

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires
Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE MAGISTER

en Sciences Agronomiques

Spécialité : bio-pesticide et gestion phytosanitaire

IMPACT DES TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES SUR LES
VARIATIONS D'ABONDANCE ET DE DIVERSITE
SPATIOTEMPORELLE DE LA FAUNE DES RAVAGEURS ET DE
LEURS AUXILIAIRES SUR QUELQUE CULTURES

Par

Billel AOUDIA

Devant le jury composé de :

A. GUENDOUZ - BENRIMA	Professeur	U.S.D.Blida	Présidente
L. ALLAL- BENFEKIH	Professeur	U.S.D.Blida.	Promotrice
S .A. SNOUSSI	Professeur	U.S.D.Blida	Examineur
F. BOUNACER	MCA.,	U. Tieret	Examineur
Z.E. DJAZOULI	MCA.,	U.S.D.Blida	Examineur

Blida, Septembre 2012.

RESUME

L'objectif de notre étude consiste en l'évaluation des effets de l'usage de deux matières actives chimique (Lambda-cyhalothrine) et biologique (Spinosad) à la dose homologuée et à la demi dose appliquées sur l'entomofaune des ravageurs et des auxiliaires associé à la culture de tomate et de l'oranger au niveau d'exploitations privées à Oued El Alleug, situées en Mitidja Centrale.

L'étude comparative des deux produits montre que les deux matières actives ont la capacité de contrôler les pullulations de ravageurs en dose homologué. Le spectre d'activité du Spinosad est étroit par rapport à celui de la Lambda-cyhalothrine. Le Spinosad a une toxicité importante sur les Lépidoptères, les diptères, les Thysanoptères, alors qu'il neutre sur les homoptères (*Aphidae*, *les Jassidae les et les Coccidae*). Alors que le Lambda-cyhalothine montre une efficacité sur toutes les espèces ravageuses associées à la culture de tomate et l'oranger à l'exception des Coccidae. La demi-dose de deux matières actives manifeste une efficacité régulatrice des ravageurs inférieure à celle de la dose homologuée. On note une reprise rapide de l'activité biotique suite à l'augmentation de la population. Le phénomène de la résistance apparait plus rapidement quant on applique ces traitements à des doses subléthales.

Le traitement biologique (Spinosad) engendre des perturbations au sein des populations des parasites et des floricoles, alors qu'il maintient les prédateurs à l'exception des *Chrysopidae*. La Lambda-cyhalothrine montre des effets indésirables sur les différents groupes trophiques. Les deux traitements en demi-dose montrent une perturbation sur l'entomocénose, la plus faible est provoquée par le Spinosad. On conclut que le Spinosad est le plus compatible avec les groupes fonctionnels pour une lutte intégrée.

Mots clés : Agrumes, tomate, Lambdacihalothrine, Spinosad, dose, sensibilité, résistance, entomofaune, diversité des auxiliaires.

ABSTRACT

IMPACT OF THE TREATMENT PLANT ON THE VARIATION OF ABUNDANCE AND DIVERSITY OF WILDLIFE SPATIOTEMPORAL PESTS AND THEIR AUXILIARIES IN SOME CULTURES

The aim of our study is evaluating the effects of the use of two active chemical (Lambda-cyhalothrin) and biological (Spinosad) at a dose homologue and half dose applied to the insect fauna of pests and auxiliaries associated with the tomato crop and the orange level of private farms in El Oued Alleug, located in Central Mitidja.

The comparative study of two products shows that the two active ingredients have the ability to control pest outbreaks in the approved dose. The spectrum of activity of the Spinosad is narrow compared to that of the Lambda-cyhalothrin. Spinosad has significant toxicity to the Lepidoptera, Diptera, Thysanoptera, while neutral on Homoptera (Aphidae the Jassidae and the Coccidae). While the Lambda-cyhalothine shows efficacy on all species associated with the devastating culture of tomato and orange with the exception of Coccidae. The half-dose of two active ingredients obvious efficiency regulatory pest lower than the approved dose. There was a rapid recovery of biotic activity following the increase of the population. The phenomenon of resistance appears as soon as we apply these treatments at sublethal doses.

Biological treatment (Spinosad) generates perturbations in the populations of pests and flower, while it keeps the predators with the exception of Chrysopidae. The Lambda-cyhalothrin showed adverse effects on different trophic groups. The two half-dose treatments show a disturbance on the entomocénose, the lowest is caused by spinosad. It is concluded that spinosad is most consistent with the functional groups for integrated pest management.

Keywords: Citrus, tomato, Lambda Cyhalothrin, Spinosad, doses, sensitivity, resistance, Diversity of auxiliaries.

ملخص.....ص

تأثير المبيدات الحشرية علي التغير الوفرة و التنوع الوقتي و المساحي للحشرات الضارة و الحشرات النافعة لبعض الزراعات

الهدف من دراستنا، هو تقييم الآثار المترتبة على استخدام اثنين من المواد الفعالة الكيميائية Lambdacyhalothrin و البيولوجية Spinosad و تطبيقها على جرعات مختلفة علي التنوع الكمي والنوعي للحشرات المرافقة للحمضيات والطماطم في المنطقة متيحة (وادي العلايق- ولاية البليدة).

الدراسة المقارنة بين هاتين المادتين، تدل على أن كلي المادتين لها القدرة على السيطرة على الحشرات الضارة، و لاكن مجال عمل مادة Spinosad محدود بالمقارنة مع Lambda-cyhalothine. فمادة Spinosad جد فعالة علي Lepidoptera, Diptera, Thysanoptera و ليس له تأثير علي Homoptera (Aphidae , Jassidae, Coccidae). المادة الفعالة Lambda-cyhalothin لها تأثير علي جميع الحشرات الضارة باستثناء Coccidae .

إن استعمال نصف الجرعة الفعالة أظهرت فعالية في الحماية ضد الحشرات الضارة، و لكن فعاليتها اقل من الجرعة الكاملة. كما أظهرت معاودة نشاط الطبيعي للحشرات الضارة بسرعة، بما نفسره بظهور ظاهرة المقاومة عند الحشرات الضارة.

إن مادة البيولوجية (Spinosad) أظهرت ضرر للحشرات الطفيلية و للحشرات الملقحة، ولكن لم تظهر أي تأثير علي الحشرات المفترسة باستثناء *Chrysopida*. إن Lambdacyhalothrine أظهر تأثير علي جميع الفرق الفعالة . كما ان نصف الجرعة لكلي المادتين أظهر تأثير سلبي علي الحشرات حيث إن مادة Spinosad الأقل تأثيرا. إن مادة Spinosad الأكثر موافقة مع الفرق الفعالة التي يمكن استعمالها في الحماية المتكاملة.

الكلمات الرئيسية: الحمضيات، والطماطم، Lambdacyhalothrin ، Spinosad،

الجرعة، الحساسية، المقاومة، تنوع الحشرات المساعدة

REMERCIEMENTS

Avant de présenter ce modeste travail, je remercie **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné la foi, le courage et la volonté pour le réaliser et côtoyer durant mon cursus des personnes qui m'ont beaucoup aidé.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma promotrice, Madame Allal-Benfekih Leila, Maitre de conférences à l'Université Saad Dahleb de Blida, pour sa bienveillance, ses conseils précieux et son aide, ainsi que pour sa disponibilité, son écoute, ses remarques pertinentes et ses orientations qui m'ont fait aboutir à ces résultats.

Que Madame le professeur BENRIMA-GUENDOZ Atika trouve ici l'expression de toute ma gratitude et mes remerciements les plus sincères pour m'avoir fait honneur en présidant mon jury de thèse.

Mes plus vifs remerciements s'adressent également à Monsieur SNOUSSI Sid Ahmed, professeur à l'Université Saad Dahleb de Blida, Monsieur DJAZOULI Zahreddine, Maitre de conférences à l'Université Saad Dahleb de Blida, et à Monsieur BOUNACER Farid Maitre de conférences à l'Université de Biskra, pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Mes plus vifs remerciements et toute ma reconnaissance vont également à:

Tous les enseignants du département des sciences agronomiques qui ont contribué à ma formation ainsi que tous mes enseignants de mon cycle d'ingénieur et ma formation de magister en option gestion phytosanitaire et biopesticide. M^{lle} DJEMAI Yamina, technicienne de laboratoire de zoologie, pour toute sa gentillesse et ses concessions. M^{me} AOUDIA-ESSERHANE Warda et M^{lle} MESSAOUD Nassima pour leur aide et leur contribution dans l'élaboration de ce mémoire.

Que tous mes amis et tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

MERCI

DÉDICACES

A mon très cher père : en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je lui porte et ma reconnaissance pour son soutien.

A la mémoire de ma défunte mère.

A mon frère, mes sœurs et leurs familles

A ma femme Warda

A Mes petits anges Malak et Alaa

A mes responsables de la profession et collègues du travail

A mes amis(es) et proches.

.....Je dédie ce mémoire.

AOUDIA Billel

TABLES DES MATIERES

RESUME

OBSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DEDICACES

TABLES DES MATIERES

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

INTRODUCTION..... 22

CHAPITRE 1: GENERALITES SUR LES MALADIES ET RAVAGEURS

DES AGRUMES ET DE LA TOMATE..... 26

1.1. Généralités sur les maladies et ravageurs des agrumes 26

1.1.1. Introduction 26

1.1.2. Maladies virales..... 28

1.1.3. Maladies cryptogamiques 29

1.1.4. Les maladies bactériennes (Bactérioses)..... 29

1.1.5. Les ravageurs des agrumes 30

1.1.5.1. Les nématodes..... 30

1.1.5.2. Les acariens..... 30

1.1.5.3. Les insectes 31

1.1.5.3.1. Les diptères..... 31

1.1.5.3.2. Les Thysanoptères..... 31

1.1.5.3.3. Lépidoptères.....	32
1.1.5.3.3.1. La mineuse des feuilles.....	32
1.1.5.3.3.1. Teigne du citronnier.....	33
1.1.5.3.4. Les homoptères.....	33
1.1.5.3.4.1. Les aleurodes	33
1.1.5.3.4.2. Les cochenilles.....	34
1.1.5.3.4.3. Les pucerons.....	35
1.2. Généralités sur les maladies et ravageurs de la tomate.....	36
1.2.1. Introduction.....	36
1.2.2. Désordre physiologique	37
1.2.2.1. La nécrose apicale.....	37
1.2.2.2. La brûlure par le soleil.....	38
1.2.3. Les maladies de la tomate	38
1.2.3.1. Les maladies virales.....	38
1.2.3.2. Maladies cryptogamiques.....	39
1.2.3.3. Maladies bactériennes	39
1.2.4. Les ravageurs.....	40
1.2.4.1. Acariens.....	40
1.2.4.2. Nématodes	40
1.2.4.3. Les insectes.....	41
1.2.4.3.1. Les lépidoptères.....	41
1.2.4.3.1.1. Les noctuelles.....	41

1.2.4.3.1.2. <i>Tuta absoluta</i> Meyrick (1917).....	42
1.2.4.3.2. Les diptères	42
1.2.4.3.3. Les Thysanoptères.....	43
1.2.4.3.4. Les homoptères.....	43
1.2.3.4.1. Les aleurodes.....	43
1.2.3.3.2. Les pucerons.....	44
CHAPITRE 2: LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES	45
2.1. Introduction.....	45
2.2. Le marché de pesticide	45
2.2.1. Le marché mondial	45
2.2.2. Le marché Algérien	47
2.3. Définition de pesticide	47
2.4. La formulation	47
2.5. Les principales familles des insecticides.....	48
2.5.1. Les organochlorés	48
2.5.2. Les organophosphates.....	48
2.5.3. Les Carbamates.....	49
2.5.4. Les pyréthrinoides de synthèse.....	49
2.6. Les bio-insecticides.....	50
2.7. Les effets indésirables des insecticides (la résistance)	52
2.7.1. Types de résistance.....	53
2.7.2. Nature de la résistance.....	53

2.7.2.1. Résistance comportementale	53
2.7.2.1.1. Résistance associée à la mobilité de l'insecte.....	54
2.7.2.1.2. Résistance associée à l'immobilité de l'insecte.....	54
2.7.2.2. Résistance physiologique	54
2.7.2.2.1. Modification de la cinétique de pénétration de l'insecticide.....	54
2.7.2.2.2. Excrétion des insecticides.....	55
2.7.2.3. La résistance biochimique aux insecticides.....	55
2.7.2.3.1. Modification de cible.....	56
2.7.3. Les bases moléculaires de la résistance aux insecticides.....	56
2.7.3.1. La surexpression des gènes.....	56
2.7.3.2. Les mutations ponctuelles.....	57
CHAPITRE3: EFFETS DES PESTICIDES SUR LES ARTHROPODES.....	58
3.1. Introduction.....	58
3.2. Les effets directs du pesticide.....	58
3.2.1. Effets létaux.....	58
3.2.2. Effets sublétaux.....	59
3.3. Les effets indirects des pesticides.....	59
3.3.1. La réduction des disponibilités alimentaires.....	59
3.3.2. La contamination de la chaîne alimentaire.....	60
3.4. Les facteurs qui influencent l'impact des pesticides.....	60
3.4.1. Dispersion des produits	60
3.4.2. Non sélectivité des produits.....	61

3.4.3. La rémanence de la molécule active.....	61
3.5. L'effet des pesticides sur biodiversité fonctionnelle.....	61
3.5.1. fonctions du sol.....	62
3.5.2. Pollinisation.....	63
3.5.3. Prédation	64
3.6. Les méthodes biologiques surveillances de milieu.....	65
3.6.1. Biomarqueurs.....	65
3.6.2. Espèces sentinelles.....	66
3.6.3. Bioindicateurs.....	66
3.7. Alternatif de la lutte chimique.....	66
3.7.1. Lutte biologique.....	66
3.7.2. Lutte intégrée.....	67
CHAPITRE 4: MATERIEL ET METHODES.....	69
4.1. Objectifs.....	69
4.2. Présentation de la région d'étude.....	70
4.2.1. Situation géographique	70
4.2.2. Caractéristiques climatiques.....	71
4.2.2.1. La température	71
4.2.2.2. La pluviométrie.....	72
4.2.2.3. La synthèse climatique	72
4.2.2.3.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	72
4.2.2.3.2. Climagramme d'EMBERGER	73

4.2.2.4. Le vent	76
4.3. Présentation et caractéristiques des stations d'études.....	76
4.3.1. Station d'agrume	76
4.3.2. Station de tomate	77
4.4. Caractéristiques des produits phytosanitaires utilisés.....	78
4.5. Présentation du dispositif expérimental.....	79
4.5.1. Echantillonnage sur le terrain.....	79
4.5.1.1. Méthode du contrôle visuel.....	79
4.5.1.2. Méthode de piégeage à l'aide des bacs jaunes.....	81
4.5.1.3. Piège à phéromone.....	82
4.6. Analyses statistiques des données.....	83
4.6.1. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009).....	83
4.6.2. analyse factorielle des correspondances (A.F.C.) (PAST vers. 1.9).....	83
4.6.3. Classification ascendante hiérarchique (PAST vers. 1.9).....	83
4.6.4. ANOSIM (analyse des similitudes) (PAST vers. 1.9).....	84
4.6.5. SIMPER (pourcentage de similitude) (PAST vers. 1.9).....	84
CHAPITRE 5: R ESULTATS	85
5.1. Evaluation de l'effet insecticide des matières actives chimique et biologique sur les bioagresseurs et les auxiliaires de la tomate.....	85
5.1.1. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad.....	85
5.1.1.1. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les aphides.....	85

5.1.1.2. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les coccinelles.....	89
5.1.1.3. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les abeilles	91
5.1.2. Analyse comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les bioagresseurs et auxiliaires de la tomate en plein champ.....	95
5.1.2.1. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations aphidiennes.....	95
5.1.2.2. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations de coccinellidae aphidiphages.....	97
5.1.2.3. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations des auxiliaires Apidae.....	99
5.2. Evaluation de l'effet insecticide des matières actives chimique et biologique sur les bioagresseurs et les auxiliaires de l'oranger.....	101
5.2.1. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad	101
5.2.1.1. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les aphides.....	101
5.2.1.2. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les coccinellidae.....	103
5.2.2. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les bioagresseurs et auxiliaires de l'oranger.....	106
5.2.2.1. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations aphidiennes.....	106
5.2.2.2. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations de coccinellidae.....	108

5.3. Evaluation de l'effet insecticide des matières actives chimique et biologique sur les différents groupes trophiques.....	110
5.3.1. Évaluation de l'effet des deux traitements chimique et biologique sur les groupes trophiques de la tomate en plein champ.....	110
5.3.2. Différences de composition comparée des abondances de l'entomofaune associée à la tomate exposée aux doses et traitements testés.....	118
5.3.3. Évaluation des deux matières actives sur les groupes trophiques de l'oranger.....	127
5.3.4. Différences de composition comparée des abondances de l'entomofaune associée à l'oranger exposée aux doses et traitements testés.....	134
5.4. Distribution temporelle de l'abondance de l'entomocénose associée à la culture de tomate et au verger d'oranger, exposé au traitement chimique et biologique.....	141
5.4.1. Distribution temporelle de l'abondance de l'entomocénose sur tomate après traitement.....	141
5.4.2. Distribution temporelle de l'abondance de l'entomocénose sur l'oranger après traitement.....	144
5.5. Étude comparative de l'effet de traitement biologique et chimique sur la structure et la diversité des communautés entomofauniques dans les deux cultures.....	146
5.5.1. Diagrammes rang-fréquence des communautés d'insectes exposées aux différents traitements sur tomate.....	146
5.5.2. Diagrammes rang-fréquence des communautés d'insectes exposées aux différents traitements sur l'oranger.....	148

CHAPITRE 6 : DISCUSSION GENERALE.....	151
CONCLUSION GENERALE.....	165
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	167
APPENDICES.....	197

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 2.1.	: Le marché mondial des biopesticides et des pesticides synthétiques, 2003-2010 [71].....	46
Figure 2.2.	: La structure chimique des pyréthriinoïdes [90].....	50
Figure 2.3.	: Mode d'action de différentes familles d'insecticide. [96].....	51
Figure 2.4.	: La structure chimique de Spinosad [98].....	52
Figure 3.1.	: Impact des pesticides sur la décomposition de matière organiques.....	63
Figure 4.1.	: Limite géographique de la Mitidja. [164].	71
Figure 4.2.	: Diagramme ombrothermique de la région de Mitidja pour l'année 2010.....	74
Figure 4.3.	: Diagramme ombrothermique de la région de Mitidja pour la période 1995-2010.....	74
Figure 4.4.	: Localisation de la Mitidja dans le Climagramme d'EMBERGER.....	75
Figure 4.5.	: Situation géographique de la station d'étude agrume à Oued El Alleug.....	77
Figure 4.6.	: Situation géographique de la station d'étude de Tomate à Ben Chabane.....	78
Figure 4.7.	: Dispositif expérimental de la parcelle d'étude orangé.....	80
Figure 4.8.	: Dispositif expérimental de la parcelle d'étude tomate.....	80

Figure 4.9.	: Bacs jaunes utilisés et disposition au sein de la frondaison des orangers.....	81
Figure 4.10.	: Pièges entonnoir à phéromone pour la capture de <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann, 1824).....	82
Figure 4.11.	: Pièges à phéromone pour la capture de <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917).....	82
Figure 5.1.	: Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations aphidiennes sur la tomate de plein champ.....	87
Figure 5.2.	: Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations des coccinelles aphidiphages sur la tomate de plein champ.....	90
Figure 5.3.	: Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations des abeilles sur la tomate de plein champ.....	93
Figure 5.4.	: Résultats de l'analyse du modèle GLM (ANOVA, Systat vers. 9.1) de l'évaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations résiduelles aphidiennes sur la tomate de plein champ.....	96
Figure 5.5.	: Résultats de l'analyse du modèle GLM (ANOVA, Systat vers. 9.1) de l'évaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations résiduelles aphidiennes sur la tomate de plein champ.....	96
Figure 5.6.	: Evaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations résiduelles des coccinelles aphidiphages sur la tomate de plein champ.....	98
Figure 5.7.	: Evaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations résiduelles de coccinelles aphidiphages sur la tomate de plein champ.....	98

Figure 5.8.	: Evaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations résiduelles des abeilles sur la tomate de plein champ.....	100
Figure 5.9.	: Evaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations résiduelles des abeilles sur la tomate de plein champ.....	100
Figure 5.10	: Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations aphidiennes sur l'oranger.....	102
Figure 5.11.	: Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations des coccinelles sur l'oranger.....	104
Figure 5.12.	: Evaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations aphidiennes sur l'oranger.....	107
Figure 5.13.	: Evaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations aphidiennes sur l'oranger.....	107
Figure 5.14.	: Evaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations résiduelles des coccinelles sur l'oranger.....	109
Figure 5.15.	: Evaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations résiduelles des populations de coccinelles sur l'oranger.....	109
Figure 5.16.A	: Comparaison des abondances des différents groupes trophiques de la tomate sous l'effet dose de la Lambda cyhalothrin durant 16 jours d'exposition.....	110
Figure 5.16.B	: Comparaison des abondances des différents groupes trophiques de la tomate sous l'effet demi dose de la Lambda cyhalothrin durant 16 jours d'exposition.....	111
Figure 5.16.C	: Comparaison des abondances des différents groupes trophiques de la tomate sous l'effet dose du Spinosad durant 16 jours d'exposition.....	112

Figure 5.16.D : Comparaison des abondances des différents groupes trophiques de la tomate sous l'effet demi dose du Spinosad durant 16 jours d'exposition.....	112
Figure 5.17. : Résultats de l'analyse de la variance relatifs à l'influence de la matière active, de la dose, et du temps d'exposition sur l'abondance des populations des groupes trophiques sur la tomate de plein champ.....	117
Figure 5.18. : Contributions de l'entomocénose associée à la tomate aux différences de composition entre assemblages des différents traitements chimiques et biologiques.....	124 -126
Figure 5.19. : Comparaison des abondances des différents groupes trophiques résiduelles d'agrumes sous l'effet des matières actives et des doses.....	130
Figure 5.20. : L'effet de la matière active, de la dose, et du temps d'exposition sur l'abondance des populations des groupes trophiques dans les unités de l'oranger.....	133
Figure 5.21. : Contributions de l'entomocénose associée à l'oranger aux différences de composition entre assemblages des différents traitements chimiques et biologiques.....	138 -140
Figure 5.22.A : Projection des variables matières actives, les doses le temps et les principales espèces de l'entomofaune de la tomate, sur les axes 1 et 2 de l'AFC.....	143
Figure 5.22.B : Classification ascendante hiérarchique montrant les groupes structurés à partir des variables, matière active, dose, temps et les espèces de l'entomofaune de la tomate observée après traitement.....	143
Figure 5.23.A : Projection des variables matière active, les doses le temps et les principales espèces de l'entomofaune résiduelle de l'oranger, sur les axes 1 et 2 de l'AFC.....	145
Figure 5.23.B : Classification ascendante hiérarchique montrant les groupes structurés à partir des variables, matière active, dose, temps et les espèces de l'entomofaune résiduelle de l'oranger observée après traitement.....	145

Figure 5.24.	: Ajustement des fluctuations des abondances des communautés entomologiques résiduelle de la tomate sous l'effet de matiers active et la dose appliqué au model Motomura.....	147
Figure 5.25.	: Ajustement des fluctuations des abondances des communautés entomologiques résiduelles d'agrumes sous l'effet de la matière active et la dose appliquée au modèle Motomura.....	148
Tableau 4.1.	: Variation de la température et de la pluviométrie de la région d'Oued El Alleug (Mitidja centrale) pendant l'année 2010, et la période 1995 - 2010.....	72
Tableau 4.2.	: dispositif expérimental des parcelles d'études.....	79
Tableau 5.1.	: Analyse de la variance (test one way anova, Past, 1.9) appliquée à la comparaison des abondances des populations résiduelles aphidiennes sur la tomate, sous l'effet de la matière active et de la dose.....	88
Tableau 5.2.	: Analyse de la variance (test one way anova) appliquée à la comparaison des populations résiduelles de coccinelles sur la tomate sous l'effet des matières actives et des doses.....	91
Tableau 5.3.	: Analyse de la variance (test one way anova) appliqué à la comparaison des populations résiduelles d'abeilles sur la tomate sous l'effet de matières actives et des doses.....	94
Tableau 5.4.	: Analyse de la variance (Global Linear Model) appliquée à la comparaison des populations résiduelles aphidiennes sur la tomate, sous l'effet de la dose de chaque matière active considérée.....	95

