Micić, D., Radulović, A., & Đurović, S. (2020).** Application of contemporary extraction techniques for elements and minerals recovery from stinging nettle leaves. *Applied Sciences*, 10(3), 793.
429. **Posada, F.D., Virdiana, I., Navies, M., Pava-Ripoll, M., Hebbar, P. (2011).** Sexual dimorphism of pupae and adults of the cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella*. *J Insect Sci* 11: 1-8.
430. **Poudel, A., & Kafle, K. (2021).** *Tuta absoluta*; A Devastating Pest of Tomato: A Review. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 8(5), 193–197.
431. **Povolny, D., 1994.** On three neotropical species of Gnorimoschemini (Lepidoptera: Gelechiidae) mining Solanaceae. *Acta Uniersalis Agriculturae*, 23, 379-393.
432. **Prasad, A., Sharma, N., Hari-Gowthem, G., Muthamilarasan, M., & Prasad, M. (2020).** Tomato yellow leaf curl virus: impact, challenges, and management. *Trends in plant science*, 25(9), 897-911.
433. **Premkumar, M.H., Carter, B.A., Hawthorne, K.M., King, K., & Abrams, S.A. (2014).** Fish oil-based lipid emulsions in the treatment of parenteral nutrition-associated liver disease: an ongoing positive experience. *Advances in Nutrition*, 5(1), 65-70.

434. **Profert. (2020)**. Fiche technique. Horti compost. Réf de demande N° 82/Agro/21.
435. **Pukalskas, A., Venskutonis, P.R., Dijkgraaf, I., & van Beek, T.A. (2010)**. Isolation, identification and activity of natural antioxidants from costmary (*Chrysanthemum balsamita*) cultivated in Lithuania. Food chemistry, 122(3), 804-811.
436. **Quézel, P. & Santa, S. (1963)**. Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, 2. Paris
437. **Quinet, M., Angosto, T., Yuste-Lisbona, F.J., Blanchard-Gros, R., Bigot, S., Martinez, J.P. and Lutt, S. (2019)**. Tomato Fruit Development and Metabolism. Frontiers in Plant Science. 10:1554.
438. **Rattan, R. K., Datta, S. P., Chhonkar, P. K., Suribabu, K., & Singh, A. K. (2005)**. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater—a case study. Agriculture, ecosystems & environment, 109(3-4), 310-322.
439. **Ravi Kiran, S., & Sita Devi, P. (2007)**. Evaluation of mosquitocidal activity of essential oil and sesquiterpenes from leaves of *Chloroxylon swietenia* DC. Parasitology research, 101(2), 413-418.
440. **Retta, A. N., & Berhe, D. H. (2015)**. Tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick), a devastating pest of tomatoes in the highlands of Northern Ethiopia: A call for attention and action. Research Journal of Agriculture and Environmental Management, 4(6), 264-269.
441. **Riahi, L.M., Elferchichi, H., Ghazghazi, J., Jebali, C., Aouadhi, H., Chogran, Y., Zaouali, N., Zoghlami, A. (2013)**. Phytochemistry, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of *Mentha rotundifolia* L. in Tunisia. Industrial Crops and Products. 49:883–889.
442. **Robinson, P.C. (1983)**. Connectivity of fracture systems—a percolation theory approach. Journal of Physics A: Mathematical and General, 16(3), 605.
443. **Robledo-O’Ryan, N., Matos, M. J., Vazquez-Rodriguez, S., Santana, L., Uriarte, E., Moncada-Basualto, M., ... & Olea-Azar, C. (2017)**. Synthesis, antioxidant and antichagasic properties of a selected series of hydroxy-3-aryl coumarins. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 25(2), 621-632.
444. **Roditakis, E., Vasakis, E., García-Vidal, L., del Rosario, Martínez-Aguirre, M., Rison, J.L. et al. (2018)**. A four-year survey on insecticide resistance and likelihood of chemical control failure for tomato leaf miner *Tuta absoluta* in the European/Asian region. Journal of Pest Science 91: 421–435.

445. **Rodríguez, E.L., Marcelino, G., Silva, G.T., Figueiredo, P.S., Garcez, W.S., Corsino, J., Guimarães, R. and Freitas, K.C., (2019).** Nutraceutical and Medicinal Potential of the *Morus* Species in Metabolic Dysfunctions. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(2), 301.