Tableau 5.5.	: Analyse de la variance (GLM) appliqué à la comparaison des populations résiduelles de coccinelidae sur la tomate, sous l'effet de la dose et du temps.....	97
Tableau 5.6.	: Analyse de la variance (GLM) appliquée à la comparaison des populations résiduelles des abeilles sur la tomate, sous l'effet de la dose de chaque pesticide considéré.....	99
Tableau 5.7.	: Test one way anova, (Past vers. 1.9) appliqué à la comparaison des populations résiduelles de coccinelles aphidiphages sur l'oranger sous l'effet de la matière active et de la dose.....	101
Tableau 5.8.	: Analyse de la variance (test one way anova, Past vers. 1.9) appliquée à la comparaison des populations résiduelles de coccinelles sur l'oranger sous l'effet de la matière active et de la dose.....	105
Tableau 5.9.	: Analyse de la variance (GLM) appliqué à la comparaison des populations résiduelles aphidiennes sur l'oranger, sous l'effet des deux pesticides.....	106
Tableau 5.10.	: Analyse de la variance (GLM) appliqué à la comparaison des populations résiduelles aphidiennes sur la tomate, sous l'effet de la dose.....	108
Tableau 5.11.	: Analyse de la variance des abondances des différents groupes trophiques sur tomate, selon le traitement et la dose.....	115
Tableau 5.12.	: L'analyse de similarité de l'effet des traitements phytosanitaires et des doses d'applications sur l'abondance des différents taxons associées à la culture de tomate.....	118
Tableau 5.13.	: Contributions de l'entomocénose associée à la tomate aux différences de composition entre assemblages des différents traitements chimiques et biologiques.....	121

Tableau 5.14.	: Analyse de la variance des abondances des différents groupes trophiques résiduelles d'agrume selon le traitement et la dose.....	131
Tableau 5.15.	: L'analyse de similarité de l'effet des traitements phytosanitaires et des doses d'applications sur l'abondance des différents taxons associées à l'oranger.....	134
Tableau 5.16.	: Contributions de l'entomocénose associée à l'oranger aux différences de composition entre assemblages des différents traitements chimiques et biologiques.....	135
Tableau 5.17.	: Comparaison des pentes des cinq unités de la tomate à l'ajustement MOTOMURA (1932).....	146
Tableau 5.18.	: Comparaison des pentes des cinq unités d'agrumes à l'ajustement MOTAMURA (1932).....	149
Tableau 6.1.	: Effets comparatifs de la toxicité des produits biologique, et chimique sur les Aphides, les pollinisateurs Apidae et les aphidiphages Coccinellidae.....	153
Tableau 6.2.	: Évaluation temporelle de la toxicité des produits biologique, et chimique appliqués à différente dose sur les populations résiduelles aphidiennes, les populations de coccinellides et des Apidae.....	154

INTRODUCTION

L'agrosystème, partie cultivée de l'écosystème, est simplifié au profit d'une ou de quelques plantes cultivées ; le milieu est donc fortement déséquilibré. Naturellement des plantes et des animaux pionniers vont le recoloniser, c'est dans ces groupes que sont classés les adventices et les ravageurs des cultures [1].

Les pertes mondiales causées par les ravageurs et les maladies des cultures avant et après récolte sont estimées à plusieurs milliards de dollars; soit 30% en moyenne de la production agricole [2].

Par ailleurs, la protection des cultures est actuellement assurée par une lutte chimique préventive et intensive. Elle constitue jusqu'à maintenant la base de la lutte contre les ravageurs et elle est loin d'être maîtrisée par la majorité des agriculteurs.

Des problèmes de non adaptation des produits peuvent se produire dans de nombreuses exploitations du fait que la majorité des agriculteurs ont souvent du mal à faire la distinction entre certains ravageurs; les produits sont fréquemment appliqués à des doses non respectées et à des moments inopportuns, car, certains agriculteurs n'appliquent pas correctement la technique de traitement sur seuil. [3]

Malheureusement, tous les pesticides épandus n'accomplissent pas leur rôle. Une grande partie d'entre eux est dispersée dans l'atmosphère, soit lors de leur application, soit par évaporation ou encore par envol à partir des plantes ou des sols sur lesquels ils ont été répandus. Disséminés par le vent et parfois loin de

leur lieu d'épandage, ils retombent avec les pluies directement sur les plans d'eau et sur les sols d'où ils sont ensuite drainés jusque dans les milieux aquatiques par les eaux de pluie (ruissellement et infiltration). Les pesticides sont ainsi aujourd'hui à l'origine d'une pollution diffuse qui contamine toutes les eaux continentales : cours d'eau, eaux souterraines et zones littorales [4].

La lutte chimique intensive a révélé d'autres effets indésirables sur les cultures, comme par exemple l'induction de pullulation du ravageur visé ou la multiplication de ravageurs jugés peu dangereux par destruction de la faune auxiliaire [5] ou bien par l'apparition de souches résistantes.

Les pesticides, en particulier les insecticides, peuvent avoir des répercussions majeures sur les insectes utiles, notamment sur les pollinisateurs et les insectes prédateurs qui se nourrissent d'autres insectes.

Les insectes pollinisateurs, comme les abeilles, qui contribuent à la reproduction de plusieurs espèces végétales, peuvent s'intoxiquer lors de la pulvérisation ou en butinant des fleurs de plantes qui ont été arrosées avec des pesticides. L'élimination des insectes entomophages par les pesticides a pour conséquence d'éliminer les agents de lutte naturelle contre certaines populations d'insectes [6].

Les auteurs ont conclu que les insecticides, ou d'autres aspects de l'agriculture intensive liés à l'usage des pesticides, ont joué un rôle majeur dans le déclin des espèces [7] :

- Les insecticides affectent la faune sauvage directement et indirectement via les sources d'alimentation et les habitats.
- Les insecticides accumulés le long de la chaîne alimentaire, particulièrement les perturbateurs endocriniens, présentent un risque à long-terme pour les mammifères, les oiseaux, les amphibiens et les poissons.

- Les insecticides à large spectre réduisent les sources de nourriture. Cela peut amener à un déclin substantiel des populations d'espèces.

Quant à la lutte biologique, actuellement sa place reste très faible, à l'échelle nationale, même si un pourcentage non négligeable d'agriculteurs a déjà une certaine connaissance sur l'existence de la faune auxiliaire puisque la lutte biologique s'avère difficile à mettre en place dans la plupart des cas d'attaques de ravageurs et à cause des techniques de lutte délicate [3].

Avant de bâtir un programme de lutte intégrée contre les ravageurs, il est important de connaître la dispersion spatiale et temporelle des insectes dans une région [8]. La répartition spatiale des espèces animales et végétales dans un habitat donné, est utile à connaître lors d'inventaire d'espèces et d'estimation des dégâts [9].

L'objectif de notre étude a pour principal but d'évaluer et de comparer l'impact et les conséquences d'une dose létale et sub létale des traitements phytosanitaires à base de Lambda-cyhalothrine (produit chimique) et Spinosad, (produit biologique) sur la diversité en entomofaune dans le verger d'agrumes et dans une parcelle de tomate au niveau de la Mitidja.

Dans cette optique, nous avons essayé de répondre aux questions suivantes:

- Quelles sont les espèces à intérêt agronomique qu'il faut protéger ?
- Le produit biologique (Spinosad) a-t-il la même efficacité qu'un produit chimique (Lambda-cyhalothrine) ?
- L'application d'une demi-dose de traitement peut-elle régulariser la population des ravageurs ?
- Quelle sont les groupes fonctionnels les plus sensibles au Lambda-cyhalothrine ?

- L'insecticide biologique (Spinosad) a-t-il un effet sur l'abondance des espèces utiles ?
- L'utilisation de la demi-dose des traitements a-t-elle une influence sur la diversité de l'entomofaune et les groupes fonctionnels ?

Notre travail a été scindé en trois parties : La première partie bibliographique comprend trois chapitres concernant une présentation des maladies et ravageurs des agrumes et de la tomate, les produits phytosanitaires et les effets des pesticides sur les arthropodes.

La seconde partie traitera 3 chapitres : la méthodologie de l'étude, les résultats et la discussion générale des données.

Nous terminerons par une conclusion générale.

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LES MALADIES ET RAVAGEURS DES AGRUMES ET DE LA TOMATE

1.1. Généralités sur les maladies et ravageurs des agrumes

1.1.1. Introduction

On désigne sous le terme d'agrumes les fruits aussi bien que les arbres fruitiers de la famille des Rutacées comprenant les genres *Citrus*, *Poncirus* et *Fortunella*. Le genre *Citrus* est le plus important puisqu'il est représenté par l'oranger, le citronnier, le mandarinier, le pomelo, le bigaradier et le cédratier. Le genre *Fortunella* est représenté par le kumquat (originaire de Chine de Malaisie, très résistants au froid, les fruits se mangent avec la peau), le genre *Poncirus* représenté par *Poncirus trifoliata*, utilisé comme porte-greffe. Les agrumes poussent à l'état spontané à l'Indochine et sont originaires de Cachemire [10]. Les Agrumes sont originaires d'Asie du Sud Est et plus particulièrement de la partie basse de la chaîne de l'Himalaya. Chinois et indiens connaissaient déjà le cédratier, le Kumquat et le pomélo il y a 4000 ans et commencèrent à le cultiver 1000 ans Avant J.-C. Les nombreuses conquêtes et voyages des hommes ont avec le temps rapportés ces espèces en Europe, en Afrique puis en Amérique, où les climats de types méditerranéen et subtropical se sont avérés être très favorables à la culture de ces plantes magnifiques. En Europe les premiers agrumes cultivés furent les cédratiers ramenés alors de perse entre le V et IV siècle Av J.-C[10].

Les agrumes, en particulier, ont une grande importance dans le développement économique et social des pays producteurs. Ils constituent les produits d'exportation et de transformation en divers dérivés tels que les jus, les confitures, les essences ainsi qu'ils peuvent être une source d'emploi [11].

Le Brésil est le premier producteur mondial d'oranges, avec 18,5 millions de tonnes, suivi par les Etats-Unis avec 14,9 millions de tonnes et la Chine avec 9,3 millions de tonnes [12].

La répartition de la surface agrumicole en Algérie est conditionné par les facteurs pédoclimatiques, elle se regroupe en 3 zones [13]:

- Le Centre : 39457 ha situés principalement à Blida (16583 ha) et Chlef (5760 ha).
- L'Ouest : 16487 ha situés surtout à Mostaganem (4488 ha) et Mascara (4256 ha).
- L'Est : 6167 ha situés principalement dans la Wilaya de Skikda (2.353ha).

La variété *Thomson Navel* est la plus cultivée dans la wilaya de Blida (1761 ha) [13], elle est caractérisée par une maturation précoce, les fruits à peau fine (plus grande fragilité au transport), une chair plus glissière et moins juteuse, cette variété est surtout cultivée en Algérie et au Maroc [14].

La bonne production des agrumes exige des sols légers ou moyennement lourds, avec des teneurs en matière organique de 2 à 3% dans les vingt premiers centimètres de sol et un pH neutre ou légèrement acide [15]. Des températures de l'ordre de 10 à 12°C pour les moyennes hivernales, et de 22 à 24°C pour les moyennes estivales [11], et une quantité annuelle en eau s'élevant à environ 1200 mm dans la moitié de l'été [16].

Elle exige aussi une bonne pratique culturale, le désherbage améliore l'alimentation minérale des arbres et détruit les foyers des refuges de nombreux

insectes. En Algérie, cette technique commence dès la fin de l'hiver [11], on utilise des sarclages répétés ou bien des herbicides chimiques [17].

Même, la conduite architecturale de l'arbre fruitier est un moyen essentiel de contrôle de la régularité et de la qualité de la production. Par ailleurs, l'effet de la conduite de l'arbre sur le développement des ravageurs est notamment étudié par rapport à la réaction de croissance de l'arbre à des opérations de taille [18].

La situation actuelle des principales maladies et des infestations des agrumes en Algérie ainsi que les stratégies de lutte sont exposées ci-dessous.

1.1.2. Maladies virales

Les maladies à virus sont considérées comme les plus graves affections qui peuvent atteindre les agrumes. Leur action néfaste entraîne, dans la plupart des cas, le dépérissement complet, soit des arbres isolés ou encore des plantations toutes entières [19].

Selon PRALORAN [20], les principales viroses constituant une menace pour l'agrumiculture sont :

- La Tristeza (*Citriovirus viatoris*): affecte la plupart des agrumes greffés sur bigaradier ; elle est transmise par certains pucerons notamment *Myzus persicae* et *Aphis gossypii* [21]. Les mesures prophylactiques préconisent la plantation des plants sains comportant un greffon prélevé sur arbre étalon reconnu indemne de ce virus, et greffé sur un porte greffe résistant, mais surtout l'utilisation de combinaisons greffon/porte-greffe résistants ou tolérants. En cas de l'apparition de cette maladie, les mesures de quarantaine doivent s'appliquer immédiatement [17].
- La Psorose (*Citriovirus psorosis*) : se manifeste par la formation d'écailles qui est la manifestation la plus typique de la maladie, des écoulements de gomme qui peuvent accompagner la formation des écailles d'écorce [20].

La lutte consiste à nettoyer les plaies provoquées par le virus, et badigeonner par un produit désinfectant spécifique (produit à base d'oxyde de cuivre), la désinfection du sol est recommandée [17].

- Le Stubborn (*Spiroplasma citrus*) : est disséminé pratiquement dans toutes les orangeries situées sous climat méditerranéen chaud et il est transmis par des insectes plus précisément les cicadelles [21]. La seule méthode préconisée dans la lutte est l'utilisation de greffons sains d'origine nucellaire, les arbres très infestés devraient être brûlés [17].

1.1.3. Maladies cryptogamiques

Les maladies d'origine cryptogamique qui s'attaquent aux agrumes sont assez nombreuses. Certaines sont économiquement très importantes comme La gommose parasitaire (*Phytophthora sp*), la mélanose (*Diaporthe citri*) et la fumagine (*Capodium citri*). Les autres sont économiquement secondaires telles que l'antracnose (*Colletotrichum gloeosporoides*), l'alternariose (*Alternaria sp*) et la tâche grasseuse (*Mycosphaerella citri*) [22].

1.1.4. Les maladies bactériennes (Bactérioses)

La bactériose des agrumes est provoquée par la bactérie *Pseudomonas syringae* VANHALL. Cette maladie se manifeste surtout sur les feuilles et les rameaux. Les attaques sur fruits sont observées sur citronnier [11]. Elles sont la cause de pourritures, de tumeurs et de chancres. De plus, par les toxines qu'elles émettent, elles peuvent provoquer des lésions à distances. L'infection peut se faire aussi bien par les orifices naturels, comme les stomates ou les lenticelles, que par des blessures [23].

Les agents de propagation des maladies bactériennes sont nombreux : citons les paramètres atmosphériques, en particulier le vent, l'eau et les semences elles-mêmes [23].

L'attaque de cette bactériose des agrumes est peu importante et ne justifie pas d'intervention bactéricide spécifique. Si besoin est, le recours à des traitements à base de produits cupriques peuvent être utilisées pour limiter l'extension de la maladie [24].

1.1.5. Les ravageurs des agrumes

1.1.5.1. Les nématodes

En région méditerranéenne, une seule espèce de nématodes est à signaler sur agrumes : *Tylenchulus semipenetrans* Cobb. ou nématode des agrumes. Ses attaques sont localisées sur les racines et les radicules des arbres sur lesquelles elles provoquent des nécroses. Sur les racines endommagées, s'installent les champignons de la pourriture qui aggravent les dégâts [11].

1.1.5.2. Les acariens

Bien que le nombre d'acariens attaquant les agrumes soit très faible en comparaison à celui des insectes, les dommages qu'ils provoquent peuvent être importants. Les plus importants sont :

- Acariens des bourgeons (*Aceria sheldoni* Ewing) : attaque essentiellement les citronniers. Les organes fructifères, bourgeons, fleurs et jeunes fruits montrent des déformations hypertrophiques et donnent des fruits monstrueux et anormaux. La chute des jeunes fruits atteints est souvent importante [11].
- Acarien tisserand (*Tetranychus cinnabarinus* Boisduval) : au printemps les attaques deviennent de plus en plus fréquentes et la partie de la feuille atteinte prend une coloration jaune correspondant à l'emplacement des colonies d'acariens. En cas de forte infestation, on assiste à une défoliation partielle, particulièrement sur clémentiniers, en été et au début de l'automne [11].

- Acarien ravisseur (*Hemiiatarsonemus latus* Banks) : est polyphage et se développe principalement sur les zones littorales. Les premières attaques de l'année débutent vers mars-avril, d'abord sur les nouvelles pousses et plus tard sur les jeunes fruits. Les dommages apparaissent donc sur les feuilles, les brindilles, les bourgeons terminaux et les fruits. Le bord des jeunes feuilles attaquées se gondole et prend une coloration claire. Les fruits sont attaqués dès le début de leur formation et les dommages de l'acarien ravisseur sont localisés dans la moitié ombragée du fruit, autour du calice. La partie attaquée du fruit devient liégeuse à la maturation [11].

1.1.5.3. Les insectes

1.1.5.3.1. Les Diptères

La cératite est une petite mouche très colorée qui appartient à la famille des *Trypetidae*. Ce diptère très polyphage peut causer des dégâts importants. Le point de ponte, puis la galerie creusée par la jeune larve dans le fruit permettent la pénétration de pourritures. En Algérie, la cératite évolue en plusieurs générations annuelles (5 à 7 générations) [25]. Les variétés du groupe Thomson Navel sont plus spécialement touchées [26].

La cératite peut être attaquée par des Hyménoptères parasites qui se développent au dépend des larves âgées ou des jeunes pupes et peut être utilisée en lutte biologique ou raisonnée. Parmi les principaux parasites nous citons : *Opius humilis*, *Diachasma tryoni* et *Dirhinus giffardii* [27,28]. Dans le bassin méditerranéen, le parasite le plus commun est *Opius concolor* [29].

1.1.5.3.2. Les Thysanoptères

Une seule espèce intéresse les agrumiculteurs. C'est le thrips des serres *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouché. L'espèce est répandue dans tout le bassin méditerranéen, mais son importance économique pour les agrumes est faible, car

ses pullulations ne sont que sporadiques et localisées, sauf dans les régions littorales. Les fruits attaqués deviennent «plombés» ou «argentés» [19].

La lutte insecticide est à envisager même en cas de faibles pullulations. Les traitements pourront être localisés, s'il s'agit de petits foyers d'attaque. Les produits habituellement recommandés contre les pucerons sont également valables contre les thrips [30].

1.1.5.3.3. Lépidoptères

1.1.5.3.3.1. La mineuse des feuilles *Phyllocnistis citrella* STANTON.

La mineuse des feuilles des *Citrus* est originaire du sud-Est asiatique. En Algérie, les premières observations de *Phyllocnistis citrella* Stainton ont été faites en juin 1994 dans les vergers de l'ouest d'où l'insecte s'est rapidement propagé dans tous les vergers agrumicoles du pays [31].

La mineuse est un microlépidoptère de couleur blanc argenté, appartenant à la famille des *Gracillariidae*. Les larves attaquent les jeunes feuilles qui se tordent et se recroquevillent. Sur tige, les attaques de *P. citrella* favorisent le développement du chancre bactérien des *Citrus* dont l'agent causal est *Xanthomonas citri*. Sur fruit, les mineuses se présentent sur l'épiderme des fruits ou dans le calice [32].

Les premières attaques sont déclarables en verger à la fin de la poussée de sève du printemps, puis deviennent généralisées sur les feuilles des poussées d'été et d'automne [31].

Les difficultés d'une lutte chimique contre la mineuse résident dans le fait que le ravageur développe un nombre de générations élevé amenant un chevauchement entre les stades larvaires et les stades prénympaux et les chrysalides. Ces premiers stades larvaires sont atteints par la pulvérisation tandis que les autres stades (prénymphe et chrysalide) échappent dans leur grande

majorité au contrôle phytosanitaire et contribuent à la ré-infestation de nouvelles pousses qui émergent après le traitement [30].

Les huiles minérales, malgré leur efficacité peu élevée, sont utilisées en lutte préventive de 0.25-0.5% .Elles empêchent les femelles adultes de pondre sur les jeunes feuilles de la poussée d'été quand elles sont appliquées 6 à 10 jours d'intervalle sur 4 semaines [30].

En Algérie, un programme de lutte biologique classique à été mis en œuvre par l'introduction d'entomophages reconnus, il s'agit de *Ageniaspis citricola*, *Semilacher petiolatus*, *Cirrospilus quadristriatus* et *Sympiesis sp.*

1.1.5.3.3.2. Teigne du citronnier *Prays citri* MILLIERE

C'est un petit papillon grisâtre avec les ailes postérieures longuement frangées dont la chenille se nourrit des tissus des organes végétatifs jeunes et tout particulièrement des boutons floraux. Ces derniers se dessèchent de la branche. Les dégâts peuvent s'étendre aux très jeunes feuilles et à la cuticule des fruits les plus évolués [33]. Elle pourrait avoir facilement trois générations par an.

L'époque la plus importante pour l'application des insecticides contre ce ravageur se situe au printemps, en mars-avril, c'est-à-dire juste avant l'ouverture des boutons floraux, qui correspond à la sortie massive des papillons.

1.1.5.3.4. Les Homoptères

1.1.5.3.4.1. Les aleurodes

L'*Aleurode* se développe en dessous des feuilles en formant un coton blanc et gluant contenant du miellat sucré [23]. Les larves et les nymphes vivent fixées sur les végétaux qu'elles piquent et sucent. Une asphyxie plus ou moins poussée résulte de la quantité de miellat excrété par les insectes et d'un développement simultané de fumagine [34].

Les deux espèces d'aleurodes les plus connues sont :

- La mouche blanche des agrumes *Dialeurodes citri* ASHEAD
- La mouche blanche floconneuse *Aleurothrixus floccosus* MASKELL

La lutte contre les aleurodes, et en particulier contre *Dialeurodes citri*, pose encore des problèmes car ce ravageur présente plusieurs générations dans l'année et les larves sont toutes situées à la face inférieure des feuilles, en plus, difficiles à atteindre.

Le traitement dirigé contre les jeunes larves de la première génération en fin de printemps est très important car c'est la seule période de l'année où toute la population évolue de façon synchrone. Plus tard en saison, les divers stades sont présents en même temps, ce qui rend la lutte plus délicate [35].

La pulvérisation avec l'huile de pétrole en émulsion s'est révélée très efficace contre *Dialeurodes citri*. Il est utilisé deux fois par an durant les deux périodes [35].

1.1.5.3.4.2. Les cochenilles

Les cochenilles sont des insectes piqueurs-suceurs recouverts soit d'un bouclier, d'une matière cireuse ou d'une sécrétion cotonneuse. Pendant la nutrition, les cochenilles injectent leur salive qui est plus ou moins toxique, cette salive accélère l'affaiblissement de l'arbre qui se manifeste par le dessèchement de certains organes [26].

D'après LOUSSERT [14], l'infestation des cochenilles s'accompagne d'une prolifération abondante de fumagine qui se développe sur le miellat excrété. C'est davantage le développement de cette fumagine qui est responsable de la diminution de la vigueur des arbres. Les cochenilles nuisibles aux agrumes se divisent en trois groupes :

- Cochenilles diaspines ou à bouclier :
 - Le pou rouge de Californie *Aonidiella aurantii* Mask
 - Le pou noir de l'oranger *Parlatoria ziziphi* Lucas

- Cochenilles lécanines ou à carapace :
 - Cochenille chinoise *Ceroplastes sinensis*
 - Cochenille noir de l'olivier *Saissetia olea*

- Cochenilles pseudococcines ou cochenilles farineuses :
 - *Pseudococcus odonidum* L.
 - *Pseudococcus citri* Risso.
 - *Pseudococcus citriculus* Green.

La majorité des l'agriculteur Algérien utilisent le Chlorpyriphose-éthyle 228g/L pour lutté contre les Cochenilles

1.1.5.3.4.3. Les pucerons

En Algérie, les pucerons sont parmi les principaux ravageurs des cultures. Grâce à leurs pièces buccales de type piqueur-suceur, ils provoquent une déformation des feuilles, rabougrissent les pousses et provoquent l'avortement des fleurs [36]. De même, ils peuvent transmettre à celles-ci des particules virales [37].

Le verger agrumicole de la Mitidja est infesté par *Toxoptera aurantii*, *Aphis citicola*, *Aphis gossipii* ; *Myzus persicae* et *Brachycondus helichrysi*. Seulement les deux premières espèces se montrent particulièrement nuisibles [38]. Dans le contexte de la protection phytosanitaire, l'époque la plus favorable pour une intervention chimique contre les aphides se situe au printemps dès l'apparition des premières colonies. Les produits les plus couramment utilisés sont « Karaté » à une dose 10L/ha, « Lannate » à 9L/ha et le «Cytrol Alpha» à 7L/ha.

Les ennemis naturels, prédateurs et parasites des pucerons d'agrumes sont notamment les coccinelles [39], les chrysopes (*Chrysopa carnea* Stephens et *Chrysopa chrysoperla* Linné [40], les *Syrphidae* (genres *Syrphus*, *Metasyrphus* et *Sphaerophoria*) [41], et les hyménoptères du genre *Praon*, *Aphidius*, *Ephedrus*, et *Trioxys* [42,43]. Les coccinelles ont un rôle important dans la régulation naturelle des populations de pucerons. Cela est possible si les conditions sont favorables pour l'accomplissement de leur action [44].

1.2. Généralités sur les maladies et ravageurs de la tomate

1.2.1. Introduction

La tomate, *Lycopersicon esculentum* Miller, inconnue dans le Vieux Monde jusqu'au XVI^{ème} siècle, encore très peu consommée au XIX^{ème} siècle, est devenue le légume vedette du XX^{ème} siècle. La tomate a été introduite du Mexique en Espagne et en Italie, puis de là dans les autres pays européens dans la première moitié du XVI^{ème} siècle [45]. Son introduction, en Algérie, a commencé dans la région d'Oran en 1805, puis elle s'est étendue vers le centre notamment au littoral algérois qui constitue une zone maraîchère par excellence [46].

La tomate est une plante climactérique dont la maturation est associée avec une augmentation de la respiration cellulaire de ses tissus [47], qui appartient à l'ordre des *Solanales* et à la famille des solanacées [48]. C'est une plante herbacée, vivace à l'état naturel, et annuelle en culture.

Les différentes variétés de tomate sont classées selon deux types : les déterminées et les indéterminées, en fonction du schéma de développement de leur tige principale [48]. Les variétés de tomate utilisées pour la production en frais sont principalement de type indéterminé, c'est-à-dire que le développement de leur tige ne se termine pas au moment de l'initiation de la première inflorescence. Le développement de leur tige est au contraire continu dans le temps et consiste en une série de sympodes (bourgeons latéraux) comportant trois feuilles et une

inflorescence terminale, et peut atteindre plus de 10 mètres en une seule année de culture sous serre [49].

Parmi ce type de croissance, il existe les variétés fixées et les variétés hybrides. Les variétés hybrides, qui du fait de l'effet hétérosis (vigueur hybride se traduisant par un gain de performances), présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt (bonne précocité, bonne qualité de résistance aux maladies et aux attaques parasitaires et donc bon rendement). Ces hybrides ne peuvent être multipliés vu qu'ils perdent leurs caractéristiques dans les descendance. Les hybrides les plus utilisés en Algérie sont «Farouna, Joker, Luxor, Super Red, Tomaland, Top 48, Suzana et Zigana, Zeralda» [50].

La tomate est le produit le plus consommé dans le monde. Plus de 108 millions de tonnes de ce légume sont produits. Les statistiques données par la F.A.O. en 2005, rapportent que les plus grands pays producteurs sont la chine (30.1 millions de tonnes), les Etats Unis d'Amérique (12.8 millions de tonnes), la Turquie (8millions de tonnes), l'Inde (7.6million de tonnes) et l'Italie (7.5millions de tonnes) [51].

En Algérie, c'est le second produit maraîcher de par la place qu'il occupe dans les habitudes alimentaires [52]. En 2009, la superficie de la tomate maraichère a été d'environ 20789 ha avec une production de 6410343 Qx. Les wilayas potentielles pour la production de la tomate sont Tipaza (1 075125Qx sur 2 500 Ha), Biskra (920 007 Qx sur 1 333 Ha), Alger 541 534Qx sur 1 491 Ha) et Mostaganem 505 050 Qx sur 1 957) [53].

1.2.2. Désordre physiologique

1.2.2.1. La nécrose apicale

La nécrose apicale se manifeste par une tâche noire sur la partie du fruit opposée au pédoncule. D'abord petite et localisée, la tâche va s'agrandir et détruire la partie apicale du fruit. La nécrose touche surtout certaines variétés

sensibles, elle est occasionnée par des arrosages irréguliers ou alors par une carence en calcium. Il est possible d'y pallier en contrôlant les arrosages ou par un amendement en calcium [54].

1.2.2.2. La brûlure par le soleil

Des échancrures brunes ou grises apparaissent sur les fruits. La partie du fruit la plus exposée au soleil pourrit en premier. On peut éviter ceci en offrant plus d'ombre pendant le mûrissage des fruits en plantant des arbres ou par le biais d'une culture intercalaire judicieuse. Les brûlures de soleil sont plus fréquentes chez les tomates non tuteurées [55].

1.2.3. Les maladies de la tomate

1.2.3.1. Les maladies virales

Les virus les plus répandus sur la tomate sont : Virus de la mosaïque du tabac (TMV), Virus de la mosaïque du pépinio (pepMV), Le *Tomato chlorosis crinivirus* et le *Tomato infectious chlorosis crinivirus*, *Tomato spotted, wilt virus* ou maladie bronzée et *Tomato yellow leaf-cruf*. Plusieurs de ces virus causent des marbrures ou des mosaïques sur les feuilles. Certains d'entre eux peuvent être transmis mécaniquement alors que d'autres sont transmis par les pucerons, les thrips, les mouches blanches [56].

Ces organismes nuisibles sont transmis par des insectes piqueur-suceur. La lutte contre ces viroses n'est donc possible que par la lutte contre les vecteurs ou par la destruction des plantes virosées. Les cultivars modernes possèdent également des gènes de résistance à un ou plusieurs pathogènes, le plus souvent monogéniques dominantes [57], qui proviennent des espèces sauvages de *Lycopersicon*. La sélection pour la résistance aux agents pathogènes débouche actuellement sur des hybrides F1 permettant de contrôler sept à neuf agents pathogènes.

1.2.3.2. Maladies cryptogamiques

Le mildiou : provoqué par *Phytophthora infestans* (Mont.) propage rapidement dans un environnement froid et humide, et peut détruire toute la culture [58], il est caractérisé par des tâches jaunâtres qui brunissent rapidement. Sur la face inférieure des feuilles, un duvet blanc et grisâtre dissémine les spores [59]. La lutte biologique peut avoir lieu par *Enterobacter aerogenes*.

L'Oïdium : provoqué par *Leveillula taurica* (Lev.), il est caractérisé par des tâches jaunes sur la face supérieure des feuilles, et un duvet blanc sur la face inférieure qui se dessèchent et tombent [58].

Le Botrytis (ou pourriture grise) : *Botrytis cinerea*, apparait sous forme de tâches brunâtres accompagnées d'un duvet grisâtre sur feuillage et tiges. Il s'en suit l'apparition d'une pourriture molle grise sur les fruits et la chute des fleurs et des fruits [56].

Le Chancre bactérien (*Clavibacter michiganensis* subsp.): Flétrissement unilatéral sur feuille, suivi d'un dessèchement total. Sur fruit, se forment des tâches blanchâtres, dont le centre brunit et s'entoure d'un halo jaune clair [59].

La Verticilliose (*Verticillium dahliae* Klebahn.): On observe des jaunissements et nécroses internervaires faisant sécher les feuilles progressivement de bas en haut de la plante [60].

La Fusariose (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (Sacc.) et *F.oxysporum f.sp. radidis lycopersici* (For.)) : Jaunissement du feuillage à partir du bas de la plante qui se dessèche ; tissus ligneux colorés en brun-rouge [59].

1.2.3.3. Maladies bactériennes

Le Chancre bactérien, *Clavibacter michiganensis* : se manifeste par l'apparition de chancres brun foncé sur les tiges et l'enroulement et le

flétrissement des feuilles. Des tâches jaunâtres, légèrement en relief et entourées d'un halo blanc peuvent apparaître sur les fruits [56].

La Gale bactérienne, *Xantomons vesicatoria* : Les symptômes sont des taches brunâtres relativement régulières, entourées d'un halo jaune ce qui entraîne le dessèchement des folioles et la chute des feuilles. Apparition de petits chancres pustuleux sur fruits [56].

La Moelle noire, *Pseudomonas corugata* : Les symptômes sont des taches sombres sur tige, pétioles et pédoncules. Les vaisseaux demeurent intacts, contrairement à ce qui se passe dans le cas d'une maladie vasculaire. Utiliser des variétés résistantes [56].

1.2.4. Les ravageurs

1.2.4.1. Acariens

Tetranychus urticae Koch (1836). et *T.cinnabarinus* Boisduval (1867). (*Arthropoda, Arachnida*) sont des acariens extrêmement polyphages. Ils provoquent un arrêt de la végétation, présence de petites ponctuations jaunes sur les folioles et de nombreuses toiles soyeuses, plages luisantes sur tiges, folioles de couleur vert bronze, dessèchement et chute des folioles et des feuilles [56].

Pour une lutte intégrée, on recommande en cours de culture l'élimination des plantes contaminées, l'utilisation d'auxiliaires telles que les acariens prédateurs *Phytoseiulus persimilis* et *Amblyseius californicus*, ainsi que la cécidomyie *Feltiella acarisuga* [50].

1.2.4.2. Nématodes

Les nématodes du genre *Meloidogyne* constituent un grave danger pour la plupart des productions maraîchères [61]. Ce genre est connu par les galles qu'il provoque sur les racines des plantes [62].

Les précautions prophylactiques et les pratiques culturales consistent à éliminer les sources d'infestation et peuvent réduire la propagation du parasite [60]. La lutte consiste à désinfecter le sol avant plantation avec des produits fumigants, soit à traiter la culture en place par les produits systémiques véhiculés par la sève [63]. La lutte biologique fait appel à des auxiliaires naturels comme les champignons prédateurs à savoir; *Arthrobotrys irregularis*, *Paecilomyces lilacinus* [64], et la bactérie *Bacillus thuringiensis* [65].

1.2.4.3. Les insectes

1.2.4.3.1. Les lépidoptères

1.2.4.3.1.1. Les noctuelles

La famille des *Noctuidae*, est la plus grande famille de papillons. Il existe des milliers d'espèces de noctuelles et plusieurs d'entre elles sont des ravageuses importantes de la tomate. La plupart des adultes sont actifs de nuit (les hétérocères), seulement quelques espèces peuvent être vues de jour.

Les noctuelles qui sont capables de consommer les différentes parties du plant de tomate sont soit terricoles ou alors défoliatrices. Les vers gris sont les chenilles de noctuelles terricoles qui sont actives sur et dans le sol et qui sont assez voraces (*Agrostis segetum*, *Agrostis ipsilon*) [56]. Les noctuelles défoliatrices, comme la noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*) ou la noctuelle gamma (*Autographa gamma*) commencent par consommer les feuilles, avant de s'attaquer aux tomates [59].

Selon SNOUSSI [50], *Heliothes armigera* est l'espèce la plus nuisible sur la tomate. La lutte biologique se fait avec les Trichogrammes (*Trichogramma brassica*, *Trichogramma evanescens*). La lutte chimique se fait en utilisant la Lambda-cyhalothrine 22,8% (0,5l/Ha).

1.2.4.3.1.2. Tuta absoluta Meyrick (1917).

Ce ravageur, originaire d'Amérique du Sud, est apparu dans le bassin méditerranéen à partir de 2006 en Espagne [56]. Il a été signalé pour la première fois en Algérie en 2008, dans la commune de Mazagran (Mostaganem) [66]. Actuellement, ce ravageur est présent maintenant dans toutes les wilayates productrices de tomate.

La larve de la mineuse provoque des dégâts sur feuilles, tiges et fruits causant des pertes de rendement pouvant aller de 50 à 100% sur les tomates cultivées sous serre et en plein champ [56]. La chenille dévore tout le mésophile de la feuille en laissant uniquement l'épiderme, la mine devient transparente ce qui permet de voir la chenille du papillon à travers. Elle perce les tiges, surtout au niveau des insertions des feuilles et des pédoncules et elle s'attaque aussi bien au fruit vert que mûr. Les galeries et les perforations dans le fruit sont une source d'entrée de champignons pathogènes [67].

L'intervention chimique se fait par des pesticides de synthèse ou biologiques tels que le Spinosad, l'indoxacarbe, mais il convient de limiter le nombre d'applications par saison et d'alterner les produits afin d'éviter la résistance du ravageur [56].

De nombreux ennemis naturels de ce ravageur existent, ils sont représentés par un champignon parasite *Verticillium sp*, deux prédateurs, *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera, Meridae), *Orius sp* (Heteroptera, Anthocoridae) et un parasitoïde *Diglyphus isaea* (Hymenoptera, Eulophidae). Ce dernier peut atteindre un taux de parasitisme de 45% [68].

1.2.4.3.2. Les Diptères

Les adultes de la mouche mineuse *Liriomyza trifolii* pique les feuilles afin de sucer la sève pour se nourrir et y pondre leurs œufs. Les larves, par contre, pénètrent dans le parenchyme et creusent des galeries dans les feuilles. Les

piqûres nutritionnelles et les galeries larvaires diminuent l'activité photosynthétique et entraînent la déshydratation et la chute prématurée des feuilles, ce qui peut réduire la production de la plante. En outre, les piqûres sont des entrées pour plusieurs maladies cryptogamiques ou bactériennes. La lutte biologique se fait à l'aide de parasitoïdes: *Diglyphus isaea* et *Dacnusa sibirica* [56].

1.2.4.3.3. Les Thysanoptères

Thrips tabaci Lind est un minuscule insecte piqueur qui provoque un jaunissement des feuilles. C'est un vecteur du virus de la maladie bronzée de la tomate (TSWV). La lutte comprend l'utilisation de variétés résistantes, la rotation mais, également, des interventions chimiques avec des molécules homologuées qui doivent être raisonnées afin de ne pas développer de résistance chez l'insecte [56].

On peut utiliser des auxiliaires tels que les acariens prédateurs *Amblyseius cucumeris* et *Amblyseius degenerans*, des punaises prédatrices *Orius laevigatus*, et *Orius majusculus* en lutte biologique [50].

1.2.4.3.4. Les Homoptères

1.2.4.3.4.1. Les aleurodes

La mouche blanche des serres *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (1856) et la mouche blanche du tabac *Bemisia tabaci* Gennadius (1889) (*Homoptera, Aleyrodidae*) sont les deux aleurodes les plus nuisibles sur la culture de tomate. Elles entraînent une réduction de la croissance de la plante, une chute du rendement et le développement de la fumagine, elles transmettent les virus de ToCV, TICV et TYLCV [59]. La face inférieure du limbe devient très envahie par de petits insectes triangulaires blancs (3mm) s'envolant très vite.

La lutte biologique comprend des lâchers de parasitoïdes ou prédateurs tels que: *Encarsia transvena* (Hymenoptera, Aphelinidae); *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera, Miridae) [50].

1.2.4.3.4.2. Les pucerons

Parmi les espèces de pucerons pouvant s'attaquer à la tomate *Myzus persicae* (Sultz.), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Aulacorthum solani* (Kalt.), *Aphis gossypii* Glover. Les larves et les adultes sucent la sève, ce qui provoque l'enroulement et la déformation des jeunes feuilles nouvellement formées et perturbe la croissance du plant. Ils sécrètent, aussi, du miellat sur lequel se développe la fumagine qui va couvrir les feuilles et les fruits, empêchant la plante d'effectuer photosynthèse et respiration nécessaires pour son développement. Les pucerons peuvent également être des vecteurs de virus CMV et PVY [56].

La lutte biologique se base sur des lâchers des parasites, *Aphidius ervi*, *Aphelinus abdominalis* et *Aphydius colemani* ou bien des prédateurs indigènes *Chrysopa carnea*, *Adalia bipunctata*, la cécidomye *Aphydoletes aphidimyza* [50].

CHAPITRE 2

LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

2.1. Introduction

L'introduction des pesticides dans les cultures remonte à l'antiquité. L'usage du soufre paraît remonter à 1000 ans avant J.C., l'arsenic était déjà recommandé par les naturalistes latins et les produits arsenicaux étaient connus en Chine au 16^{ème} siècle. C'est vers la fin de ce dernier que sont signalées les propriétés insecticides de certaines plantes comme le tabac [69].

L'emploi des insecticides chimiques n'explose vraiment qu'après la deuxième guerre mondiale. L'usage massif de ces substances aux effets miraculeux à court terme se fait au détriment d'une approche raisonnée. Les effets non intentionnels (résistance, écotoxicité) ne se dévoilent qu'à plus long terme et c'est pendant les années 60-70 que les autorités en prennent des mesures [70].

2.2. Le marché des pesticides

2.2.1. Le marché mondial

Le marché des pesticides synthétiques avait diminué au cours des 5 dernières années grâce au développement des biopesticides et des récoltes génétiquement modifiées. Les biopesticides représentent 2.5% (672 millions \$ en 2005) des ventes de produits phytosanitaires (26 milliards \$) (Figure 2.1), alors qu'il était seulement de 0.2% en 2000. En dépit de sa petite taille comparée aux

pesticides synthétiques, le marché des biopesticides se développe donc et on prédit qu'il atteindra plus d'un milliard de dollars en 2010 [71]

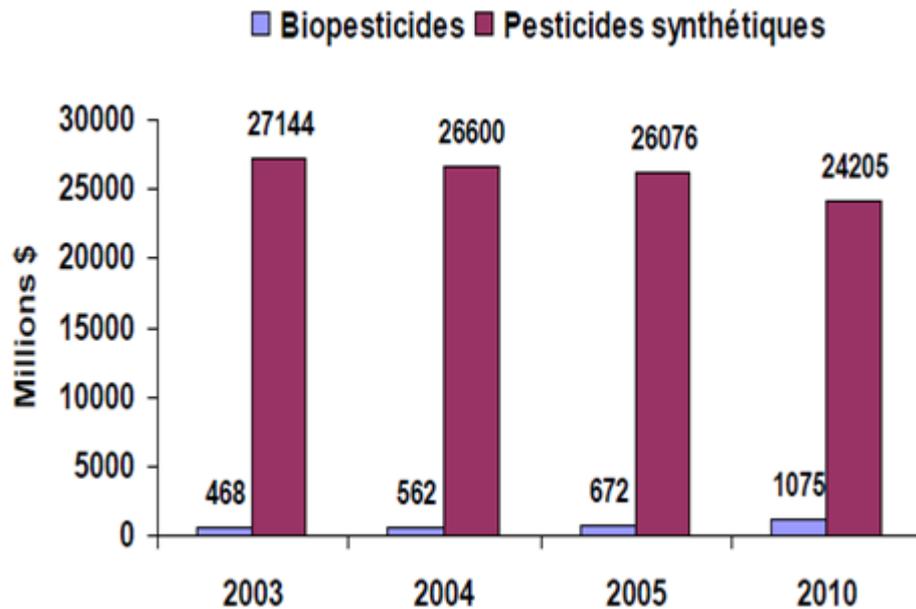


Figure 2.1. : Le marché mondial des biopesticides et des pesticides synthétiques, 2003-2010 [71].

Cependant, seules quatre familles de produits chimiques représentent plus de 10% de part de marché chacune et plus de 70% de l'ensemble : les organophosphorés, les carbamates, les pyréthriinoïdes de synthèse et les néonicotinoïdes. La cible principale de ces insecticides est le système nerveux des insectes, en effet près de 90% des insecticides utilisés sont neurotoxiques [72].

Les principales cultures consommatrices de pesticides dans le monde sont les fruits et légumes avec 26 % du marché, les céréales et le riz avec 27 % ; le soja, la betterave et le tournesol nécessitent respectivement 8,3 et 2 %, tandis que les traitements du coton sont évalués à 8% [73].

2.2.2. Le marché Algérien

En Algérie, la fabrication des pesticides a été assurée par des entités autonomes de gestion des pesticides telles qu'Asmidal et Moubydal. Mais avec l'économie de marché actuel, plusieurs entreprises se sont spécialisées dans l'importation d'insecticides et de divers produits apparentés. Ainsi, environ 400 produits phytosanitaires sont homologués en Algérie, dont une quarantaine de variétés sont largement utilisées par les agriculteurs. C'est la loi n° 87-17 du 1^{er} août 1987, relative à la protection phytosanitaire [74], qui a instauré au départ les mécanismes qui permettent une utilisation efficace des pesticides. Cette loi régit les aspects relatifs à l'homologation, l'importation, la fabrication, la commercialisation, l'étiquetage, l'emballage et l'utilisation des pesticides [75].

La lutte antiacridienne menée au cours de cette dernière décennie a entraîné, par ailleurs, le déversement de milliers de tonnes d'insecticides. Par exemple plusieurs tonnes d'organophosphorés de carbamates de Deltaméthrine ont été utilisées par épandage ou par pulvérisation dans les régions infestées par le criquet pèlerin, dans les régions du Sud et dans le Tell [75].

2.3. Définition des pesticides

La directive européenne 91/414 qui régit l'homologation définit les produits phytopharmaceutiques comme suit « *les substances actives et les préparations destinées à protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action, assurer la conservation des végétaux, détruire les végétaux indésirables ou détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux* » [76].

2.4. La formulation des pesticides

La formulation d'un produit phytosanitaire est l'ajout et le mélange à la substance active de diluants, ce sont généralement des tensioactifs qui facilitent l'action et l'application de la préparation, afin d'améliorer son action et lui donner une forme (liquide ou solide) permettant son application. La préparation

commerciale est le résultat de la formulation. L'objectif est d'obtenir un produit efficace, facile et sûr d'utilisation [77].

2.5. Les principales familles des insecticides

Les pesticides disponibles aujourd'hui sur le marché sont caractérisés par une telle variété de structure chimique, de groupes fonctionnels et d'activité que leur classification est complexe. D'une manière générale, ils peuvent être classés en fonction de la nature de l'espèce à combattre mais aussi en fonction de la nature chimique de la principale substance active qui les compose.

2.5.1. Les organochlorés

Les organochlorés sont des hydrocarbures cycliques polychlorés. Ils sont subdivisés en trois principales classes, les dérivés éthane chlorés avec comme dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), les cyclodiènes obtenus par condensation de Diels Adler de l'hexachlorocyclopentadiène avec un diénophile, et les hexachlorocyclohexanes avec comme noyau de base l'hexachlorocyclohexane hautement insecticide. [78]

Ce sont des substances très stables et bio-accumulables, donnant des produits de dégradation et de bio-transformation encore plus stables et peu solubles dans l'eau, d'où des problèmes d'accumulation dans les organismes. Outre leur rémanence excessive, leur usage a été freiné par des phénomènes de résistance apparus en particulier chez les diptères [79, 80, 81]

2.5.2. Les organophosphorés

La découverte des propriétés insecticides de cette famille est due aux chimistes militaires allemands lors de la deuxième guerre mondiale, au cours de recherche sur les gaz neurotoxiques. Ce sont actuellement les insecticides les plus répandus en agriculture [82, 83].