446. **Rodríguez-García, C., Sánchez-Quesada, C., & Gaforio, J. J. (2019).** Dietary flavonoids as cancer chemopreventive agents: An updated review of human studies. *Antioxidants*, 8(5), 137.
447. **Rousse, P., Gupta, A. (2013).** Microgastrinae (Hymenoptera: Braconidae) of Reunion Island: a catalogue of the local species, including 18 new taxa and a key to species. *Zootaxa* 3616(6): 501–547.
448. **Roy, A. (2017).** A Review on the Alkaloids an Important Therapeutic Compound from Plants. *International Journal of Plant Biotechnology*, 3(2),9.
449. **Russo, A., Perri, M., Cione, E., Di Gioia, M.L., Nardi, M., Cristina Caroleo, M. (2017).** Biochemical and chemical characterization of *Cynara cardunculus* L. extract and its potential use as co-adjuvant therapy of chronic myeloid leukemia. *Journal of Ethnopharmacol*, 202, 184–191.
450. **Rwomushana, I., Beale, T., Chipabika, G., Day, R., Gonzalez-Moreno, P., Lamontagne-Godwin, J., Makale, F., Pratt, C., and Tambo, J. (2019).** Evidence Note: Tomato leafminer (*Tuta absoluta*): impacts and coping strategies for Africa. CABI Working Paper, pp 12–56.
451. **Sahi, L. (2016).** La dynamique des plantes aromatiques et médicinales en Algérie [Troisième partie]. Le marché des plantes aromatiques et médicinales : analyse des tendances du marché mondial et des stratégies économiques en Albanie et en Algérie, CIHEAM-IAMM, pp.101-140, 2016, Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches, 978-2-85352-555-8.
452. **Salama, E.R., Abd, H. S., Ismail, I. A.K., Ebadah, I., Shehata, I., Fouda, M. (2015).** Some Ecological and Behavioral Aspects of the Tomato Leaf Miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ecologia Balkanica*. 35-44.
453. **Salas Gervassio, N.G., Aquino, D., Vallina, C., Biondi, A., & Luna, M.G. (2019).** A re-examination of *Tuta absoluta* parasitoids in South America for optimized biological control. *Journal of Pest Science*, 92(4), 1343-1357.
454. **Salem, S.H., El-Maraghy, S.S., Abdel-Mallek, A.Y., Abdel-Rahman, M.A., Hassanein, E.H., Al-Bedak, O.A., & Sayed, A.M. (2022).** GC–MS analysis, cytotoxicity, and molecular docking studies of bioactive alkaloids extracted from tomato

- leaves inoculated with endophytic fungus *Beauveria* sp. AUMC 15401. Journal of Food Processing and Preservation, e17039.
455. **Salomé-Abarca, L.F., Mandrone, M., Sanna, C., Poli, F., van der Hondel, C.A., Klinkhamer, P.G., Choi, Y.H. (2020).** Metabolic variation in *Cistus monspeliensis* L. ecotypes correlated to their plant-fungal interactions. *Phytochemistry*, 176, 112402.
456. **Sammour, E.A., Kandil, M.A.H., Abdel-Aziz, N.F., Abd El Maguied, E., Agamy, A.M. E. B., & Abdelmaksoud, N.M. (2018).** Field evaluation of new formulation types of essential oils against *Tuta absoluta* and their side effects on tomato plants. *Acta Scientific Agriculture (ISSN: 2581-365X)*, 2(6).
457. **Samuels, J. (2015).** Biodiversity of Food Species of the Solanaceae Family: A Preliminary Taxonomic Inventory of Subfamily Solanoideae. *Resources*, 4(2), 277-322.
458. **Sánchez-Borzone, M.E., Marin, L.D., & García, D.A. (2017).** Effects of insecticidal ketones present in mint plants on GABAA receptor from *Mammalian neurons*. *Pharmacognosy Magazine*, 13(49), 114.
459. **Sankarganesh, E., Firake, D.M., Sharma, B., Verma, V.K., & Behere, G.T. (2017).** Invasion of the South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta*, in northeastern India: a new challenge and biosecurity concerns. *Entomologia Generalis*, 36(4), 335-345.
460. **Sanli, A., Karadogan, T., Tosun, B., & Erbas, S. (2020).** Variation of Chemical Composition of Essential Oils in Wild Populations of *Ferulago cassia* Boiss. From Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(6), 1386-1394.