Ce groupe est peu soluble dans l'eau, est très soluble dans les solvants organiques à l'exception des hydrocarbures aliphatiques. Leur très grande solubilité dans les lipides explique leur forte pénétration percutanée [78].

Ces insecticides sont peu sélectifs, généralement assez toxiques pour les vertébrés. La plupart sont classés très dangereux pour les abeilles et leur emploi est interdit durant la floraison [84].

2.5.3. Les Carbamates

Les carbamates sont des esters de l'acide carbamique généralement peu solubles dans l'eau, et pratiquement insolubles dans les solvants apolaires et solubles dans la plupart des autres solvants organiques [78]. Cependant certaines molécules (aldicarbe, carbofurane par exemple) sont aliphatiques, ce qui leur confère un caractère hydrosoluble plus marqué et des propriétés systémiques. Ces insecticides sont généralement doués d'une toxicité marquée envers les Vertébrés et les Hyménoptères auxiliaires [80].

Ce sont des molécules neurotoxiques appartenant au groupe des inhibiteurs du cholinestérase. Les carbamates agissent en inactivant (de façon réversible) cette enzyme par le biais de la carbamylation d'un résidu sérine du site actif. L'acétylcholine n'est plus dégradée et s'accumule alors dans l'espace intersynaptique. Cela crée une hyperstimulation post-synaptique aboutissant à des symptômes tels que des convulsions, tremblements, hyperexcitabilité évoluant vers la mort [80].

2.5.4. Les pyréthrinoides de synthèse

Les pyréthrinoides synthétisés sur les bases d'une molécule naturelle, la pyréthrine est présente dans les fleurs de *Chrysanthemum cinerariaefolium* [85]. Chimiquement, les pyréthrinoides sont des esters liposolubles (Figure 2.2.), classés en deux types, selon la nature de la partie alcool de la molécule, avec des conséquences sur leur action [80].

Les pyréthroïdes de type I provoquent une hyperexcitation et des convulsions chez les insectes. Les composés de type II sont plutôt responsables d'ataxie (pathologie neuromusculaire caractérisée par des troubles de la coordination musculaire). Dans les deux cas, les effets apparaissent très rapidement (une à deux minutes), c'est l'effet « knockdown ». Ce sont des neurotoxiques qui agissent en retardant ou empêchant la fermeture des canaux sodiques membranaires le long de l'axone, ils perturbent ainsi la transmission de l'influx nerveux au niveau des neurones centraux ou périphériques (Figure 2.3.) [86, 87, 88 ,89].

L'action très brève des molécules de type I désorganise l'influx nerveux des neurones sensitifs et moteurs et même des interneurons du système nerveux central. Le blocage prolongé (plusieurs minutes) des canaux sodiques par les pyréthroïdes de type II entraîne une perte d'excitabilité du neurone. La perturbation du message électrique le long de l'axone est responsable de la libération anormale de neurotransmetteurs au niveau synaptique et donc des effets observés, en particulier sur les mouvements de l'insecte [86, 87, 88 ,89].

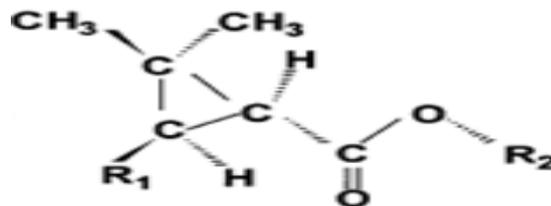


Figure. 2.2 : La structure chimique des pyréthroïdes [90].

2.6. Les bio-insecticides

Les microorganismes pathogènes (virus, champignons, bactéries et protozoaires) et les ennemis naturels (parasitoïdes et prédateurs) sont des antagonistes naturels des insectes et des animaux.

Khachatourians [91], reconnaissait environ 650 espèces de virus pathogènes d'insectes. Plus de 700 espèces de champignons sont capables d'infecter des insectes [92, 93]. Environ 15000 espèces d'insectes sont parasitiques et la majorité d'entre elles le sont pour d'autres insectes [94].

Les bactéries sont les micro-organismes les plus souvent associés aux insectes [95]. Une centaine d'espèces sont spécifiquement entomopathogènes mais seulement quelques types ont été considérés pour la production de biopesticides [93].

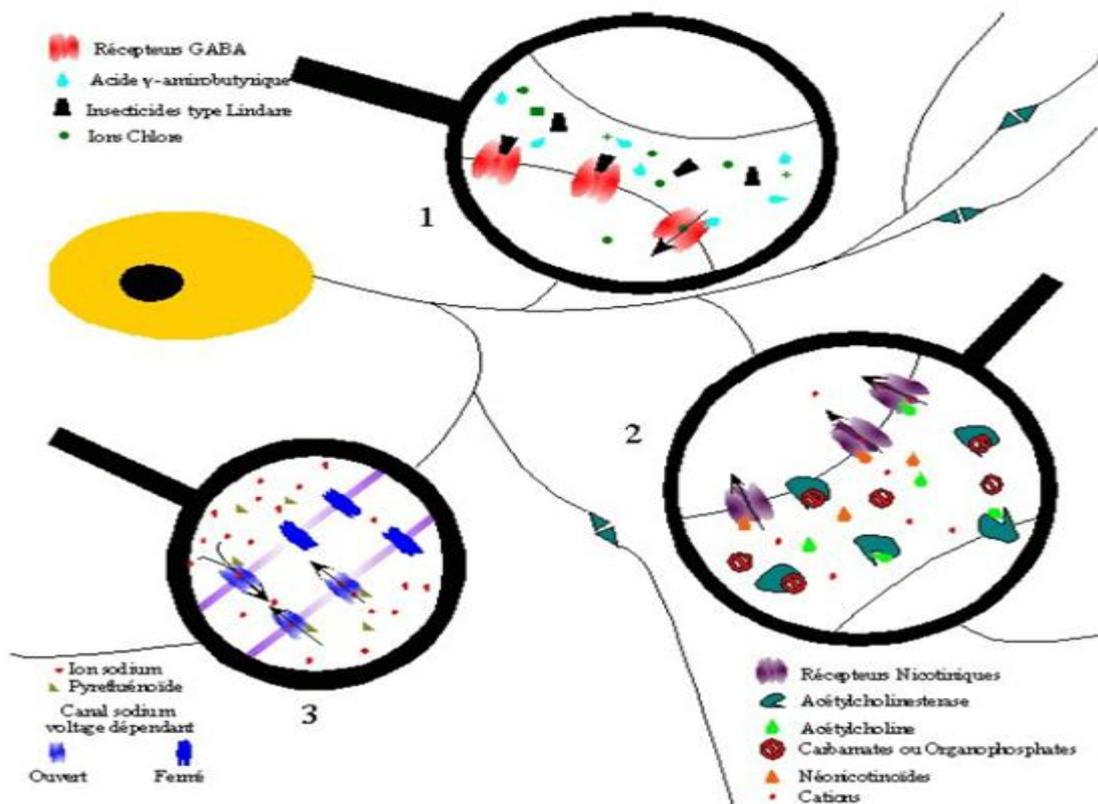


Figure. 2.3. : Mode d'action de différentes familles d'insecticides [96].

- (1) les insecticides tel le lindane bloquent les canaux GABA chlore (après une activation transitoire) empêchant un feedback négatif de l'activité du neurone.
- (2) les Carbamates et les organophosphates bloquent l'acétylcholinestérase entraînant une surabondance de l'acétylcholine et la suractivation des neurones cholinergiques, les néonicotinoïdes eux agissent en activant directement le récepteur cholinergique entraînant la aussi une hyperpolarisation cellulaire.
- (3) les pyréthrénoides par action directe sur les canaux calcium voltage dépendant hyperpolarisent la cellule

Le Spinosad provient de la fermentation de l'actinomycète *Saccharopolyspora spinosa*, une nouvelle espèce découverte dans un échantillon de sol des Caraïbes en 1982 [97]. Comme ces produits sont créés par biosynthèse pendant la fermentation de *S. spinosa*, le Spinosad a été classé comme un bio-insecticide [98]. Deux molécules sont ainsi obtenues soit, spinosyn A et spinosyn D. Dans le produit commercialisé, le ratio spinosyn A et D est approximativement de 85% et 15%, (Figure 2.4).

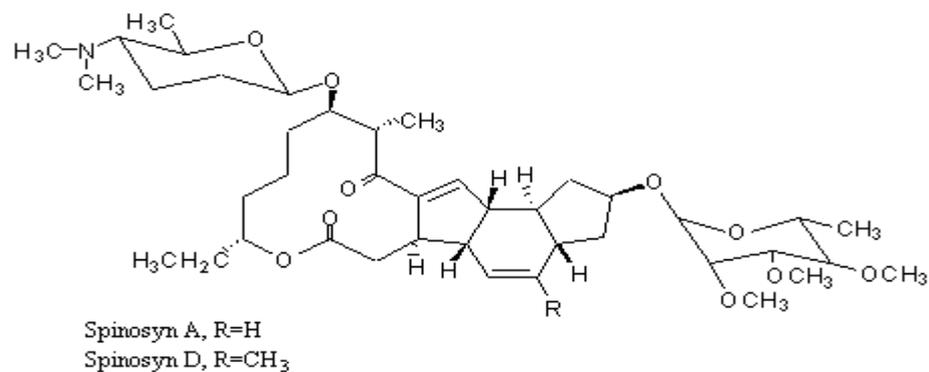


Figure 2.4. : La structure chimique de Spinosad [98].

Le Spinosad cause chez l'insecte une excitation du système nerveux, et mène à un arrêt de l'alimentation, une contraction musculaire involontaire puis à une paralysie. Ces effets sont une conséquence de l'activation des récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine [99, 100, 101, 102].

2.7. Les effets indésirables des insecticides (la résistance)

La toxicité des insecticides résulte de leur interaction avec leur cible biologique présente chez l'insecte. La molécule insecticide doit entrer en contact avec l'insecte, pénétrer dans l'organisme, dans certains cas être transformée en métabolite actif, puis être transportée jusqu'à sa cible. Tout mécanisme qui modifie l'une de ces étapes peut donc conduire à une résistance [103].

2.7.1. Types de résistance

La résistance simple : est une résistance vis-à-vis d'une substance donnée. Cela correspond au premier stade de sélection d'individus chimio-résistants [104].

La résistance de famille : s'applique à un groupe d'antiparasitaires ayant le même mode d'action. Exemple : résistance aux pyréthriinoïdes, aux lactones macrocycliques. Il est ainsi recommandé de changer de famille d'insecticides lors de l'apparition de populations de mouches résistantes à un pyréthriinoïde [104].

La résistance croisée : résulte d'un mécanisme de résistance unique, sélectionné par l'application d'un seul antiparasitaire. Elle peut concerner des substances d'une même famille ou de familles différentes [105, 106].

La résistance multiple : désigne une résistance vis-à-vis de plusieurs groupes d'antiparasitaires ayant des modes d'action différents. Plusieurs mécanismes de résistance évoluent ainsi en réponse à la sélection résultant de l'application de différents insecticides [104].

2.7.2. Nature de la résistance

Les mécanismes de résistance peuvent être repartis en trois types: les modifications comportementales, physiologiques et biochimiques.

2.7.2.1. Résistance comportementale

Chez l'insecte, on distingue deux catégories de mécanismes comportementaux de "résistance", qui permettent aux individus d'éviter le contact avec le produit toxique ou qui limitent la durée de ce contact.

2.7.2.1.1. Résistance associée à la mobilité de l'insecte

Des résistances comportementales dépendantes du stimulus ont été décrites chez de nombreuses espèces d'arthropodes [107]. Elles se traduisent chez les individus résistants par la capacité de reconnaître le toxique avant qu'il n'ait un effet létal. Ces résistances se développent à la suite de la sélection d'une hypersensibilité aux propriétés irritantes ou répulsives d'un toxique, ce qui pourrait résulter d'une modification des récepteurs sensoriels [108,109].

Ce type de mécanisme se rencontre essentiellement chez les Diptères. Les adultes d'*Haematobia irritans*, au contact de la perméthrine ou de la deltaméthrine, augmentent leur mobilité de manière à minimiser le temps de contact avec le pesticide [107].

2.7.2.1.2. Résistance associée à l'immobilité de l'insecte

Ce type de résistance comportementale correspond à la possibilité pour l'insecte de limiter le temps de contact avec le pesticide. Par exemple, la diminution de l'activité locomotrice des larves résistantes de *Heliothis virescens* est une réponse comportementale provoquée par la présence d'un pyréthrianoïde [110].

2.7.2.2. Résistance physiologique

La résistance physiologique s'exprime au niveau des tissus et des organes, elle est caractérisée par une diminution de la pénétration ou par une augmentation de l'excrétion des insecticides [111].

2.7.2.2.1. Modification de la cinétique de pénétration de l'insecticide

Pour atteindre leurs cibles moléculaires, les insecticides pénètrent à l'intérieur des insectes en traversant soit la cuticule, soit les parois du tube digestif. Cette pénétration a lieu à une vitesse qui, pour un même toxique, varie d'une espèce à l'autre. Si la cinétique de pénétration est suffisamment lente, l'insecticide pourra être dégradé par les systèmes de détoxification et aura peu d'effet. Les

insectes concernés seront sélectionnés par le pesticide et donneront naissance à une population résistante.

La modification de la pénétration de l'insecticide à travers la cuticule ont été mises en évidence chez plusieurs insectes : *Musca domestica* [112], *Culex pipiens* [113], *Tribolium castaneum* [114], *Heliothis virescens* [115].

2.7.2.2. Excrétion des insecticides

Chez *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica*, on observe un phénomène d'excrétion directe sans biotransformation, respectivement du bromure de méthyle et du phosphore d'aluminium [116]. Ce type de résistance est mal connu chez les insectes ; il est cependant intéressant de noter que chez *Caenorhabditis elegans*, un cas de résistance au vanadate et au thiabendazole est associé au gène SKS 1 (+) (Multi Drug Resistance). Lorsque ce gène est surexprimé, il entraîne la synthèse d'une protéine qui expulse le toxique hors du nématode [111]. Ce type de gène a été également décrit chez la drosophile [117].

2.7.2.3. La résistance biochimique aux insecticides

Pour faire face notamment à la présence de substances toxiques, les organismes, y compris les insectes, se sont adaptés en développant des systèmes enzymatiques qui leur permettent de détoxifier les composés nocifs auxquels ils sont soumis. Ces systèmes enzymatiques de bio-transformation peuvent être regroupés en deux groupes [118].

Les systèmes enzymatiques de la phase I, incluant des réactions de transformation telles que l'oxydation, la réduction, l'hydrolyse. Ces réactions désactivent ou convertissent la molécule exogène en une molécule plus polaire qui peut ainsi être stockée ou éliminée de l'organisme.

Les systèmes enzymatiques de la phase II qui regroupent les réactions de conjugaison. Ces réactions combinent des molécules avec des métabolites exogènes hydrophiles afin de faciliter leur excrétion ou leur stockage.

2.7.2.3.1. Modification de cible

Les cibles principales des pyréthrinoïdes et des organophosphorés sont le canal sodium "voltage-dépendant" (C_{svd}), l'acétylcholinestérase (AChE) et le récepteur de l'acide gamma aminobutyrique (GABA_r). [111].

Des mutations ponctuelles au niveau des gènes codant pour ces protéines cibles entraînent des modifications structurales ayant pour conséquence de diminuer leur affinité avec les insecticides. Ces mécanismes peuvent d'ailleurs être à l'origine de résistances croisées à tous les insecticides qui agissent sur cette cible [119].

2.7.3. Les bases moléculaires de la résistance aux insecticides

La biologie moléculaire a permis de mettre en évidence deux mécanismes de résistance: la surproduction de protéines de détoxification et les mutations ponctuelles.

2.7.3.1. La surexpression des gènes

La production élevée d'estérase détoxifiant les insecticides est liée à une amplification génique. Chez *Culex quinquefasciatus*, la résistance aux organophosphorés s'explique par le fait que cette souche possède jusqu'à 250 copies d'un gène codant pour une estérase appelé « Estérase BI » [120].

Le mécanisme de la glutathion-S-transférase est voisin de celui des cytochromes P450. Il s'agirait d'une surexpression sans amplification génique et un accroissement de l'activité spécifique d'une ou de plusieurs GST, liées à l'insertion de nucléotides causant l'addition d'acide aminés au niveau de la protéine [121, 122].

2.7.3.2. Les mutations ponctuelles

Une ou plusieurs mutations ponctuelles peuvent modifier l'activité d'une enzyme de façon à ce qu'elle métabolise mieux les insecticides. Cette possibilité est très probable pour les cytochromes P450 et les GSTs. Le même type de modification peut diminuer la sensibilité d'une cible envers un insecticide comme celle observée avec l'acétylcholinestérase pour les organophosphorés et les carbamates ou la protéine du canal sodium pour le DDT et les pyréthriinoïdes [123].

CHAPITRE 3

EFFETS DES PESTICIDES SUR LES ARTHROPODES

3.1. Introduction

Les pesticides sont un facteur majeur d'incidence sur la diversité biologique, de même que sur la perte d'habitat et le changement climatique. Ils peuvent avoir des effets toxiques sur le court terme sur les organismes qui y sont directement exposés, ou des effets sur le long terme, en provoquant des changements dans l'habitat et la chaîne alimentaire.

3.2. Les effets directs des pesticides

Les effets des pesticides sur les êtres vivants sont de différentes natures : mort subite, mort prématurée, atteinte à la fertilité, malformations, baisse des défenses immunitaires [124].

3.2.1. Effets létaux

Les effets létaux sont très visibles sur les abeilles. Une intoxication aiguë peut se traduire par une mortalité anormale, intense et brutale. Typiquement, l'apiculteur constate un grand nombre d'abeilles mortes ou mourantes, à terre, à proximité de la ruche. Dans les cas d'intoxications aux organophosphorés les abeilles meurent avec le proboscis étendu. Si l'action du produit est foudroyante les butineuses meurent au champ, le dépeuplement est brutal sans mortalité

visible à proximité de la ruche. Une baisse dans la fréquence des entrées et sorties de la ruche peut être observée [124].

3.2.2. Effets sublétaux

Les insecticides neurotoxiques à faible dose peuvent perturber le comportement des insectes : tremblements, toilette incessante ou mouvements anormaux, incapacité à voler. De l'agitation ou une agressivité inhabituelle sont aussi parfois observées.

Certains effets sublétaux se manifestent aussi sur la fonction de reproduction : baisse de ponte ou renouvellement impossible. Les insecticides peuvent même avoir des effets plus inattendus sur les larves (malformations non létales chez les adultes exposés pendant la vie larvaire) ou nuire à la reconnaissance entre les individus (signaux chimiques de reconnaissance masqués par les molécules de pesticides) [125].

3.3. Les effets indirects des pesticides

Les pesticides ont donc des effets directs sur de nombreux insectes et végétaux non désirés, ainsi que sur la faune et la flore non cibles. Mais des effets indirects s'observent également, parmi lesquels nous citerons surtout :

3.3.1. La réduction des disponibilités alimentaires

L'emploi de pesticides peut engendrer une baisse soudaine de la densité de population des espèces phytophages. Cette diminution massive d'une population de proie peut provoquer un haut taux de mortalité dans les populations de prédateurs due au manque de nourriture [126, 127, 128].

Les traitements chimiques peuvent inhiber le développement de certains organismes, tels les champignons, les mousses ou les lichens, qui peuvent

constituer une source de nourriture alternative aux proies ou un refuge pour les prédateurs [126].

3.3.2. La contamination de la chaîne alimentaire

La consommation répétée de proies intoxiquées conduit à la concentration de certains pesticides non biodégradables dans l'organisme des prédateurs, qui s'intoxiquent à leur tour [7].

Les impacts sur la biodiversité ne se limitent donc pas aux quelques jours qui suivent les traitements phytosanitaires. Ils peuvent s'observer bien après, du fait de la persistance des produits comme de la perturbation des équilibres des écosystèmes [7].

3.4. Les facteurs qui influencent l'impact des pesticides

Plusieurs phénomènes peuvent accroître l'impact des pesticides sur la faune et la flore. Parmi ceux-ci, retenons notamment :

3.4.1. La dispersion des produits

Lors de l'épandage des insecticides, il y a toujours une dispersion des matières actives dans l'atmosphère sous forme de gouttelettes au-delà des zones traitées, sur des distances qui varient selon :

- Les conditions météorologiques du moment : vitesse et direction du vent, courants atmosphériques et la pluie.
- La nature de la culture traitée : la dispersion est plus grande sur les cultures basses et peu denses.
- Le mode opératoire suivi : l'épandage aérien génère une dispersion beaucoup plus forte (jusqu'à 40 % de produit est déposé hors de la cible) que l'épandage terrestre. Le type de pulvérisateur ou le nombre de passages influent également [129].

3.4.2. La non sélectivité des produits

On parle d'insecticides sélectifs quand ils présentent une toxicité élevée pour l'espèce cible et une toxicité plus faible pour les autres (auxiliaires, pollinisateurs, faune sauvage, l'homme).

La sélectivité des insecticides repose sur les différences entre les espèces cibles et les autres au niveau de l'absorption, du métabolisme, de la distribution, de l'élimination ou des sites d'action [130].

3.4.3. La rémanence de la molécule active

Il est évident que les produits à persistance longue sont les plus dangereux car les insectes y sont exposés plus longtemps. La rémanence dépend des caractéristiques intrinsèques de la molécule mais aussi du type de formulation et des conditions climatiques lors de l'application. Certaines molécules (comme les pyréthrinés naturelles) sont plus facilement dégradées par la lumière. L'action résiduelle est fortement influencée par la température puisque les températures basses induisent une rémanence plus élevée [124].

3.5. L'effet des pesticides sur la biodiversité fonctionnelle

En règle générale, les insecticides ont un impact négatif, plus ou moins marqué selon les familles et types de molécules et d'adjuvants, sur la majorité des arthropodes [131,132], mais aussi selon les phases du cycle biologique des organismes [133,134].

L'impact des apports phytosanitaires à long terme est donc susceptible de varier selon la taille des parcelles et la présence de végétation en bordure de champs, qui conditionnent la possibilité de recolonisation [135,136, 137].

Les chercheurs, Stoate et al. [138] ; Longley et al. [139] ; Mc Donald et al [140] ; Sotherton et Selft [141], constatent un déclin de ce groupe d'organismes dans le paysage agricole, associé à l'intensification de l'agriculture depuis les 40 dernières années, qui concerne des groupes taxonomiques très varié.

3.5.1. Fonctions du sol

Il est largement admis que la dégradation de la matière organique, qui implique de nombreux organismes et phénomènes physico-chimiques, est un paramètre intégrateur susceptible de traduire les effets des pesticides sur la transformation des nutriments du sol et, à long terme, sur sa fertilité [142].

Les observations comparées de cultures conduites en système intégré ou conventionnel tendent à montrer une biomasse plus abondante de l'ensemble des organismes du sol dans les systèmes intégrés [138]. Cette tendance peut expliquer qu'un taux de minéralisation de la matière organique par la faune de 87% ait été mesuré en système intégré contre 49% seulement en système conventionnel (figure 3.1.) [138].

L'action du pesticide peut provoquer un ralentissement de l'activité de la microflore du sol et une sélection des populations les mieux dotées pour résister à cette action toxique ou pour l'utiliser comme source de carbone. Dans certaines conditions, on peut avoir un phénomène d'adaptation des populations microbiennes qui peut se traduire par une augmentation de la vitesse de dégradation du pesticide dûe à la sélection de souches de micro-organismes ayant des systèmes enzymatiques spécialisés dans la dégradation d'un pesticide. Dans ces circonstances, la biodisponibilité des pesticides vis-à-vis d'une microflore adaptée peut être augmentée [143].

3.5.2. Pollinisation

Beaucoup d'insectes floricoles se nourrissent de pollen et/ou nectar sans intervenir dans la pollinisation. Les insectes pollinisateurs comprennent certains coléoptères, lépidoptères et diptères, mais ce sont surtout les abeilles qui ont une relation indissociable avec les fleurs [144].

De nombreuses observations convergentes montrent que les traitements phytosanitaires ont des effets importants sur les insectes pollinisateurs, ces derniers subissent des pertes immédiates ou différées qui affectent les adultes ou les larves. L'intoxication par du nectar, du pollen, de l'eau, voire du miellat de pucerons contaminés, peut provoquer la mort des adultes ou des larves d'abeilles. [138]. Or, des études ont montré que lors de l'application de pesticides à action lente on enregistre un taux de mortalité total pouvant être jusqu'à 7 fois plus important [145].

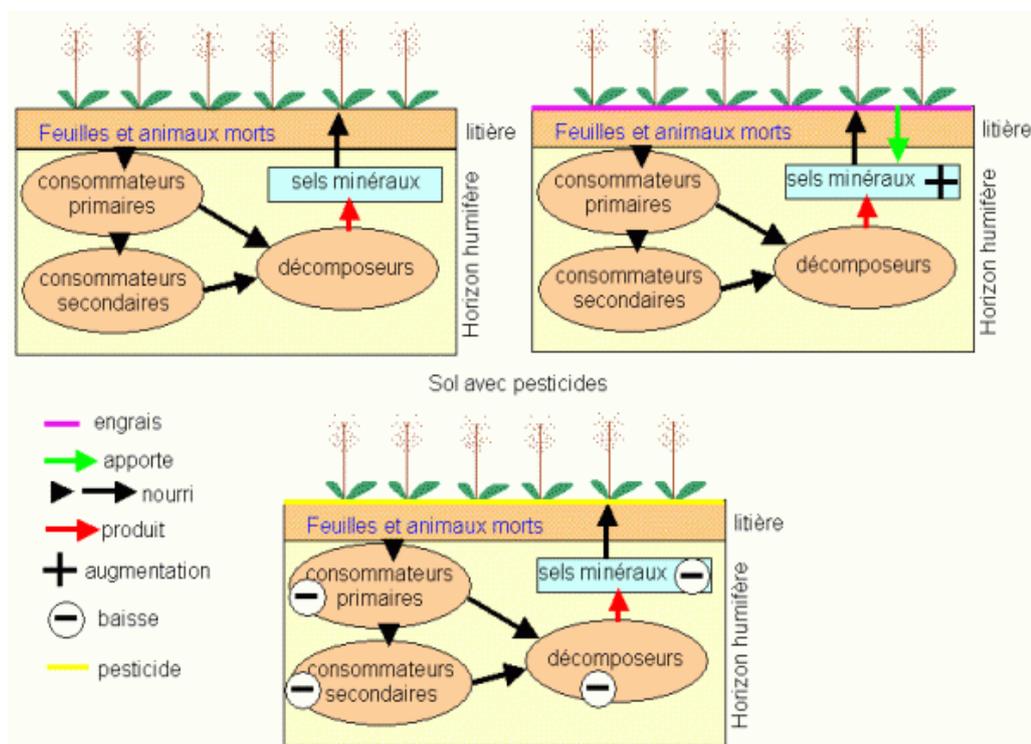


Figure 3.1 : Impact des pesticides sur la décomposition de matière organiques

Il existe également des symptômes dits sublétaux, troubles du comportement, mort prématurée. Il a ainsi été démontré que la longévité des ouvrières d'abeille domestique est réduite après des traitements au carbaryl, au diazinon et au malathion. L'on a également constaté que le parathion occasionnait à faible dose des pertes de l'orientation des butineuses en raison du dérèglement du système de transmission des informations concernant l'emplacement des ressources de nourriture [125].

Paradoxalement, lorsque les pesticides sont mentionnés dans les causes de déclin des populations de pollinisateurs, il est plus souvent fait référence aux herbicides qu'aux insecticides [146, 147]. A titre d'exemple, le déclin des populations de bourdons en France et en Belgique est attribué au faucardage précoce du foin et à l'utilisation d'herbicides pour éliminer les adventices à larges feuilles [146].

3.5.3. Prédation

Les pesticides engendrent fréquemment un déséquilibre dans les relations prédateur-proie. La destruction des populations de prédateurs est habituellement apparente quelques temps après l'application du traitement et seulement lorsque les espèces bénéfiques constituent un facteur important dans le contrôle des populations de nuisibles [148].

L'impact nuisible des pesticides sur les complexes d'arthropodes prédateurs peut être observable sur une longue période de temps et ce même à faible dose [126]. Comme les effets ne sont pas toujours visibles les jours suivant l'application, il est parfois difficile de les qualifier et les quantifier.

L'impact des pesticides sur l'approvisionnement a fait l'objet de quelques études, Singh et *al.* [149] ont observé que l'efficacité de prédation de la coccinelle *C. septempunctata* était réduite suite à la rencontre de résidus de diméthoate et que les pucerons (*Acyrtosiphon pisum* Harris) traités étaient rejetés. De plus, lors des expériences de choix entre des proies contaminées et

non contaminées, la coccinelle consommait significativement plus de proies non contaminées.

3.6. Les méthodes biologiques et surveillance du milieu

Les méthodes qui permettent l'évaluation de la qualité des milieux naturels sont schématiquement réparties en deux catégories distinctes, les méthodes d'analyse physico-chimiques d'une part et les méthodes biologiques d'autre part. La mise en œuvre simultanée de ces deux démarches permet la réalisation d'études de bio-surveillance.

L'introduction d'un pesticide dans un écosystème peut se produire à différents niveaux d'organisation biologique, depuis celui des individus et des populations, jusqu'à celui de l'écosystème dans son ensemble, en passant par les assemblages d'espèces et les communautés [150].

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité des milieux naturels, plusieurs stratégies biologiques complémentaires peuvent être utilisées :

3.6.1. Biomarqueurs

Selon Lagadic et *al.* [151], les biomarqueurs sont des changements observables et/ou mesurables au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental, qui révèlent l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant. Les biomarqueurs sont répartis en trois catégories.

Les biomarqueurs d'exposition, indiquent que le polluant a pénétré dans l'organisme. Ils correspondent fréquemment au résultat de l'interaction du polluant avec des molécules biologiques présentes dans l'organisme [152].

Les biomarqueurs d'effet, permettent de montrer que le polluant a pénétré dans l'organisme, qu'il s'est éventuellement réparti entre les différents tissus et qu'il a interagit avec une ou des cibles biologiques [153, 154].

Les biomarqueurs de sensibilité, indique que l'organisme a déjà été soumis au même polluant et qu'il s'y est adapté. On peut citer par exemple la résistance à un insecticide chez les insectes. Il s'agit surtout de modifications génétiques [155].

3.6.2. Espèces sentinelles

Certaines espèces, dénommées espèces sentinelles, présentent un intérêt particulier dans le contexte de la surveillance biologique de la qualité des milieux. Ces espèces sont susceptibles d'être utilisées comme indicatrices de la présence et de la toxicité de certains contaminants, voire de façon plus globale comme indicateur de la santé de l'écosystème [156].

3.6.3. Bioindicateurs

La présence (ou l'absence) et/ou l'abondance de certains organismes (espèces ou groupes d'espèces) fournissent des informations sur la qualité des écosystèmes. Leur recherche est fréquemment couplée à une analyse de la structure des communautés auxquelles appartiennent ces espèces indicatrices [157].

3.7. Alternative à la lutte chimique

Les agriculteurs sont demandeurs de "techniques alternatives" à l'emploi des pesticides, qui soient aussi faciles à utiliser, efficaces et bon marché que les traitements phytosanitaires, plus durables techniquement, et qui ne remettent pas en cause leurs objectifs de rendement élevé.

3.7.1. Lutte biologique

La définition de la lutte biologique dans son sens large concerne l'utilisation d'organismes vivants tels les ennemis naturels (les parasitoïdes, les prédateurs, les pathogènes, les antagonistes, ou une population compétitrice) dans le but de diminuer et de rendre moins dommageable une population de ravageurs [158].

Ces parasitoïdes, insectes prédateurs et autres organismes offrent la plupart du temps un contrôle biologique partiel ou complet du ravageur visé [159].

Il existe trois types de lutte biologique. La lutte biologique par introduction ou classique, et la lutte biologique par augmentation, soit inondative ou inoculative. La lutte biologique classique consiste à introduire une nouvelle espèce dans un environnement dans le but de contrôler les populations d'un ravageur. La lutte biologique inondative consiste à relâcher un nombre élevé d'ennemis naturels pour que ces derniers agissent comme un biopesticide. La lutte biologique inoculative vise à ce que l'ennemi naturel, relâché en petite quantité une ou plusieurs fois, s'installe dans un environnement donné et s'y reproduise. Un autre type de lutte peut aussi être utilisé la manipulation environnementale.

Toutefois, certaines contraintes existent quant à l'utilisation de parasitoïdes. En outre, leur coût élevé lors de leur production en masse, les précautions nécessaires à leur livraison pour assurer la qualité du lâcher, leur libération qui doit se faire à la main et qui demande donc plus de personnel, leur délai d'action qui peut être long, le contrôle qu'ils effectuent du ravageur qui est influencé par les conditions extérieures et par leur survie, et leur spécificité biologique qui restreint le nombre de ravageurs pouvant être contrôlés [160]. D'ailleurs, la bonne compréhension de la biologie de ces organismes est tributaire d'une production en masse de qualité et de relâches efficaces. Mais en pratique, la lutte biologique est rarement la seule stratégie de lutte utilisée contre un ravageur donné [160].

3.7.2. Lutte intégrée

La lutte intégrée amalgame les approches de lutte afin de minimiser les impacts négatifs tout en obtenant un contrôle efficace des ravageurs. Les pesticides chimiques peuvent être utilisés en dernier recours. La lutte intégrée peut aussi utiliser d'autres méthodes de contrôle des ravageurs comme des variétés résistantes à ces derniers ou différentes techniques culturales. Elle maximise donc les profits à court et à long terme en utilisant tous les moyens

disponibles, mais en favorisant l'utilisation des ennemis naturels du ravageur (prédateurs, parasitoïdes ou champignons) contre l'organisme nuisible visé [159].

Certaines techniques peuvent être employées pour éviter de nuire au travail des organismes bénéfiques: utiliser un pesticide chimique spécifique à un ou plusieurs ravageurs, ou appliquer le produit avant l'introduction des organismes de lutte biologique, ou même traiter seulement les plants ou les sections les plus infestées . Toutefois, les résidus de pesticides peuvent affecter l'efficacité des ennemis naturels. Il est donc important de vérifier les effets létaux et sub-létaux que peuvent avoir certains pesticides sur les parasitoïdes et leurs ravageurs [161].

CHAPITRE 4

MATÉRIEL ET MÉTHODES

4.1. Objectifs

La protection des vergers nécessite de nombreux traitements antiparasitaires. On se sert largement des insecticides en Algérie, où les insectes ravageurs pullulent plus rapidement. L'utilisation intensive des insecticides fait paraître un phénomène de résistance.

Les populations d'insectes résistants à des pesticides étaient combattues soit en augmentant les quantités de produit utilisé, soit en appliquant de nouvelles matières actives.

Cependant, l'utilisation massive d'insecticides chimiques comporte de nombreux inconvénients. Parmi les principaux, mentionnons la contamination de l'eau et des sources de nourriture, l'intoxication des arthropodes non ciblés et la concentration dans les chaînes trophiques.

L'objectif visé de notre travail mené sur un verger d'agrumes et une serre de tomate infesté par des bioagresseurs, est de mettre en évidence, d'une part, l'aspect toxique d'un insecticide chimique et d'un insecticide biologique des plus utilisés en Algérie à l'heure actuelle. D'autre part, nous analyserons leur aspect écotoxique sur les groupements fonctionnels et plus précisément sur les prédateurs, les auxiliaires et les pollinisateurs.

Nous essaierons aussi de répondre à la question de savoir si la demi-dose de deux produits d'insecticides a des effets suffisants pour régulariser la population des ravageurs et un effet abordable sur l'entomofaune non visée et ce, afin de mieux situer ces applications de traitements dans la lutte intégrée.

4.2. Présentation de la région d'étude

4.2.1. Situation géographique

La Mitidja est la plus vaste plaine sub-littorale d'Algérie, elle s'étend sur 140.000 hectares, s'étirant sur une centaine de kilomètres de long, et 5 à 20 kilomètres de large. Elle est isolée de la mer par la ride de Sahel, prenant appui sur le vieux massif de Chenoua.

A l'est d'Alger entre l'Oued Réghaia et l'Oued Boudouaou au sud et sur les marges orientales et occidentales, la Mitidja est bornée par tout un ensemble de montagnes. Au nord-ouest et à l'ouest, le Djebel Chenoua et la retombée de la chaîne de Boumaad avec le Djebel Zaccar ferment la plaine. Au sud, l'Atlas Mitidjien constitue une barrière continue. A l'est, le relais est pris par les premières chaînes de calcaire du massif Kabyle (Djebel Bouzegza). Enfin, ce sont les hauteurs et les collines de Basse Kabylie qui ferment la plaine à l'est (figure 4.1.), [162].

La plaine ne s'ouvre directement sur la mer que sur quelques kilomètres séparant l'Oued Réghaia et l'Oued Boudouaou bordée de collines et de montagnes, elle constitue de vastes carènes dissymétriques sur fond incliné.

Cette inclinaison est particulièrement nette dans la partie centrale. Sur la lisière méridionale, les altitudes dépassent toujours les 160 mètres, atteignent les 260 mètres à Blida, pour s'abaisser vers le nord. Ainsi, dans la basse plaine, le point le plus bas est à 16 mètres. Par contre, aux deux extrémités, les altitudes se relèvent jusqu'à 60 à 70 mètres à l'est [163].

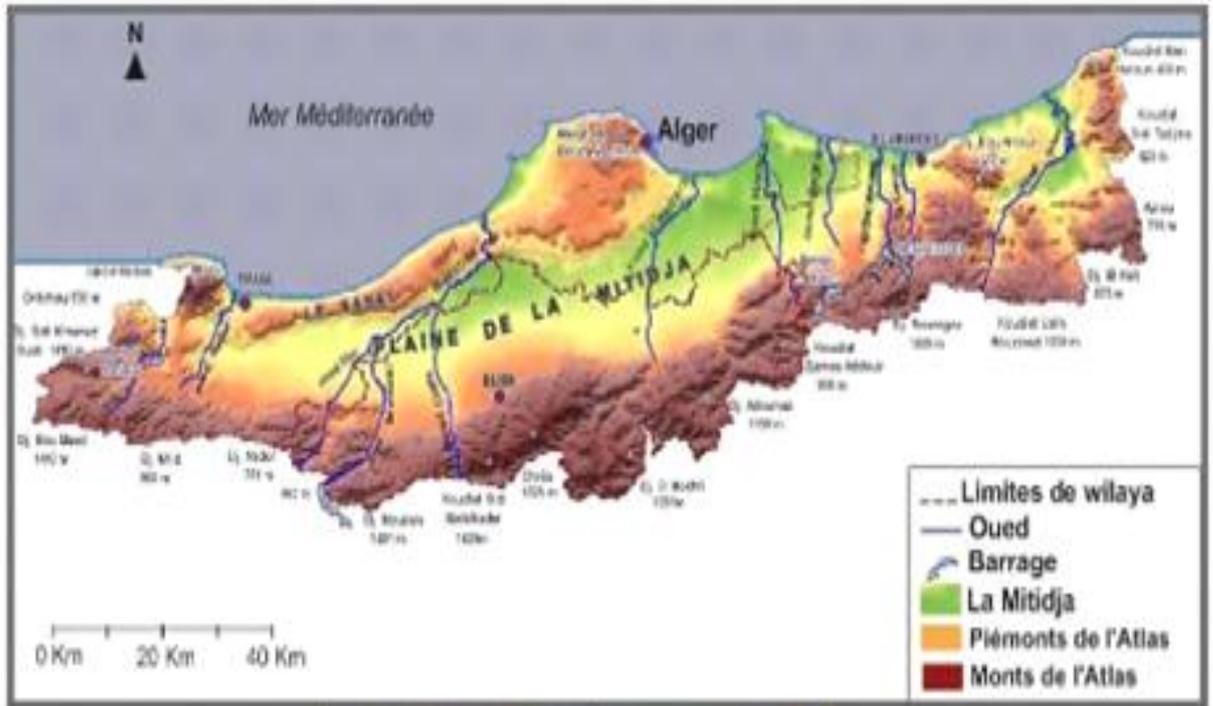


Figure 4.1 : Limite géographique de la Mitidja. [164].

4.2.2. Caractéristiques climatiques

L'étude du climat d'une région est très importante du fait qu'il exerce une influence sur la résistance de la plante aux attaques des différents ravageurs. Aussi, il joue un rôle dans l'évolution biologique des insectes et sur l'activité des prédateurs [165].

4.2.2.1. La température

Les insectes étant des poïkilothermes, la température est pour eux le facteur écologique le plus important [166].

Les données thermiques, à savoir, les températures minimales (m), maximales (M) et moyennes mensuelles $[(m + M)/2]$ au cours de l'année 2010, sont recueillies auprès de l'A.N.R.H de Soumâa (Agence Nationale des ressources hydriques) (Tableau 4.1).

L'analyse des températures, fait ressortir que les basses températures sont enregistrées aux mois de janvier et décembre. Les hautes températures sont notées durant les mois de juillet et août.

4.2.2.2 La pluviométrie

Les précipitations mensuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été [167]. Elles varient entre 600 et 900 mm en fonction de la région considérée (localisation géographique et altitude) [44]. Cette distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche jouent un rôle régulateur des activités biologiques des ravageurs.

Nous avons noté d'après les données relevées au niveau de l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H) pour l'année 2010. [168], que les mois Mars, Octobre et novembre sont les plus pluvier (> 100mm). Alors que la pluviométrie est très faible dans les mois Juin, Juillet et Aout (<4mm)

4.2.2.2. La synthèse climatique

4.2.2.2.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Les diagrammes ombrothermiques sont utilisés pour refléter une image de synthèse sur le climat. Ce diagramme a été réalisé avec les données relevées au niveau de l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H) de 1995 à 2010. [168].

Tableau 4.1. : Variation de la température et de la pluviométrie de la région d'Oued El Alleug (Mitidja centrale) pendant l'année 2010, et la période 1995 - 2010.

Année	Moi	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
1995 - 2010	T°moy	12.4	12.4	15.5	16.1	21.42	25.74	28.53	29.34	25.08	21.92	16.25	13.20
	P (mm)	87.7	62.9	68.0	73.2	63.84	3.62	2.69	7.24	37.16	54.32	102.5	107.4
2010	T°moy	12,3	13,8	14,4	14,17	24,05	27,11	33,2	30	22,5	19,6	13,5	11
	P (mm)	67,2	92,1	122,8	99,32	27,84	1,6	3,2	1,6	11	118	114,7	97,2

Selon Bagnouls et Gausсен in [169], le mois sec est défini par la somme des précipitations moyennes en (mm), est inférieure ou double de la température ce mois ($P/2 T$).

Pour mettre en valeur cette définition, ils ont proposé un modèle de présentation graphique dont juxtapose les précipitations et les températures lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière (Figure 4. 2 et Figure 4. 3)

L'examen du diagramme ombrothermique de l'année 2010 montre deux périodes, une période sèche s'étalant du mois Mai au septembre, et une période humide de sept mois. Même observation pour l'examen du diagramme ombrothermique de la période 1995-2010, la période sèche s'étalant du mois Mai à l'Octobre, alors que la période humide est de huit mois.

4.2.2.2.2. Climagramme d'EMBERGER

L'indice d'EMBERGER permet la caractérisation des climats et leur classification dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adopté par STEWART [170], dont la formule est comme suit:

$$Q2 = 3,43 \frac{P}{M-m}$$

P : La pluviométrie annuelle (mm).

M : La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

m : La moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

En projetant les valeurs (T_{\min} ; $Q2$) sur le diagramme d'EMBERGER, nous avons défini l'étage bioclimatique pour notre région d'étude qui se situe à l'étage sub-humide; à hiver doux, ($Q2 = 70, 34$) pour les dix ans de 1995 à 2010 et ($Q2 = 135, 14$) pour l'année 2010 (Figure 4.4).

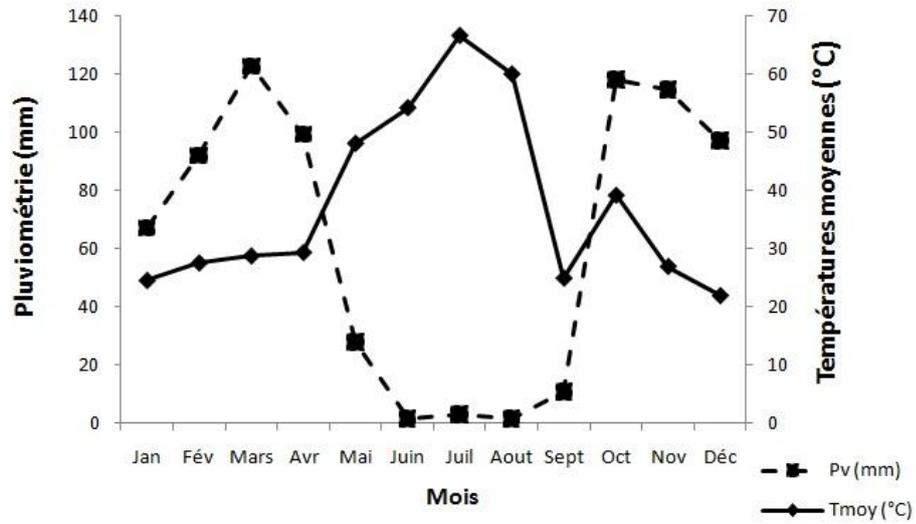


Figure 4. 2. : Diagramme ombrothermique de la région de Mitidja pour l'année 2010.