461. **Šaponjac, V. T., Četković, G., Čanadanović-Brunet, J., Pajin, B., Djilas, S., Petrović, J., ... & Vulić, J. (2016).** Sour cherry pomace extract encapsulated in whey and soy proteins: Incorporation in cookies. *Food chemistry*, 207, 27-33.
462. **Sarr, O.M., Bal, A.B., Fossati-Gaschignard, O., Gauthier, N. (2021).** Effectiveness of two biopesticides against the invasive tomato pest (*Tuta absoluta*) *Entomol. Exp. Appl.*, 169 (7), pp. 674-685.
463. **Sayed, S., Soliman, M.M., Al-Otaibi, S., Hassan, M.M., Elarrnaouty, S.A., Abozeid, S.M., El-Shehawi, A.M. (2022).** Toxicity, Deterrent and Repellent Activities of Four Essential Oils on *Aphis punicae* (Hemiptera: Aphididae). *Plants*, 11, 463.
464. **Sbai, A., Ouhssine, M., Chaouch, A., Oubihi, A., Hajar, E., Hartiti, Rhaim, N., Talbi, F.Z. (2020).** Chemical Composition and Antimicrobial Activities of the Oil Essential Oil of *Mentha Rotundifolia*, *International Journal Of Engineering Research & Technology (IJERT)*. Volume 09, Issue 08.

465. **Schofield, P., Mbugua, D.M., & Pell, A.N. (2001).** Analysis of condensed tannins: a review. *Animal feed science and technology*, 91(1-2), 21-40.
466. **Sebastián, B., Urzúa, A. M., & Vines, M. (2006).** Analysis of surface and volatile compounds of flower heads of introduced plants of *Chrysanthemum coronarium* L. growing wild in Chile. *Flavour and fragrance journal*, 21(5), 783-785.
467. **Seidel, V. (2006).** Initial and bulk extraction. In *Natural products isolation* (pp. 27-46). Humana press.
468. **Senouci, R., Taibi, N.E., Teodoro, A.C., Duarte, L., Mansour, H., Yahia Meddah, R. (2021).** GIS-Based Expert Knowledge for Landslide Susceptibility Mapping (LSM): Case of Mostaganem Coast District, West of Algeria. *Sustainability*.
469. **Šernaite, L. (2017).** Plant extracts: Antimicrobial and antifungal activity and appliance in plant protection (Review). *Sodininkystes ir Daržininkyste*. 36, 58–68
470. **Seydi, O., Sylla, S., Diatte, M., Labou, B., & Diarra, K. (2021).** Recruitment of native parasitoids of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick 1917), (Lepidoptera: Gelechiidae) in Senegal. *International Journal of Pest Management*, 1–7.
471. **Sezer, Y. Ç., Süfer, Ö., & Sezer, G. (2017).** Extraction of phenolic compounds from oven and microwave dried mushrooms (*Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*) by using methanol, ethanol and acetone as solvents. *Indian J Pharm Educ*, 51(3s2), s393-s397.
472. **Shah, S.H., Ali, S., Jan, S.A. et al. (2015).** Piercing and incubation method of in planta transformation producing stable transgenic plants by overexpressing DREB1A gene in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Plant Cell Tiss Organ Cult* 120, 1139–1157.
473. **Shahini, S., Bërxolli, A., & Kokojka, F. (2021).** Effectiveness of bio-insecticides and mass trapping based on population fluctuations for controlling *Tuta absoluta* under greenhouse conditions in Albania. *Heliyon*, 7(1), e05753.
474. **Shaikh, J. R., & Patil, M.K. (2020).** Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 603-608.
475. **Shaltiel-Harpaz, L., Gerling, D., Graph, S., Kedoshim, H., Azolay, L., Rozenberg, T., Nachache, Y., Steinberg, S., Allouche, A., and Alon, T. (2015).** Control of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), in open-field tomatoes by indigenous natural enemies occurring in Palestine occupied. *Journal of Economic Entomology*, 1–12.

476. **Sharif, S., Kitaz, A., & Al Kayali, R. (2016).** TLC screening and evaluation of antioxidant, antibacterial activity of *Onopordon macrocephalum* by bioautography method.