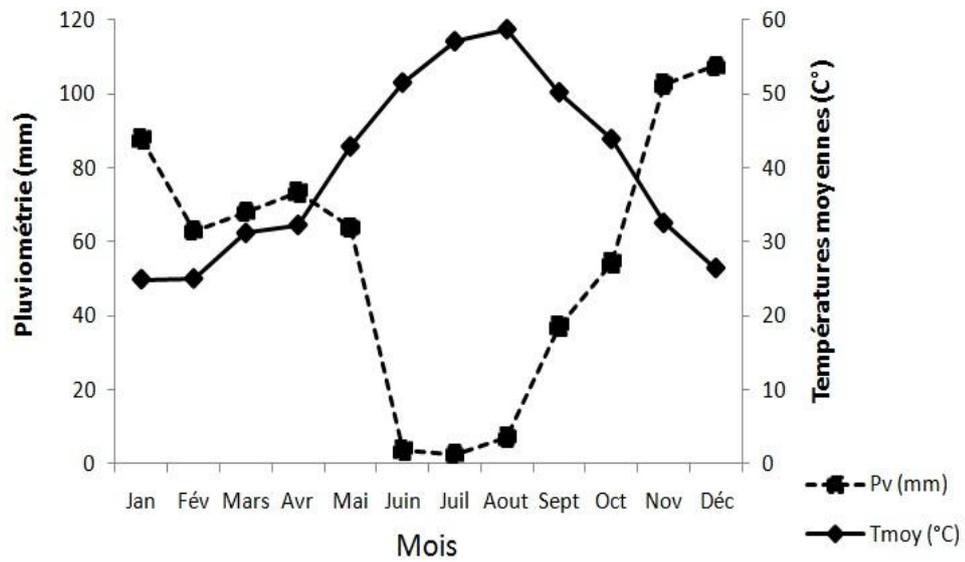


Figure 4. 3. : Diagramme ombrothermique de la région de la Mitidja pour la période 1995-2010

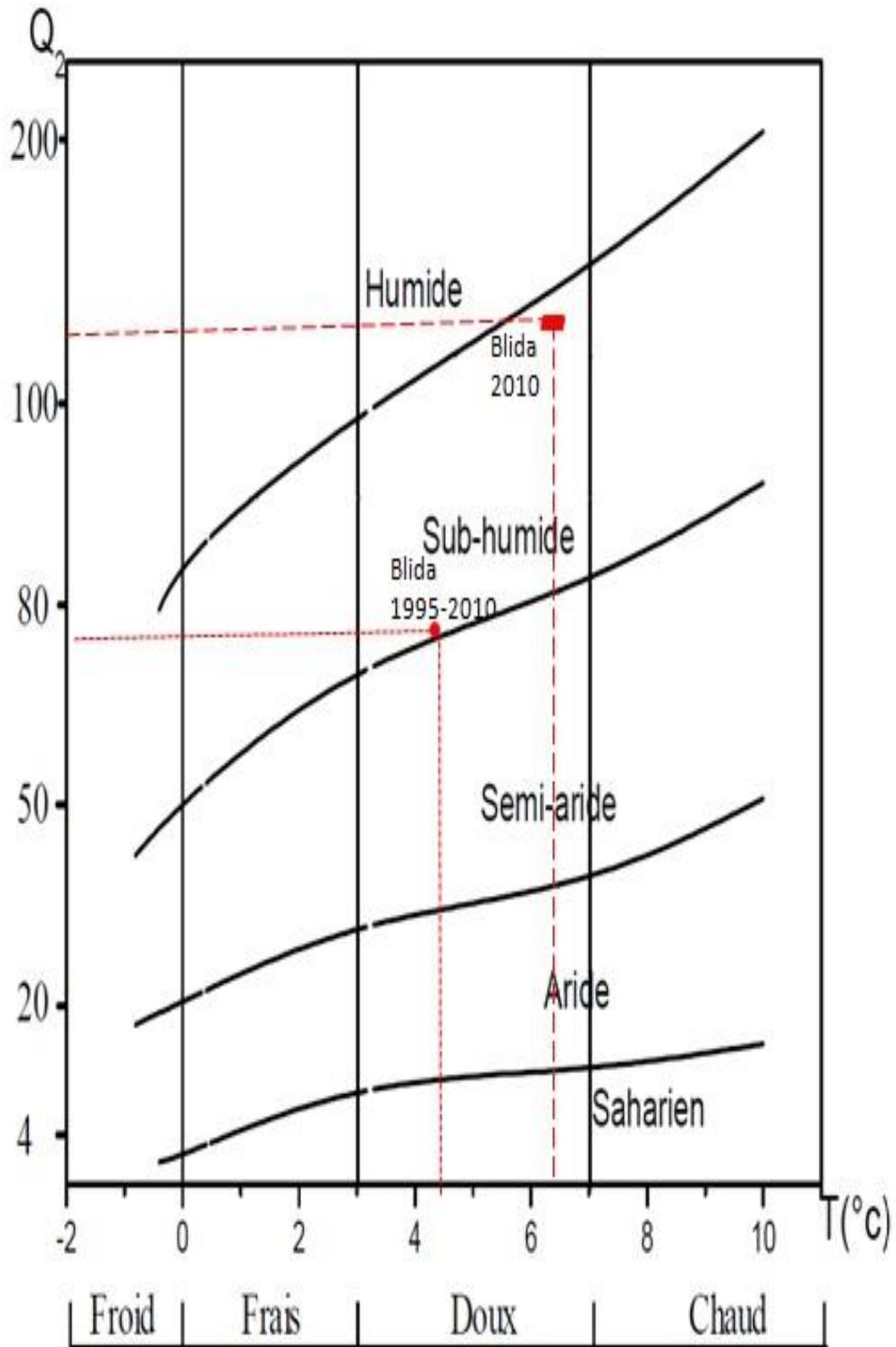


Figure 4.4. : Localisation de la Mitidja dans le Climagramme d'EMBERGER.

4.2.2.4. Le vent

Les vents les plus redoutés pour les vergers de la Mitidja sont ceux qui soufflent en hiver de l'ouest et du nord-ouest or les vents desséchant du sud provoquent des dommages aux vergers lorsqu'ils sont insuffisamment protégés [171].

Cependant, le Sirocco, vent très chaud et sec, reste le plus néfaste aux cultures car il peut souffler à n'importe quelle saison de l'année. Les dégâts se traduisent par un arrêt de la végétation, une défoliation et un dessèchement des extrémités, du côté le plus exposé.

4.3. Présentation et caractéristiques des stations d'études

4.3.1. Station agrumes

Le verger dans lequel a été menée cette étude, se trouve sur le côté gauche de l'axe routier Oued El Alleug–Guergour, 11 Km à l'ouest de la commune de Oued El Alleug à Blida. Il s'agit de la ferme privé Rahou Sid Ali qui s'étale sur 10ha de superficie (figure 4.5).

Le verger est entouré par des brise-vent constitués de cyprès (*Taxodium distichum*), limité au sud par un petit village, et par des vergers d'agrumes dans les autres directions nord, est et ouest.

Dans cette station, le verger étudié comprend des orangers cultivés de variété Thompson greffé sur le porte-greffe Bigaradier, la distance de plantation étant de 6 m. Les travaux d'entretiens, de fertilisations et de protection sont motionné dans l'annexe A. aucun travaux d'entretien ou de protection n'a été fait pendant notre période d'échantillonnage.



Figure 4.5 : Situation géographique de la station d'étude-agrumes à Oued El Alleug.

4.3.2. Station tomate

La station où se trouve la parcelle de tomate étudiée est située au centre de Benchabane, 7 Km au Nord de Boufarik. C'est une parcelle appartenant à un agriculteur privé Mr Chabni Youcef, s'étalant sur 5 ha de superficie (fig. 5.6). Elle est limitée au nord par des parcelles en jachère, sud par une route (Ben chabane-Ben Hamdani), à l'est par verger de pommier et à l'ouest par une route. Elle est entourée par des brise-vent constitués de cyprès (*Taxodium distichum*) dans les trois coté nord, sud et l'est.

La variété de tomate cultivée se nomme «tomate Escudero F1 (HMX 3823)» produite par la société HARRIS MORAN. Elle résiste au *Verticillium* et *Fusarium*. Aucun travaux d'entretien ou de protection n'a été fait pendant notre période d'échantillonnage. Les travaux qui ont été faits avant la période d'échantillonnage sont mentionnés dans l'annexe B.



Figure 4.6. : Situation géographique de la station d'étude de Tomate à Ben Chabane.

4.4. Caractéristiques des produits phytosanitaires utilisés

La Lambda-cyhalothrine, est un insecticide polyvalent de formule brute chimique $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$, appartenant à la famille de Pyréthrinoïdes de synthèse, formulé en liquide 50 g/l, la dose d'emploi est de 60ml/hl, la demi vie est de 23 jours, la durée avant la récolte est de 14 jours pour les arbres fruitiers et de 7 jours pour les cultures maraichères. Cet insecticide de synthèse agit par contact et ingestion. La lambda-cyhalothrine est extrêmement toxique chez les poissons et les invertébrés, pratiquement non toxique chez les oiseaux, et hautement toxique chez les abeilles.

Le Spinosad est composé de deux toxines A et B, la formule chimique de la toxine A est $C_{41}H_{65}NO_{10}$ et pour la toxine B $C_{42}H_{67}NO_{10}$, formulé en suspension concentrée (SC) de 480 g/l, la dose d'emploi est de 0,2 l/ha. Le Spinosad est peu toxique pour les mammifères, les oiseaux, les poissons et les crustacés. Il est cependant très toxique pour les abeilles. Il agit par contact et ingestion. Sa demi-vie est de 15jours.

4.5. Présentation du dispositif expérimental

Notre expérimentation s'est déroulée sur deux cultures différentes (un verger d'oranger et une culture de tomate), avec une 150 plante de tomate et 40 arbres de Thomson, mis à notre disposition pour nos essais de traitements. Le dispositif expérimental est illustré dans le tableau 4.2 et les figures 4.7 et 4.8

Tableau 4.2 : dispositif expérimental des parcelles d'études

	Date d'applications de traitements	Période d'échantillonnage	les unités d'étude	
Parcelle de Tomate	17 Juin 2010	De 18 Juin 2010 au 4 Juillet 2010	chaque unité inclus 30 plantes	Unité 1 traité par DL
				Unité 2 traité par DDL
				Unité 3 traité par DT
				Unité 4 traité par DDT
				Unité 5 (eau) tém
Verger d'Agrume	20 Septembre 2010	De 21 Septembre 2010 au 05 Octobre 2010	chaque unité inclus 8 arbres	Unité 1 traité par DL
				Unité 2 traité par DDL
				Unité 3 traité par DT
				Unité 4 traité par DDT
				Unité 5 (eau) tém

DL : dose Lambda-cyhalothrine, DDL : demi-dose de Lambda-cyhalothrine, DT : dose de Spinosad, DDT : demi-dose de Spinosad, Tém : témoin (eau).

4.5.1. Echantillonnage sur le terrain

4.5.1.1. Méthode du contrôle visuel

Le contrôle visuel selon la méthode proposée par BAGGIOLINI [172] comporte le dénombrement des arthropodes ravageurs et des auxiliaires présents sur un certain nombre d'organes végétatifs de l'arbre [172, 173].

Nos observations réalisées avec une fréquence journalière pour chaque unité, nous avons choisi quatre arbres au hasard, pour chaque arbre nous avons prélevé quatre feuilles : deux feuilles au sud et deux feuilles au nord des frondes. Ces observations nous permettent de faire le suivi de l'abondance des aphides et des coccinelles.

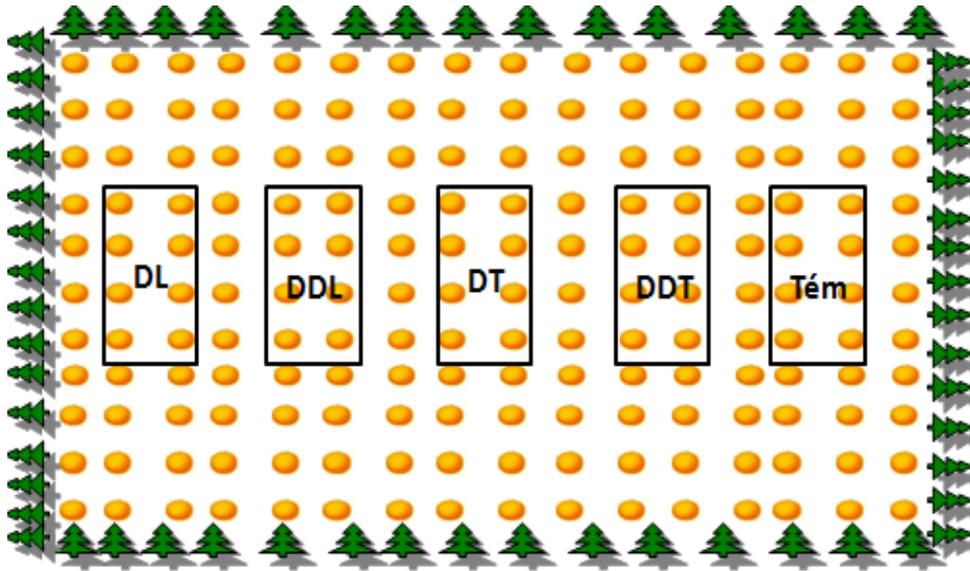


Figure 4.7. : Dispositif expérimental de la parcelle d'étude orangé.

DL : dose Lambdacyhalothrine, DDL : demi-dose de Lambda-cyhalothrine, DT : dose de Spinosad, DDT : demi-dose de Spinosad, Tém : témoin.

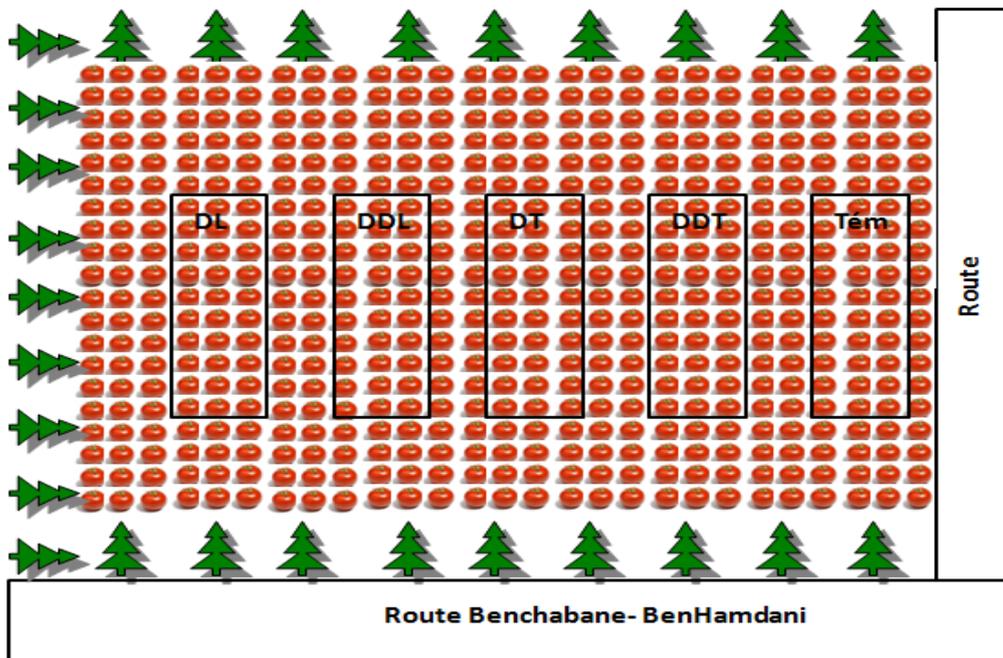


Figure 4.8. : Dispositif expérimental de la parcelle d'étude tomate.

DL : dose Lambda-cyhalothrine, DDL : demi-dose de Lambda-cyhalothrine, DT : dose de Spinosad, DDT : demi-dose de Spinosad, Tém : témoin.

Nos observations sont réalisées aussi sur les fleurs de même manière que les feuilles. On se base sur la présence des abeilles.

4.5.1.1. Méthode de piégeage à l'aide des bacs jaunes

Les pièges colorés sont connus depuis 1966 pour l'échantillonnage des insectes ailés. La couleur préférentielle pour la plupart des insectes est le jaune citron et l'abondance de récoltes que l'on peut effectuer avec de tels pièges est remarquable [174].

Pour notre expérimentation, nous avons adopté pour chaque unité d'étude quatre bacs jaunes en plastiques, disposés en carré, remplis aux deux tiers de leur hauteur d'eau savonneuse.



Figure 4.9 : Bacs jaunes utilisés et disposition au sein de la frondaison des orangers.

La collecte est effectuée une fois tous les deux jours à l'aide d'un pinceau fin ensuite mis dans des tubes à essai contenant de l'alcool à 70 % sur lesquels sont notés la date et le lieu de capture. L'eau des pièges est renouvelée après chaque prélèvement.

Les échantillons ramenés au laboratoire sont contrôlés sous la loupe binoculaire pour le triage et le comptage du nombre d'individus par insecte. Les insectes minuscules sont conservés dans des flacons contenant de l'alcool à 70 %

jusqu'à leur identification. Les insectes de taille moyenne à grande, sont fixés et étalés pour les préparer par la suite à l'observation et à l'identification.

Les espèces inventoriées ont été identifiées par Mr le professeur DOUMANDJI SALAHEDDINE du département de zoologie agricole et forestière (Ecole Nationale des Sciences Agronomiques d'El Harrach). Chaque espèce d'insecte déterminée de chaque ordre et famille est accompagnée par un nom de code et de son abondance selon les différents paramètres temporels et de traitement étudiés.

4.5.1.2. Piège à phéromone

Nous avons mis dans chaque unité de tomate, un piège à phéromone dans le but de captures de *Tuta absoluta* nous avons utilisé des bassines de 30cm de diamètre environ, remplies d'eau plus de l'huile ou la capsule de phéromone est fixé au centre de la bassine. L'huile limite l'évaporation et le développement d'algues.

Ensuite que pour chaque unité d'agrumes, nous avons utilisées pièges entonnoir à phéromone dans le but de suivi le mâle de *Ceratitis capitata*, Les relevées des mâles capturés se faisaient chaque jours.



Figure 4.10 : Pièges entonnoir à phéromone pour la capture de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824)



Figure 4.11 : Pièges à phéromone pour la capture de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)

4.6. Analyses statistiques des données

4.6.1. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Les différentes analyses de variance ont été réalisées à l'aide du logiciel (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009), dans le but de savoir si une variable quantitative varie significativement selon des conditions qui l'entoure, nous avons adopté le modèle linéaire généralisé.

Le modèle linéaire généralisé (Generalised Linear Model ou GLM) est un outil statistique qui permet d'évaluer le poids des facteurs (Temps, dose et traitement) agissant sur des variables de réponse que l'on veut analyser (abondance) [175].

Dans les conditions paramétriques, où la distribution de la variable quantitative doit être normale, nous avons adopté ANOVA (ANalysis Of VAriance).

4.6.2. Analyse factorielle des correspondances (A.F.C.) (PAST vers. 1.9)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances (A.F.C.), conduite par le logiciel PAST [176].

Nous avons analysé globalement les variables qui sont corrélées entre elles (abondance des différents groupements fonctionnelles) en relation avec la période de suivi ainsi que la matière active testée et la dose appliquée.

4.6.3. Classification ascendante hiérarchique (PAST vers. 1.9)

A partir des coordonnées des variables et facteurs dans les trois premiers axes de l'analyse en composantes principales, une classification ascendante hiérarchique est réalisée dans le but de détecter les groupes corrélés à partir des

mesures de similarité calculée à travers des distances euclidiennes entre les coordonnées des variables quantitatives étudiées.

4.6.4. ANOSIM (analyse des similitudes) (PAST vers. 1.9)

ANOSIM (analyse des similitudes) est un test non paramétrique de différence significative entre les deux groupes ou plus, basé sur une mesure de distance [177]. Les distances sont converties en rangs. ANOSIM est normalement utilisée pour des raisons écologiques taxons-en-échantillons de données, où des groupes d'échantillons doivent être comparés.

4.6.5. SIMPER (pourcentage de similitude) (PAST vers. 1.9)

SIMPER est une méthode simple pour évaluer les taxons sont principalement responsables d'une différence observée entre les groupes d'échantillons [177]. The overall significance of the difference is often assessed by ANOSIM. L'importance globale de la différence est souvent évaluée par ANOSIM. La mesure de similarité de Bray-Curtis est implicite de minauder.

CHAPITRE 5

RESULTATS

L'impact des traitements phytosanitaires sur la variation de l'abondance et de la diversité spatiotemporelle de l'entomofaune a été évalué dans le verger d'oranger et la parcelle de tomate en plein champ.

La communauté entomofaunique a été exposée à deux matières actives différentes l'une synthétique à base de Lambda-cyhalothrine, l'autre biologique à base de Spinosad appliquées à deux différentes doses. La toxicité et l'écotoxicité de ces matières actives ont été évaluées à travers l'abondance et la disponibilité des individus dans les unités traitées comparée à celle de l'unité non traitée après une durée d'exposition de 15 jours.

5.1. Evaluation de l'effet insecticide des matières actives chimique et biologique sur les bioagresseurs et les auxiliaires de la tomate

5.1.1. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad

5.1.1.1 Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les aphides

Sous l'effet de la dose de la matière active Lambda-cyhalothrine, les populations résiduelles globales des pucerons montrent une sensibilité élevée durant les 11 premiers jours suivant le traitement chimique. Au-delà de cette période, on enregistre des augmentations des nombres d'individus qui dépassent les 50% au 14^{ème} jour (Figure 5.1A et figure 5.1B).

Sous l'effet de la demi-dose de la même matière active, les populations aphidiennes présentent un léger déclin pendant les deux premiers jours, elles se stabilisent sur une durée de 7 jours (25%) où l'effet du traitement est bien visible. Il s'en suit une augmentation importante sur les 6 derniers jours qui devient similaire avec celle du témoin au dernier jour (Figure 5.1A et figure 5.1B).

Les abondances des populations de pucerons se caractérisent par une variation faible, quand elles sont exposées à la dose et la demi-dose du Spinosad, L'effet de la dose homologuée a induit une recrudescence des effectifs de 77,52% les premiers jours à 95,23% le dernier jour. Sous l'effet de la demi-dose, les populations résiduelles montrent des variations très faibles des pourcentages d'abondance entre 97% et 100% (Figure 5.1C et figure 5.1D).

D'après le test de Dunnett, la Lambda-cyhalothrine montre une toxicité élevée de la dose sur les populations résiduelles aphidiennes durant les 14 jours de suite, qui devient moyenne le 16^{ème} jour. Par contre la demi-dose de cette même matière active montre un effet très toxique durant les 10 premiers jours, qui devient moyennement toxique du 11^{ème} au 12^{ème} jour, et enfin neutre pendant les 4 derniers jours (Figure 5.1A). Le Spinosad montre un effet neutre sur ces populations résiduelles aphidiennes avec les dose et demi-dose (Figure 5.1C), d'où des abondances aphidiennes similaires à celles observées dans l'unité témoin.

Nous avons comparé les pourcentages des populations résiduelles aphidiennes sous l'effet des deux doses des matières actives étudiées par une analyse de la variance à un facteur (test one way anova, Past vers. 1.9). Les résultats sont consignés dans le tableau 5.1.

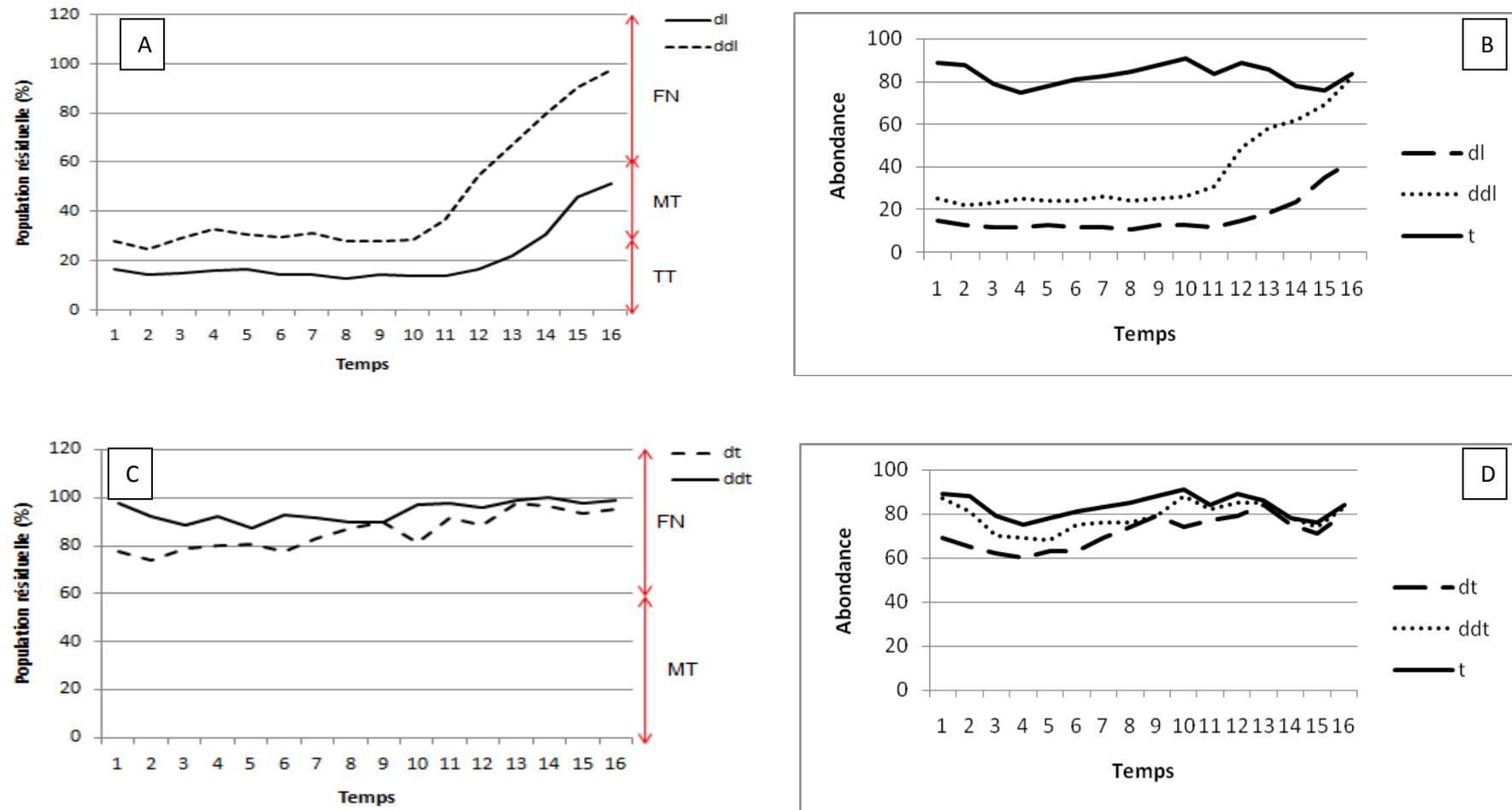


Figure 5.1. : Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations aphidiennes sur la tomate de plein champ. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad, FN : effet neutre, MT : effet moyennement toxique, TT : effet très toxique.

Tableau 5 .1 : Analyse de la variance (test one way anova, Past, 1.9) appliquée à la comparaison des abondances des populations résiduelles aphidiennes sur la tomate, sous l'effet de la matière active et de la dose.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	57386,3	3	19128,8	92,24	1,916 10 ⁻²²
	dl	dt	ddl	ddt	
dl	-----	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	
dt	18,06	-----	0,000	0,367	
ddl	6,732	11,33	-----	0,000 ***	
ddt	20,38	2,311	13,64	-----	

*** : Probabilité très hautement significative à 1 ‰. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad

Les pourcentages de populations résiduelles présentent une variabilité avec des différences très hautement significatives entre l'effet du Spinosad et celui de la Lambda-cyhalothrine en dose homologuée ($p=0,000 <1‰$), entre la dose du Spinosad et la Lambda-cyhalothrine en demi-dose ($p=0,000 <1‰$), entre la demi-dose du Spinosad et la demi-dose de la Lambda-cyhalothrine ($p=0,000 <1‰$), entre la demi-dose du Spinosad et la dose de Lambda-cyhalothrine ($p=0,000 <1‰$) et entre la dose et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine. Néanmoins, il n'y a pas de variabilité significative entre les populations résiduelles observées sous l'effet de la dose et la demi-dose du Spinosad.

Ce qui signifie que la Lambda-cyhalothrine à une toxicité élevée en dose et en demi-dose sur les populations résiduelles aphidiennes, par contre le Spinosad a une faible toxicité en dose et demi-dose.

5.1.1.2. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les coccinelles

La fluctuation temporelle des populations résiduelles des coccinelles aphidiphages sous l'effet de la Lambda-cyhalothrine aux dose homologuée et demi dose se caractérise par deux périodes. La première correspond à une période d'absence des individus sur une durée de 14 jours sous l'effet de la dose homologuée et sur une durée presque équivalente de 12 jours sous l'effet de la demi-dose (Figure 5.2.A et B). Cette période est suivie par la réinstallation des coccinelles durant le dernier jour (15^{ème} jour, 25%) sur les plants de tomate traités avec la dose homologuée. Cette reprise de l'activité des coccinelles a été réalisée à partir du 12^{ème} jour avec une augmentation des effectifs résiduels dont le pourcentage a atteint 35,7% dans les derniers jours par rapport à celui noté avec la demi-dose de la lamdacyhalothrine.

Sous l'effet du Spinosad, la population des coccinelles se caractérise par un effectif résiduel faible au premier jour, suivi par une stabilité à 50%, et une augmentation dans les 9 derniers jours, une faible différence avec le témoin a été enregistrée dans les 6 derniers jours (< 20%) (Figure 5.2.C et D).

La demi-dose du Spinosad montre un effet très faible sur la population résiduelle des coccinelles aphidiphages, dont les pourcentages d'abondance varient entre 80% et 100% (Figure 5.2.C et D).

La Lambda-cyhalothrine s'est révélée très toxique en dose et en demi dose sur les 16 jours suivant l'application du traitement. On assiste à un recrutement de quelques coccinelles seulement après le 12^{ème} jour (figure 5.2 A). Le Spinosad montre un effet moyennement toxique durant les 9 premiers jours, qui devient neutre pendant les 7 jours de la 2^{ème} semaine après traitement. La demi-dose de Spinosad montre un effet neutre durant les 16 jours d'exposition au produit.

Les résultats d'analyse de la variance (test one way anova) (tableau 5.2) appliqué à l'effet comparé des doses de traitements sur la fluctuation temporelle des populations résiduelles des coccinelles aphidiphages montrent des

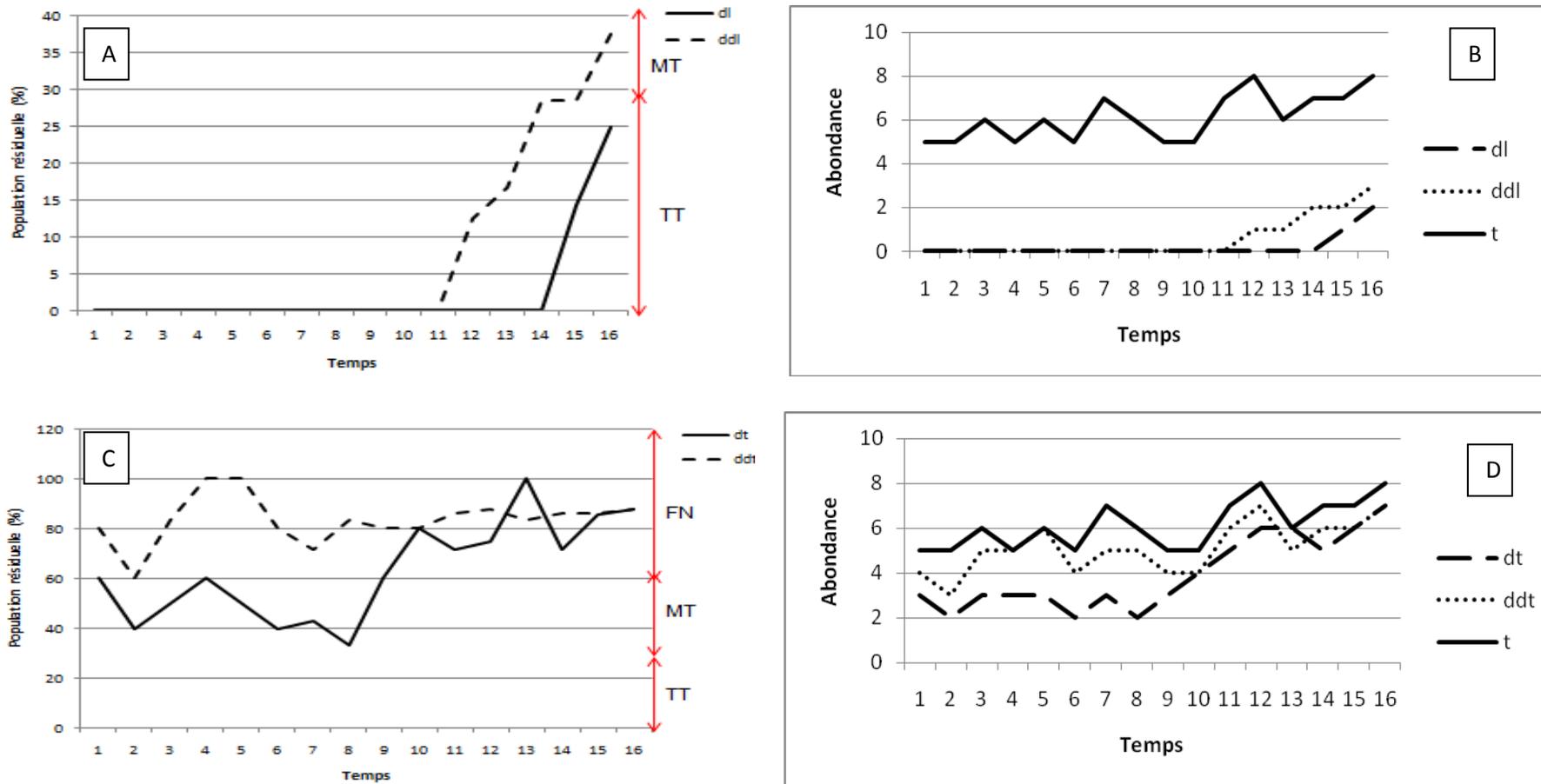


Figure 5.2. : Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations des coccinelles aphidiphages sur la tomate de plein champ. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad, FN : effet neutre, MT : effet moyenne toxique, TT : effet très toxique.

différences très hautement significatives entre les doses d'une même matière active et entre les doses des deux matières actives à l'exception de la dose et demi dose de la lambda-cyhalothrine où la probabilité associée est de 0.66 (tableau 5.2). Ce qui signifie que la dose de la Lambda-cyhalothrine a une toxicité élevée en dose et en demi-dose sur la population des coccinelles par rapport au Spinosad, par contre le Spinosad en demi-dose montre un effet faible par rapport à la dose, comme nous l'avons mentionné précédemment.

Tableau 5.2 : Analyse de la variance (test one way anova) appliquée à la comparaison des populations résiduelles de coccinelles sur la tomate sous l'effet des matières actives et des doses.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	777181	3	25727	152,7	4,797 10 ⁻²⁸
	dl	dt	ddl	ddt	
dl	-----	0,000***	0,668	0,000***	
dt	18,42	-----	0,000***	0,000***	
ddl	1,609	16,81	-----	0,000***	
ddt	24,63	6,21	23,02	-----	

Probabilité très hautement significative à 1 %. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dosse Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad

5.1.1.3. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les abeilles

Les abeilles montrent une sensibilité très élevée à l'égard des deux matières actives en dose homologuée. Ce groupe auxiliaire pollinisateur est absent dans les deux unités, mais il se réinstalle à partir du 9^{ème} jour dans l'unité traitée par le Spinosad dont le nombre des effectifs devient similaire au témoin pendant les quatre derniers jours (Figure 5.3 A, B, C et D), et au 13^{ème} jour dans l'unité traitée par la Lambda-cyhalothrine avec un pourcentage des abeilles résiduelles équivalent à la moitié de celui du témoin au dernier jour.

Durant les 9 premiers jours, aucune abeille n'a été observée dans l'unité traitée par la demi-dose de Lambda-cyhalothrine, la reprise de l'activité biotique commence à partir du 10^{ème} jour, le nombre d'effectifs augmente et devient non différent du témoin au dernier jour. Par contre, au niveau de l'unité traitée par la demi-dose du Spinosad, la population résiduelle des abeilles montre une augmentation de 14,28% le premier jour, et devient similaire au témoin dans les 7 derniers jours (Figure 5.3.A, B, C et D).

Le test de Dunett montre que la Lambda-cyhalothrine se caractérise par une toxicité élevée les 15 premiers jours, qui devient moyenne au 16^{ème} jour, par contre la demi-dose de la même matière active montre un effet très toxique dans les 10 premiers jours, puis devient moyennement toxique au 11^{ème} et au 12^{ème} jour, et enfin neutre dans les 4 derniers jours.

Le Spinosad montre un effet très toxique dans les 9 premiers jours, qui devient moyenne en 10^{ème} et 12^{ème} jour, et enfin neutre dans les 4 derniers jours. La demi-dose de Spinosad montre un effet variable, elle est très toxique au premier jour, et devient moyennement toxique du 2^{ème} au 5^{ème} jour, et en 8^{ème} jour et à un effet neutre dans les autres jours.

Nous avons consigné dans le tableau 5.3 les résultats de l'analyse de la variance (test one way anova) appliqué à la comparaison des moyennes des abondances des populations résiduelles d'abeilles sur la tomate.

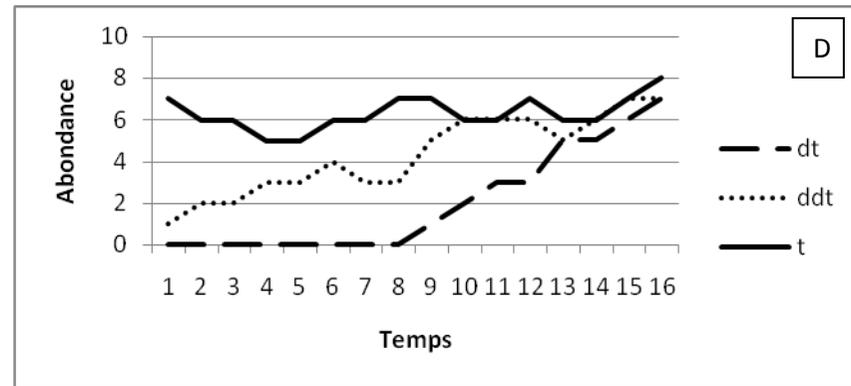
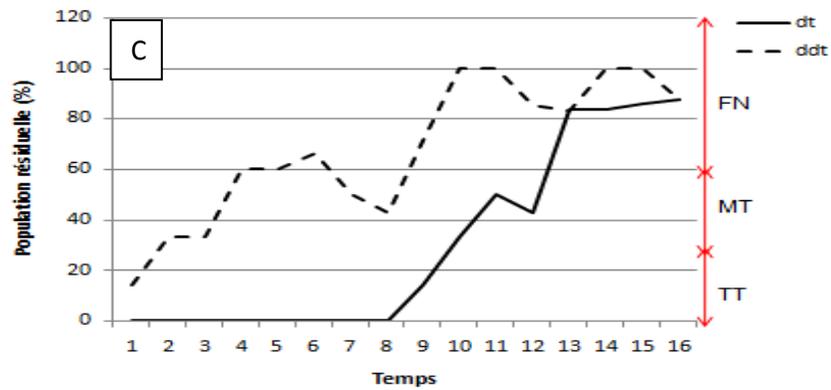
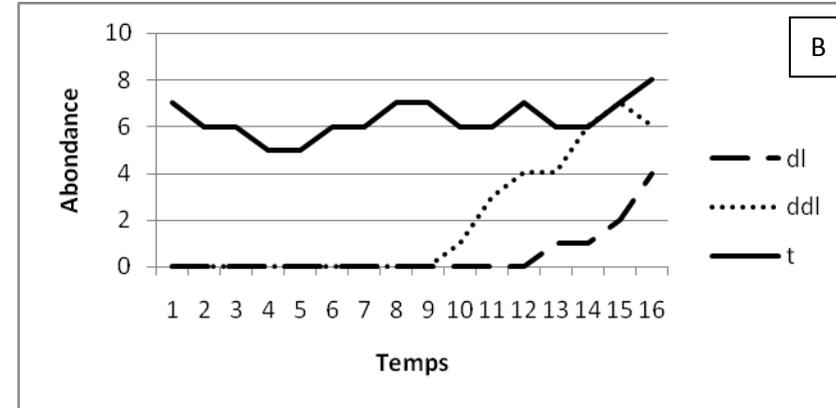
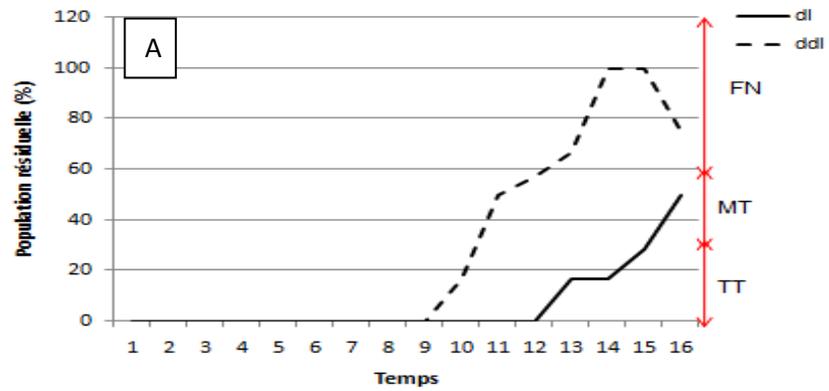


Figure 5.3. : Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations des abeilles sur la tomate de plein champ. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad, FN : effet neutre, MT : effet moyenne toxique, TT : effet très toxique.

Tableau 5.3 : Analyse de la variance (test one way anova) appliqué à la comparaison des populations résiduelles d'abeilles sur la tomate sous l'effet de matières actives et des doses.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	30716,8	3	10238,9	10,5	1,197 10 ⁻⁵
	dl	dt	ddl	ddt	
dl	-----	0,162	0,191	0,000***	
dt	2,983	-----	1,000	0,005*	
ddl	2,863	0,121	-----	0,004*	
ddt	7,907	4,924	5,044	-----	

*** : Probabilité très hautement significative à 1 ‰. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad

Le test one way anova, (Past 1.9) appliqué à la comparaison des populations résiduelles d'abeilles exposées aux doses et aux matières actives pendant une période de 16 jours, montre une différence très hautement significative entre l'effet de demi-dose du Spinosad et de la Lambda-cyhalothrine en dose homologuée ($p=0,000 < 1‰$), et un effet hautement significatif entre le Spinosad en dose et demi-dose ($p=0,005 < 5\%$), et entre la demi-dose de Spinosad et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine ($p=0,004 < 5\%$). Il n'y a pas de différence significative entre la dose et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine, la demi-dose de Lambda-cyhalothrine et la dose de Spinosad (tableau 5.3).

La dose de la Lambda-cyhalothrine a une toxicité élevée par rapport à la demi-dose du Spinosad, par contre le Spinosad et la Lambda-cyhalothrine en dose homologuée et la demi-dose de la Lambda-cyhalothrine ont une même toxicité sur les populations résiduelles d'abeilles.

5.1.2. Analyse comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les bioagresseurs et auxiliaires de la tomate en plein champ

5.1.2.1. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations aphidiennes

Dans le tableau 5.4 ainsi que les figures 5.4 et 5.5, nous avons présenté les résultats relatifs à l'analyse de variance de la comparaison des abondances résiduelles aphidiennes sous l'effet des doses pour chaque matière active chimique et biologique.

Tableau 5.4 : Analyse de la variance (Global Linear Model) appliquée à la comparaison des populations résiduelles aphidiennes sur la tomate, sous l'effet de la dose de chaque matière active considérée.

Matière active	Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Lambda-cyhalothrin	Temps	9722.219	15	648.148	6.205	0.001**
	Dose	4728.781	1	4728.781	45.274	0.000***
	Erreur	1566.719	15	104.448		
Spinosad	Temps	840.469	15	56.031	2.833	0.026*
	Dose	552.781	1	552.781	27.945	0.000***
	Erreur	296.719	15	19.781		

* : Probabilité significative à 5% ; ** : Probabilité très significative à 1% ; *** : Probabilité très hautement significative à 1‰.

L'analyse de la variance montre un effet significatif de la dose sur les abondances résiduelles aphidiennes après application de la Lambda-cyhalothrine par rapport au temps ($p=0,001 <5\%$) (figure 5.4 A), et un effet très hautement significatif par rapport à la dose ($p=0,000 <1\%$) (figure 5.4 B). On observe le même résultat pour l'abondance résiduelle aphidiennes sous l'effet du Spinosad (par rapport au temps, $p=0,001 <5\%$ et par rapport à la dose= $0,000 <1\%$) (figure 5.5A et B).

L'analyse comparative des deux produits à l'aide du modèle linéaire global de l'analyse de la variance montre que la Lambda-cyhalothrine a un effet toxique sur la population résiduelle aphidienne durant une période de 11 jours, qui devient moyenne toxique du 12^{ème} au 14^{ème} jour, et enfin neutre aux 2 derniers jours. Alors que le Spinosad a un effet moyennement toxique au 2^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} jour et un effet neutre les jours suivants (figure 5.4 A et 5.5 A). Globalement, la dose de Lambda-cyhalothrine a un effet toxique, alors que la demi-dose a un effet moyennement toxique, contrairement au Spinosad qui a un effet neutre en dose et demi-dose sur les populations résiduelles aphidiennes (figure 5.4 B et 5.5 B).

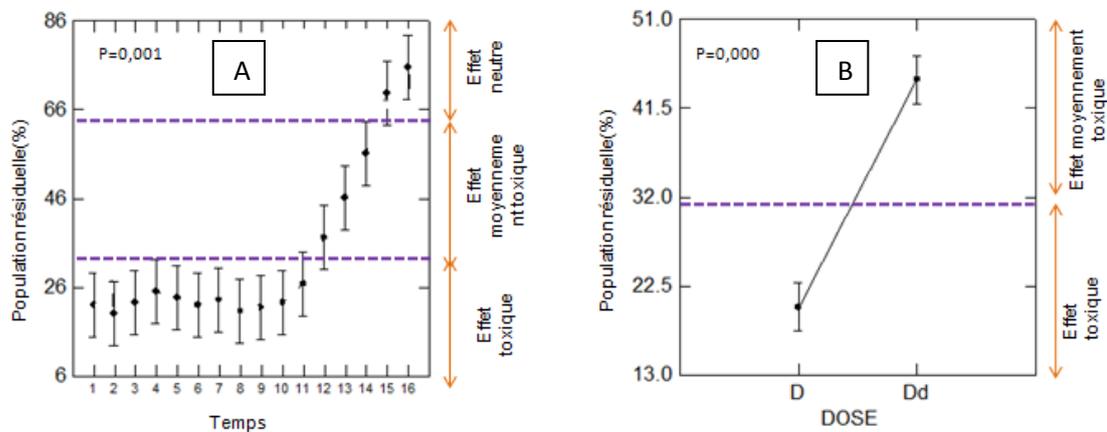


Figure 5.4 : Résultats de l'analyse du modèle GLM (ANOVA, Systat vers. 9.1) de l'évaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations résiduelles aphidiennes sur la tomate de plein champ

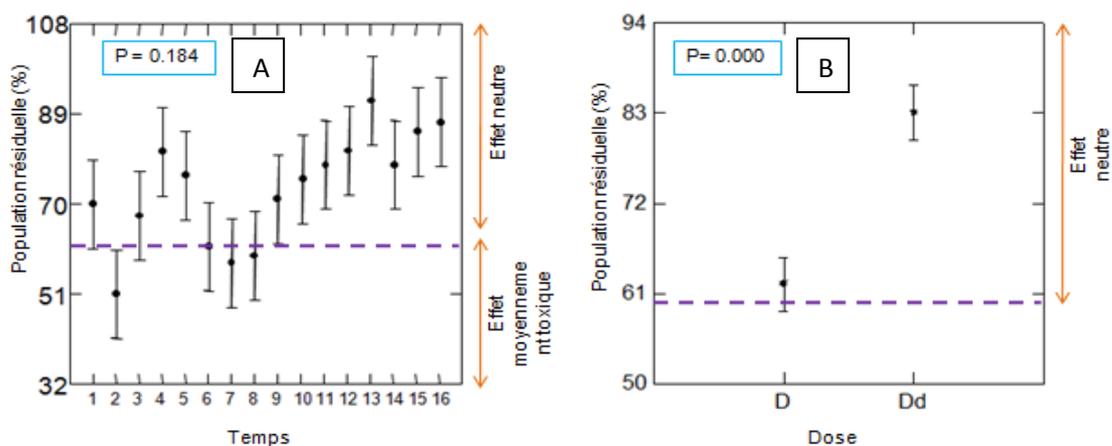


Figure 5.5 : Résultats de l'analyse du modèle GLM (ANOVA, Systat vers. 9.1) de l'évaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations résiduelles aphidiennes sur la tomate de plein champ.

5.1.2.2. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations de coccinellidae aphidiphages

Nous avons présenté les résultats relatifs à l'analyse de variance de la comparaison des abondances résiduelles temporelles des coccinelles aphidiphages sous l'effet de la dose de chaque matière active dans le tableau 5.5 ainsi que les figures 5.6 et 5.7.