477. **Sharifi-Rad, M., Anil Kumar, N.V., Zucca, P., Varoni, E.M., Dini, L., Panzarini, E., ... & Sharifi-Rad, J. (2020).** Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: Back and forth in the pathophysiology of chronic diseases. *Frontiers in physiology*, 11, 694.
478. **Sharma, A., Flores-Vallejo, R., Cardoso-Taketa, A. and Villarreal, M.L. (2017).** Antibacterial activities of medicinal plants used in Mexican traditional medicine. *Journal of ethnopharmacology*, 208, 264–329.
479. **Sharma, N., & Prasad, M. (2017).** An insight into plant–Tomato leaf curl New Delhi virus interaction. *The Nucleus*, 60(3), 335-348.
480. **Sharma, P. K., Singh, V., & Ali, M. (2016).** Chemical composition and antimicrobial activity of fresh rhizome essential oil of *Zingiber officinale* Roscoe. *Pharmacognosy Journal*, 8(3).
481. **Sheng, Z., Jian, R., Xie, F., Chen, B., Zhang, K., Li, D., ... & Hong, W. D. (2020).** Screening of larvicidal activity of 53 essential oils and their synergistic effect for the improvement of deltamethrin efficacy against *Aedes albopictus*. *Industrial Crops and Products*, 145, 112131.
482. **Shi, Y., Vrebalov, J., Zheng, H., Xu, Y., Yin, X., Liu, W., ... & Giovannoni, J.J. (2021).** A tomato lateral organ boundaries transcription factor, SILOB1, predominantly regulates cell wall and softening components of ripening. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(33), e2102486118.
483. **Shiberu, T., & Getu, E. (2017).** Evaluation of colored sticky traps for the monitoring of *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato under glasshouse in Ethiopia. *Agricultural Research and Technology*, 9(3), 555762.
484. **Shiberu, T., Getu, E. (2018).** Evaluation of bio-pesticides on integrated management of tomato Leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Gelechiidae: Lepidoptera) on Tomato Crops in Western Shewa of Central Ethiopia. *Journal of Entomology, Ornithology and Herpetology*. 6(4):206.
485. **Silva J, Abebe W, Sousa SM, Duarte VG, Machado MIL, Matos FJA (2003).** Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of Eucalyptus. *Journal of Ethnopharmacol* 89:277.
486. **Silva, G. A., Queiroz, E. A., Arcanjo, L. P., Lopes, M. C., Araújo, T. A., Galdino, T. S. V., Picanço, M. C. (2021).** Biological performance and oviposition preference of

- tomato pinworm *Tuta absoluta* when offered a range of Solanaceous host plants. Scientific Reports, 11(1).
487. **Silvério, F.O., de Alvarenga, E.S., Moreno, S.C. et Picanço, M.C. (2009).** Synthèse et activité insecticide de nouveaux pyréthroides. Pest Management Science : anciennement Pesticide Science, 65 (8), 900-905.
488. **Singh, V.K., Singh, A.K., Kumar, A. (2017).** Disease management of tomato through PGPB: Current trends and future perspective. Biotech, 7, 255.
489. **Singh, V. K., Singh, A. K., Singh, P. P., and Kumar, A. (2018).** Interaction of plant growth promoting bacteria with tomato under abiotic stress: A review. Agriculture, Ecosystems and Environment, 267, 129–140.
490. **Skendžić, S., Zovko, M., Pajac, I., Živković Lešić, V. and Lemić, D. (2021).** the impact of climate change on agricultural insect pests. Insects 12: 440.
491. **Soares, M.A., Campos, M.R., Passos, L.C., Carvalho, G.A., Haro, M.M., Lavoie, A. V., ... & Desneux, N. (2019).** Botanical insecticide and natural enemies: a potential combination for pest management against *Tuta absoluta*. Journal of Pest Science, 92(4), 1433-1443.
492. **Soares-Castro, P., Soares, F., & Santos, P.M. (2020).** Current advances in the bacterial toolbox for the biotechnological production of monoterpene-based aroma compounds. Molecules, 26(1), 91.
493. **Sohrabi, F., Nooryazdan, H., Gharati, B., & Saeidi, Z. (2016).** Evaluation of ten tomato cultivars for resistance against tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under field infestation conditions. Entomologia Generalis, 36(2), 163-175.
494. **Solowey, E., Lichtenstein, M., Sallon, S., Paavilainen, H., Solowey, E., & Lorberboum-Galski, H. (2014).** Evaluating medicinal plants for anticancer activity. The Scientific World Journal, 2014.
495. **Sotelo-Cardona, P., Lin, M.Y., Srinivasan, R. (2021).** Growing Tomato under Protected Cultivation Conditions: Overall Effects on Productivity, Nutritional Yield, and Pest Incidences. Crops 1, 97–110.
496. **Spichiger, R.E. (2002).** « Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales », PPUR presses polytechniques, 413 p.
497. **Spooner, D.M. et al. (2003).** “Plant nomenclature and taxonomy an horticultural and agronomic perspective”, Horticultural Reviews, Vol. 28, pp. 1-60.

498. **Spooner, D.M., I.E. Peralta and S. Knapp (2005).** “Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.]”, *Taxon*, Vol. 54/1, pp. 43-61.
499. **Srinivasan, R., Sevgan, S., Ekesi, S., & Tamò, M. (2019).** Biopesticide based sustainable pest management for safer production of vegetable legumes and brassicas in Asia and Africa. *Pest management science*, 75(9), 2446-2454.
500. **Subbanna, S., Gopenath, T.S., & Basalingappa, K.M. (2020).** Biogenic Nanoparticles From *Allium Sativum* And Its Bioactives Applications. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(8), 212-232.
501. **Tabuloc, C.A., Lewald, K.M., Conner, W.R., Lee, Y., Lee, E.K., Cain, A.B., Godfrey, K.E., Arnó, J., Agustí, N., Perini, C.R., Guedes, J.C., Zalom, F.G., & Chiu, J.C. (2019).** Sequencing of *Tuta absoluta* genome to develop SNP genotyping assays for species identification. *Journal of Pest Science*. 92:1397-407.
502. **Tadele, S., & Emanu, G. (2017).** Entomopathogenic effect of *Beauveria bassiana* (Bals.) and *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) on *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae under laboratory and glasshouse conditions in Ethiopia. *Journal of Plant Pathol Microbiol*, 8(5), 411-414.
503. **Tarusikirwa, V.L., Machekano, H., Mutamiswa, R., Chidawanyika, F., Nyamukondiwa, C. (2020).** *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on the “offensive” in Africa: Prospects for integrated management initiatives. *Insects*, 11: e764.
504. **Tawaha, K., & Hudaib, M. (2010).** Volatile oil profiles of the aerial parts of Jordanian garland, *Chrysanthemum coronarium*. *Pharmaceutical Biology*, 48(10), 1108-1114.
505. **Tawaha, K., Alali, F. Q., Gharaibeh, M., Mohammad, M., & El-Elimat, T. (2007).** Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Food chemistry*, 104(4), 1372-1378.
506. **Tedeschi, L.O., Ramírez-Restrepo, C. A., Muir, J.P. (2014).** Developing a conceptual model of possible benefits of condensed tannins for ruminant production. *Animal*, 8, 1095–1105.
507. **Thakor, P., Mehta, J.B., Patel, R. R., Patel, D.D., Subramanian, R. B., & Thakkar, V. R. (2016).** Extraction and purification of phytol from *Abutilon indicum*: cytotoxic and apoptotic activity. *RSC advances*, 6(54), 48336-48345.
508. **Thancharoen, A., Lankaw, S., Moonjuntha, P., Wongphanuwat, T., Sangtongpraow, B., Ngoenklan, R., ... & Wyckhuys, K. A. (2018).** Effective biological

- control of an invasive mealybug pest enhances root yield in cassava. *Journal of pest science*, 91(4), 1199-1211.
509. **Thwe, A. A., Kasemsap, P., Vercambre, G., Gay, F., Phattaralerphong, J., and Gautier, H. (2020).** Impact of red and blue nets on physiological and morphological traits, fruit yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Scientia Horticulturae*. 264, 109185.
510. **Tissier, Y. (2011).** Les vertus de l'Ortie. Tredaniel. Le Courrier du Livre. France
511. **Titouhi, F., Amri, M., Messaoud, C., Haouel, S., Youssfi, S., Cherif, A., & Jemâa, J. M. B. (2017).** Protective effects of three *Artemisia* essential oils against *Callosobruchus maculatus* and *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and the extended side-effects on their natural enemies. *Journal of Stored Products Research*, 72, 11-20.
512. **Tonnang, Z., Mohamed, F., Khamis, F., and Ekesi, S. (2015).** Identification and risk assessment for worldwide invasion and spread of *Tuta absoluta* with a focus on sub saharan Africa: Implications for phytosanitary measures and management. *PLoS ONE*, 10(9), e0135283.
513. **Torres-Quintero, M.C., Arenas-Sosa, I., Peña-Chora, G., Hernández-Velázquez, V.M. (2013).** Feeding chamber for *Myzus persicae* culture (Hemiptera: Aphididae). *Fla. Entomol.* 96, 1600–1602.
514. **Toudert, D.J., (1991).** Étude agropédologique détaillée de l'atelier agricole et évaluation de la stabilité structurale, sous l'influence du couvert végétal et du port organique (fumier mémoire de fin d'étude INFSA, Mostaganem.
515. **Tsimogiannis, D., & Oreopoulou, V. (2019).** Classification of phenolic compounds in plants. In *Polyphenols in plants* . Academic Press. 263-284.
516. **Tundis, R., Iacopetta, D., Sinicropi, M. S., Bonesi, M., Leporini, M., Passalacqua, N. G., ... & Loizzo, M. R. (2017).** Assessment of antioxidant, antitumor and pro-apoptotic effects of *Salvia fruticosa* Mill. subsp. *thomasi* (Lacaita) Brullo, Guglielmo, Pavone & Terrasi (Lamiaceae). *Food and Chemical Toxicology*, 106, 155-164.
517. **Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., & Yangsabai, A. (2018).** Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview. *Medicines*, 5(3), 93.
518. **Türköz, S., and Kaşkavalci, G., (2016).** Determination of the efficacy of some entomopathogenic nematodes against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory conditions. *Türk. entomol. derg.* 40 (2): 175-183.

519. **Umaru, F.F., & Simarani, K. (2020).** Evaluation of the potential of fungal biopesticides for the biological control of the seed bug, *Elasmolomus pallens* (Dallas) (Hemiptera: Rhyparochromidae). *Insects*, 11(5), 277.
520. **Upreti, E., Rajbhandari, B.P., Devkota, M., Colavito, L.A., & Sah, L.P. (2020).** Évaluation of the impact and adoption of IPM against *Tuta absoluta* in Kavre and Lalitpur districts. *Nepalese Journal of Agricultural Sciences*, volume 19, 192.
521. **Urbaneja, A., Desneux, N. (2013).** Natural enemies of the South American moth, *Tuta absoluta*, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies. *J Pest Sci* 86(4): 635 – 64.
522. **Urbaneja, A., Montón, H. and Mollá, O. (2009).** Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *J. Appl. Entomol.* 133: 292-296
523. **Van Damme, V., Berkvens, N., Moerkens, R., Berckmoes, E., Wittemans, L., De Vis, R., Casteels, H., Tirry, L. et De Clercq, P. (2014).** Overwintering potential of the invasive leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) as a pest in greenhouse tomato production in Western Europe. *Journal of Pest Science*, 88(3), 533
524. **Van der Blom J, Karakitsos K, Giakoumaki BM, Robledo –Camacho, A (2016).** Control de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) por *Necremnus tutae* en cultivos de tomate de invernadero en Almería. *Phytoma-España.* 276:24–28.
525. **Van der Blom. J., Camacho, A.R., Torres, S. (2011).** Control de *Tuta absoluta* Mediante Medidas Culturales. Fundación Cajamar, Almeria, Spain. 111-123.
526. **Van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., and Urbaneja, A. (2018a).** Biological control using invertebrates and microorganisms: Plenty of new opportunities. *Bio Control*, 63, 39–59.
527. **Van Lenteren, J. C., Bueno, V. H. P., Calvo, F. J., Calixto, A. M., & Montes, F. C. (2018b).** Comparative effectiveness and injury to tomato plants of three neotropical mirid predators of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of economic entomology*, 111(3), 1080-1086.
528. **Van Lenteren, J. C., Bueno, V. H. P., Burgio, G., Lanzoni, A., Montes, F. C., Silva, D. B., ... & Hemerik, L. (2019).** Pest kill rate as aggregate evaluation criterion to rank biological control agents: a case study with Neotropical predators of *Tuta absoluta* on tomato. *Bulletin of entomological research*, 109(6), 812-820.

529. **Vanholder, R., De Smet, R., & Lesaffer, G. (1999).** p-Cresol: a toxin revealing many neglected but relevant aspects of uraemic toxicity. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 14(12), 2813-2815.
530. **Véla, E. (2017).** Commentaires sur la flore de l'île Rachgoun (Nord-Ouest Algérie Revue d'Ecologie (Terre et Vie), Vol. 72 (3). 258-268 258.
531. **Wafula, G., Waceke, J., & Macharia, C. (2018).** Role of Mass Trapping in the Management of Leafminer (*Tuta absoluta*) on Tomato in the Central Highlands of Kenya. *Journal of Agriculture and Life Sciences* Vol, 5(1).
532. **Waheed, K., Nawaz, H., Hanif, M. A., & Rehman, R. (2020).** Tomato. In *Medicinal Plants of South Asia*. Elsevier. 631-644.
533. **Wan, C., Li, S., Liu, L., Chen, C., & Fan, S. (2017).** Caffeoylquinic acids from the aerial parts of *Chrysanthemum coronarium* L. *Plants*, 6(1), 10.
534. **Wang, Q., Rui, C., Wang, L., Nahiyoon, S. A., Huang, W., Zhu, J., Cui, L. (2021).** Field-evolved resistance to 11 insecticides and the mechanisms involved in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science*, 48-65.
535. **Wanke, D., and Rajaei, H., (2018).** An effective method for the close up photography of insect genitalia during dissection: a case study on the Lepidoptera. *Nota Lepi.* 219–223.
536. **Wen-Bing, H.E., & Zhang, B.Q. (2016).** Comparison on the compositions and antioxidant activity of essential oil from the fruits of *Phellodendron amurense* Rupr. Under four different picking stage. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(2), 328-338.
537. **Widyawati, P.S., Budianta, T.D.W., Kusuma, F.A., & Wijaya, E.L. (2014).** Difference of solvent polarity to phytochemical content and antioxidant activity of *Pluchea indicia* less leaves extracts. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 6(4), 850-855.
538. **Wilkinson, D.S. (1932).** A revision of the Ethiopian species of the genus *Apanteles* (Hym. Bracon.). *Transactions of the Entomological Society of London* 80: 301–344.
539. **Wojtunik-Kulesza, K. A. (2022).** Toxicity of Selected Monoterpenes and Essential Oils Rich in These Compounds. *Molecules*, 27(5), 1716.
540. **Wojtunik-Kulesza, K., Kasprzak-Drozd, K., Sajdlowski, D., Oniszcuk, A., Swiatkowski, W., & Waksmundzka-Hajnos, M. (2021).** *Scutellaria Baicalensis*-A Small Plant with Large Pro-health Biological Activities. *Curr. Issues Pharm. Med. Sci*, 34, 55-59.

541. **Wu, C.H., Tsai, H.P., Su, Y.F., Tsai, C.Y., Lu, Y.Y., & Lin, C.L. (2022).** 2-PMAP Ameliorates Cerebral Vasospasm and Brain Injury after Subarachnoid Hemorrhage by Regulating Neuro-Inflammation in Rats. *Cells*, 11(2), 242.
542. **Xian, X., Han, P., Wang, S., Zhang, G., Liu, W., Desneux, N., & Wan, F. (2017).** The potential invasion risk and preventive measures against the tomato leafminer *Tuta absoluta* in China. *Entomologia Generalis*, 36(4), 319-333.
543. **Yakhlef, G., Hambaba, L., Pinto, D. C., & Silva, A. M. (2020).** Chemical composition and insecticidal, repellent and antifungal activities of essential oil of *Mentha rotundifolia* (L.) from Algeria. *Industrial crops and products*, 158, 112988.
544. **Yang, Y., & Guo, Y. (2018).** Unraveling salt stress signaling in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 60(9), 796-804.
545. **Ye, F., Liang, Q., Li, H., & Zhao, G. (2015).** Solvent effects on phenolic content, composition, and antioxidant activity of extracts from florets of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Industrial Crops and Products*, 76, 574-581.
546. **Yeshi, K., Crayn, D., Ritmejerytė, E., & Wangchuk, P. (2022).** Plant secondary metabolites produced in response to abiotic stresses has potential application in pharmaceutical product development. *Molecules*, 27(1), 313.
547. **Yin, J., Wang, A.P., Li, W.F., Shi, R., Jin, H.T., Wen, J.F. (2017).** Sensitive biomarkers identification for differentiating Cd and Pb induced toxicity on zebrafish embryos. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 56, 40–349.
548. **Yu, D.S.K., Van Achterberg, C., Horstmann, K. (2016).** Taxapad 2016, Ichneumonoidea 2015. Database, Ottawa, Can.
549. **Yuqing, W., Yaxian, Z., Zhipeng, G., & Wencai, Y. (2018).** Breeding for Resistance to Tomato Bacterial Diseases in China: Challenges and Prospects. *Horticultural Plant Journal*, 193-207.
550. **Yves-Alain, B., Janat A., Mamyrbekova, B., Boua, B., Fézan, H., et Tra, BI. (2007).** Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend.et Zarucchi (Caesalpiniaceae). *Sciences & Nature*. 4(2):217-225.
551. **Zaagueri, T., Mnari-Hattab, M., Moussaoui, N., Accotto, G.P., Noris, E., Marian, D., Vaira, A.M. (2019).** Chickpea chlorotic dwarf virus infecting tomato crop in Tunisia. *Eur. J. Plant Pathologies*, 154, 1159–1164.
552. **Zaid, R., M. F. Aroun et Moumene, K. (2011).** Inventaire des ennemis naturels de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lep:Gelechiidae) et effet de son parasitoïde *Diglyphus isaea* (Hym: Eulophidae) sur deux variétés de tomate dans les régions de Staouéli et Chéraga.

- EPPO/ IOBC/NEPPO joint international symposium on management of *Tuta absoluta* (Tomato Borer), 16–18 November 2011, Agadir, Morocco.
553. **Zappalà, L., Biondi, A., Alma, A., Al-Jboory, I.J., Arnó, J., Bayram, A., Chailleux, A., ElArnaouty, A., Gerling, D., Guenaoui, Y., Shaltiel-Harpaz, L., Siscaro, G., Stavrinides, M., Tavella, L., Vercher-Aznar, R., Urbaneja, A., Desneux, N. (2013).** Natural enemies of the South American moth, *Tuta absoluta*, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies. *J. Pest Sci.* 86:635–647.
554. **Zarrad, K., Chaieb, I., Ben Hamouda, A., Bouslama, T., and Laarif, A. (2017).** Chemical composition and insecticidal effects of *Citrus aurantium* essential oil and its powdery formulation against *Tuta absoluta*. *Tunisian Journal of Plant Protection* 12: 83-94.
555. **Zaynab, M., Fatima, M., Sharif, Y., Zafar, M.H., Ali, H., & Khan, K.A. (2019).** Role of primary metabolites in plant defense against pathogens. *Microbial pathogenesis*, 137, 103728.
556. **Zbadi, R., Mohti, H., & Moussaoui, F. (2018).** Stress oxydatif: évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales. *Médecine thérapeutique*, 24(2), 134-141.
557. **Zellagui, A., Gherraf, N., Rhouati, S., (2013).** A Germacrene –D, characteristic essential oil from *microcarpus Salzm* and Viv. Flowers growing in Algeria. *Glob. Journal of Biodivers, Scinces and Management* 3(1), 108-110.
558. **Zhang, G.F., Ma, D., Wang, Y., sheng Gao, Y., Liu, W., Zhang, R., et al. (2020).** First report of the South American tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick), in China. *J. Integr. Agric.* 19, 1912–1917.
559. **Zhang, Y., Tian, X., Wang, H., Casteñé, C., Arnó, J., Collatz, J., & Zhang, G. (2021).** Host selection behavior of the host-feeding parasitoid *Necremnus tutae* on *Tuta absoluta*. *Entomologia Generalis*.
560. **Zheljzkov, V.D., Cantrell, C.L., Jeliaskova, E.A., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2022).** Essential Oil Yield, Composition, and Bioactivity of Sagebrush Species in the Bighorn Mountains. *Plants*, 11(9), 1228.
561. **Zhigzhitzhapova, S.V., Randalova, T.E., Radnaeva, L.D., Dylenova, E.P., Chen, S., & Zhang, F. (2017).** Chemical composition of essentials oils of *Artemisia frigida* Willd. (Asteraceae) grown in the North and Central Asia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(4), 915-926.