Tableau 5.5 : Analyse de la variance (GLM) appliqué à la comparaison des populations résiduelles de coccinellidae sur la tomate, sous l'effet de la dose et du temps.

Matières active	Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Lambda-cyhalothrin	Temps	2596.000	15	173.067	4.704	0.002**
	Dose	210.125	1	210.125	5.711	0.030*
	Erreur	551.875	15	451.258		
Spinosad	Temps	4307.219	15	287.148	1.551	0.202
	Dose	3300.781	1	3300.781	17.831	0.001*
	Erreur	2776.719	15	185.115		

* : Probabilité significative à 5% ; *** : Probabilité très hautement significative à 1 %.

Les abondances des populations résiduelles varient selon la dose d'application et le temps d'exposition. L'analyse de la variance montre une différence significative des abondances résiduelles des coccinelles aphidiphages sous l'effet temporel de la Lambda-cyhalothrine ($p=0.002<5\%$) (Figure.5.6 A), et sous l'effet de la dose de cette matière active ($p=0.030<1\%$) (Figure.5.6 B). Par contre après l'application du Spinosad, les abondances résiduelles des coccinelles aphidiphages varient significativement par rapport à la dose ($p=0.002<5\%$) (Figure.5.7B), mais non par rapport au temps.

L'étude comparative de la toxicité des deux traitements à l'aide du test de Dunnett, montre que la Lambda-cyhalothrine a un effet toxique sur les populations résiduelles des coccinelles pendant les 15 jours d'exposition, et un effet moyennement toxique le dernier jour. Alors que le Spinosad a un effet moyennement toxique dans le 2^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} jour, et un effet neutre dans les autres jours (figure 5.6 A et 5.7 A). La dose et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine ont un effet toxique sur les coccinelles. Contrairement au Spinosad qui a un effet neutre en dose et en demi-dose (figure 5.6 B et 5.7 B).

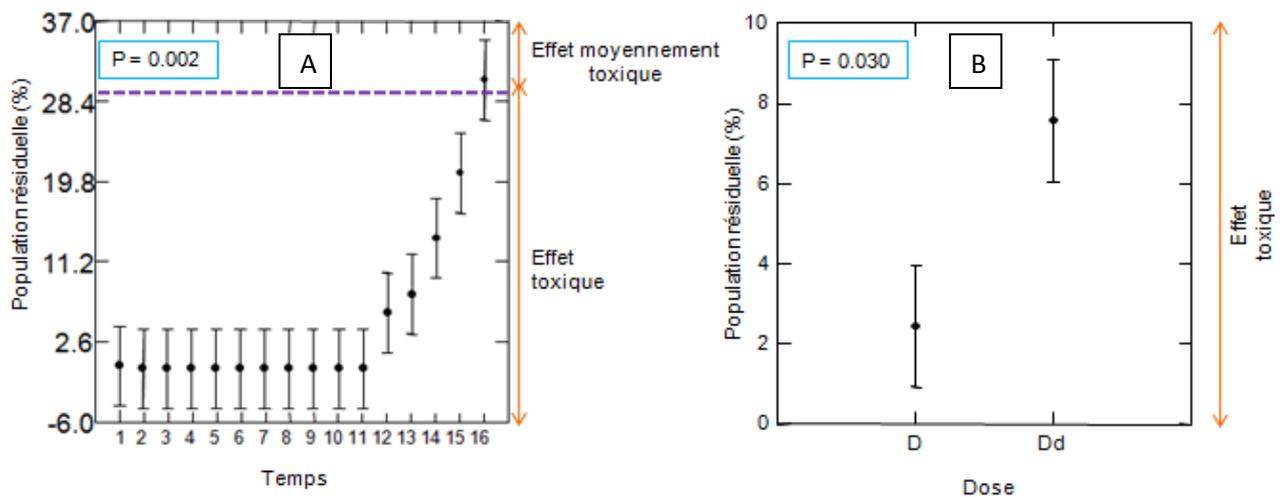


Figure 5.6 : Evaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations résiduelles des coccinelles aphidiphages sur la tomate de plein champ.

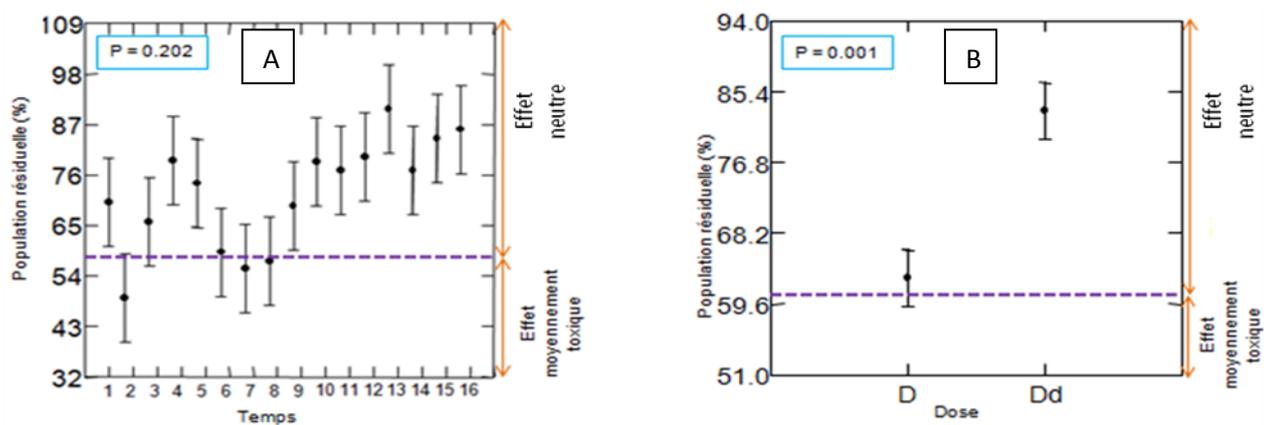


Figure 5.7 : Evaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations résiduelles de coccinelles aphidiphages sur la tomate de plein champ.

5.1.2.3. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations des auxiliaires Apidae

Les résultats relatifs à l'analyse de variance de la comparaison des abondances résiduelles des abeilles sous l'effet de la dose de chaque pesticide sont consignés dans le tableau 5.6 ainsi que les figures 5.8 et 5.9.

Tableau 5.6: Analyse de la variance (GLM) appliquée à la comparaison des populations résiduelles des abeilles sur la tomate, sous l'effet de la dose de chaque pesticide considéré.

Matière active	Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Lambda-cyhalothrin	Temps	18800.875	15	1253.392	2.778	0.028*
	Dose	3916.125	1	3916.125	8.678	0.010*
	Erreur	6768.875	15	451.258		
Spinosad	Temps	27493.969	15	1832.931	7.080	0.000***
	Dose	11514.031	1	11514.031	44.473	0.000***
	Erreur	3883.469	15	258.898		

* : Probabilité significative à 5% ; *** : Probabilité très hautement significative à 1 %.

L'analyse de la variance montre une différence significative entre les abondances résiduelles des abeilles après exposition à la Lambda-cyhalothrine par rapport au temps ($p=0.028<5\%$) (Figure.5.8A) et par rapport à la dose ($p=0.010<1\%$) (Figure.5.8B). Les variations des abondances résiduelles présentent une différence hautement significative par rapport au temps et par rapport à la dose du Spinosad (Figure.5.9). L'étude comparative des deux produits à l'aide du test de Dunnett, montre que la Lambda-cyhalothrine a un effet toxique sur les populations résiduelles des abeilles les 11 premiers jours, et un effet moyennement toxique les quatre derniers jours. Cependant, le Spinosad a un effet toxique aux 8 premiers jours, et un effet moyennement toxique le 9^{ème} jour, et

neutre les 7 derniers jours (figure 5.8 A et 5.9 A). Globalement, la dose et la demi-dose de la Lambda-cyhalothrine ont un effet toxique sur les abeilles, contrairement au Spinosad qui a un effet toxique en dose homologuée et neutre en demi-dose (figure 5.8 B et 5.9 B).

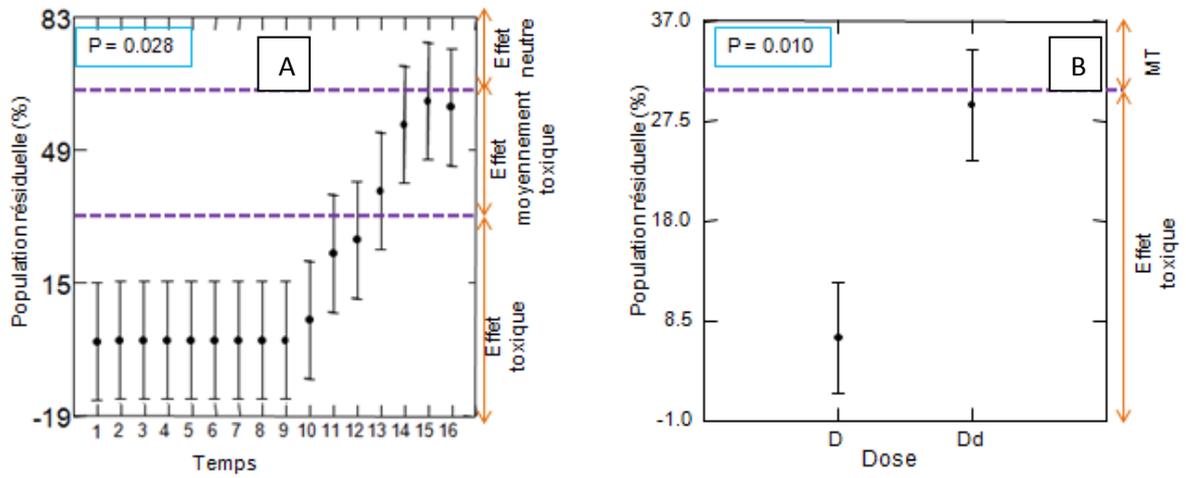


Figure 5.8 : Evaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations résiduelles des abeilles sur la tomate de plein champ.

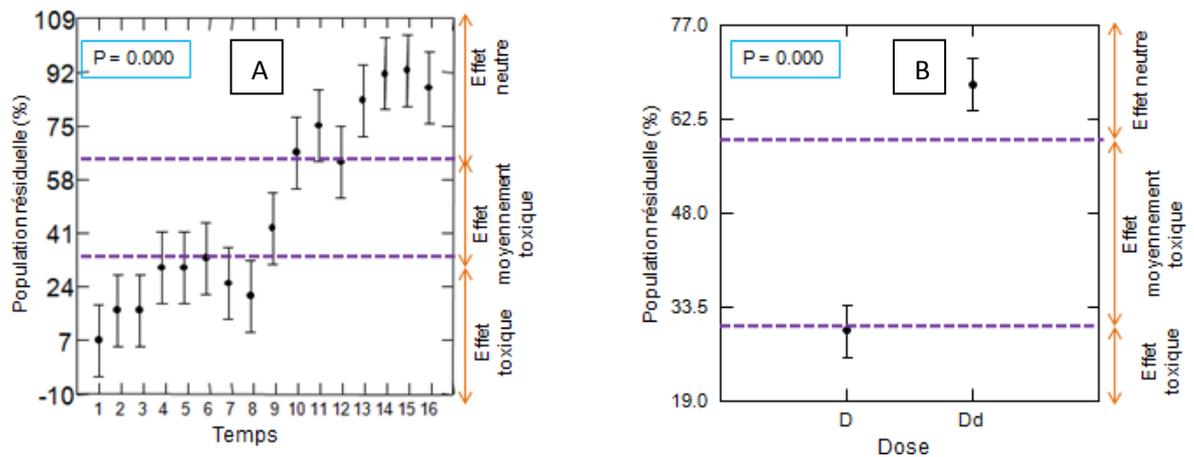


Figure 5.9 : Evaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations résiduelles des abeilles sur la tomate de plein champ.

5.2. Evaluation de l'effet insecticide des matières actives chimique et biologique sur les bioagresseurs et les auxiliaires de l'oranger

5.2.1. Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad

5.2.1.1 Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les aphides

Sous l'effet de la dose homologuée de la Lambda-cyhalothrine, la fluctuation de la population résiduelle aphidienne se caractérise par un déclin durant 3 jours, suivi par une stabilité de la population les jours suivants, et enfin légère augmentation durant les deux derniers jours (Figure 5.10 A et B)

Les Aphides montrent une faible augmentation de la population du 1^{ère} au 2^{ème} jour, suivi par une stabilité les 14 derniers jours après application de la dose et demi-dose du Spinosad, (Figure 5.10 C et D). La Lambda-cyhalothrine montre une toxicité élevée sur les populations résiduelles aphidiennes durant les 16 jours d'exposition sous l'effet dose et du 2^{ème} au 11^{ème} jour avec la demi-dose, (Figure 5.10 A et B). Le Spinosad montre un effet neutre sur ces populations résiduelles aphidiennes quelque soit la dose de traitement utilisée (Figure 5.10 C et D).

Tableau 5.7: Test one way anova, (Past vers. 1.9) appliqué à la comparaison des populations résiduelles de coccinelles aphidiphages sur l'oranger sous l'effet de la matière active et de la dose

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	84956,2	3	28318,7	306,2	2,576 10 ⁻³⁶
	dl	ddl	dt	ddt	
dl	-----	0,000***	0,000***	0,000***	
ddl	8,315	-----	0,000***	0,000***	
dt	31,99	23,68	-----	0,065	
ddt	35,57	27,25	3,576	-----	

*** : Probabilité très hautement significative à 1 %. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dosse Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad

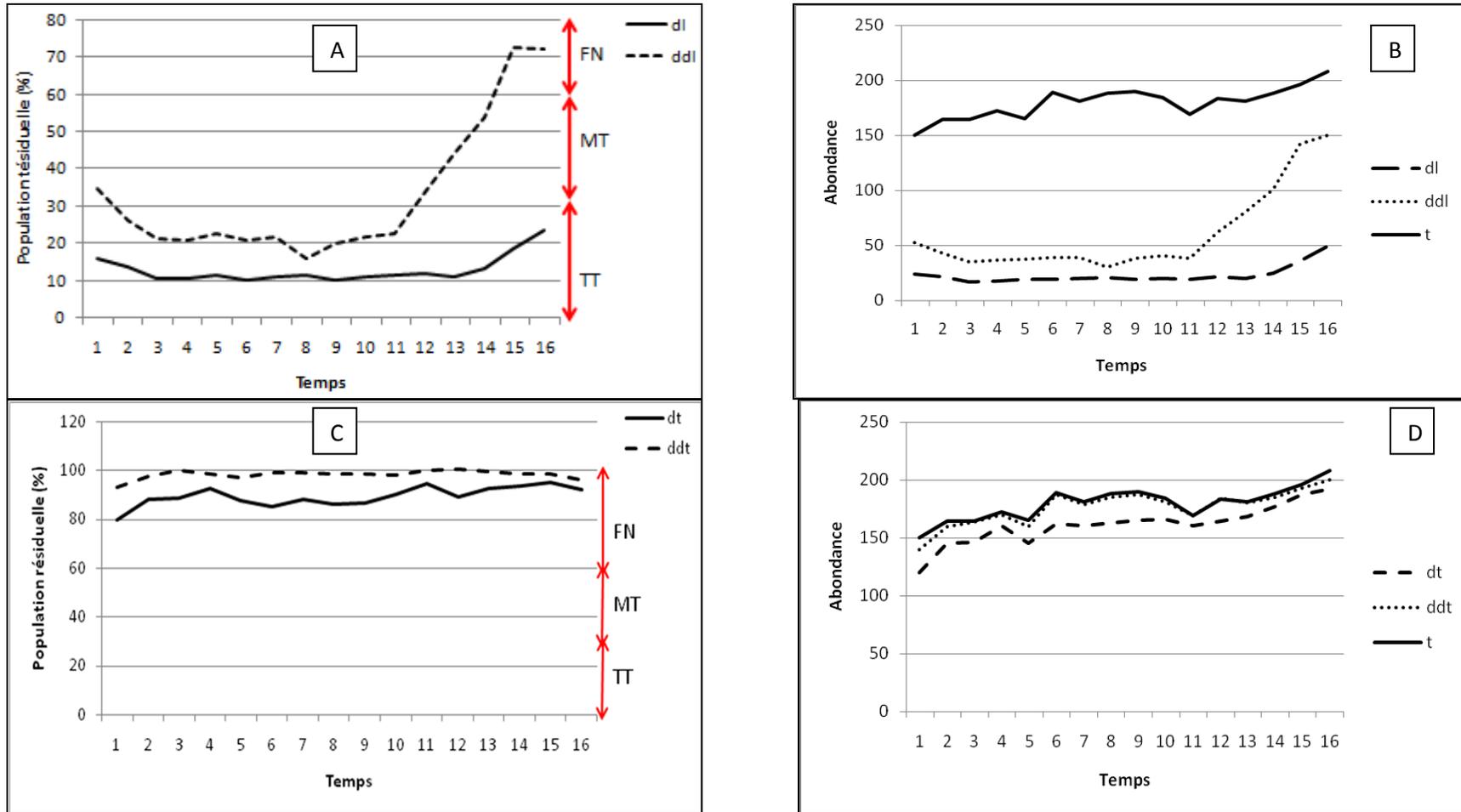


Figure 5.10 : Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations aphidiennes sur l'oranger. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad, FN : effet neutre, MT : effet moyenne toxique, TT : effet très toxique.

On peut remarquer que les variations entre les doses de chaque matière active considérée montrent une différence très hautement significative ($p=0.000$), à l'exception de la variation des abondances sous l'effet des doses du spinosad qui est significative ($p=0.06$) (tableau 5.7). L'effet des matières actives sur les populations résiduelles est plus net avec Lambda-cyhalothrine en dose homologuée, suivi par la demi-dose de la même matière active, en suite la dose du Spinosad et enfin la demi-dose du Spinosad.

5.2.1.2 Evolution temporelle de l'efficacité de la Lambda-cyhalothrine et du Spinosad sur les coccinellidae

Les populations résiduelles des coccinelles aphidiphages, montrent une sensibilité élevée en présence de la dose homologuée de Lambda-cyhalothrine, elles sont absentes pendant les 15 premier jours, la recolonisation est faible le dernier jour. Par contre sous la présence d'une demi-dose de la même matière active, la population se réinstalle au 13^{ème} jour, nous observons une augmentation importante (50%) dans les jours qui suivent, (Figure 5.11 A et B). Sous l'effet de la dose homologuée du Spinosad, les populations résiduelles se caractérisent par une période de déclin les 4 premiers jours, suivi par une période de stabilité du 5^{ème} au 11^{ème} jour et enfin une augmentation dans les 5 derniers jours. Les populations résiduelles montrent une stabilité du 4^{ème} au 10^{ème} jour, un déclin entre le 3^{ème} et le 12^{ème} jour et une augmentation dans le 2^{ème} jour, avec la demi-dose de cette matière active (Figure 5.11 C et D).

La Lambda-cyhalothrine présente un effet toxique sur les coccinelles durant les 16 jours d'exposition, par contre la demi-dose de la même matière active montre un effet toxique jusqu'au 12^{ème} jour, et un effet moyennement toxique dans les 5 derniers jours.

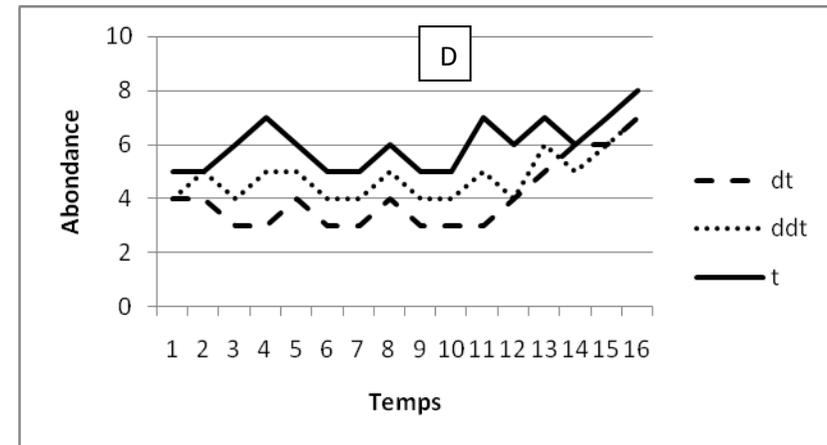
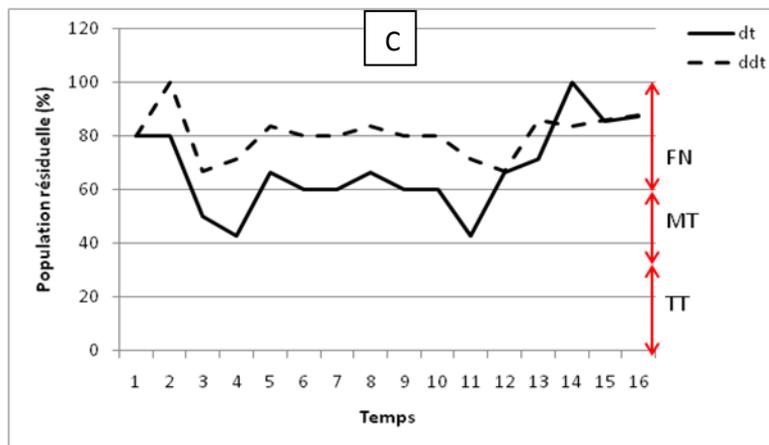
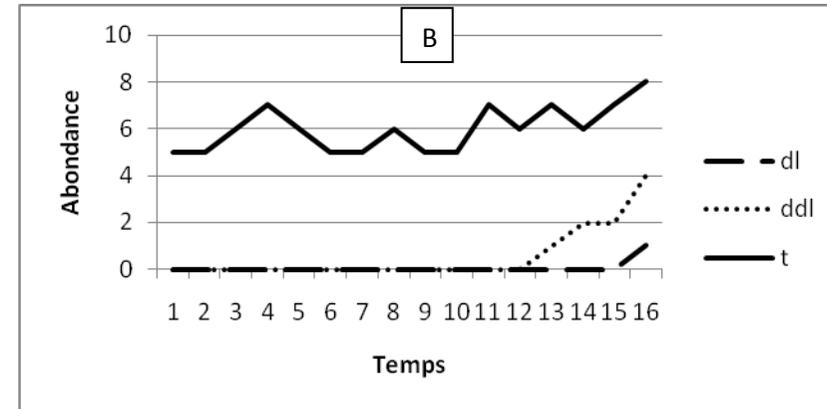
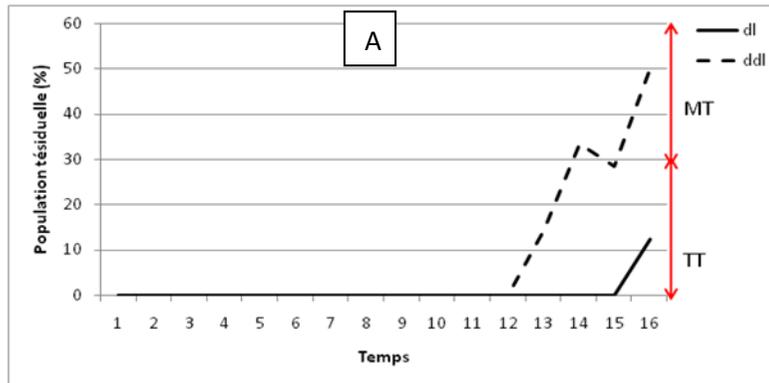


Figure 5.11. : Evaluation de la toxicité de la matière active et des doses sur les populations des coccinelles sur l'oranger. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad, FN : effet neutre, MT : effet moyenne toxique, TT : effet toxique

Tableau 5.8 : Analyse de la variance (test one way anova, Past vers. 1.9) appliquée à la comparaison des populations résiduelles de coccinelles sur l'oranger sous l'effet de la matière active et de la dose.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	79916,6	3	26638,9	171,3	2,264 10 ⁻²⁹
	dl	dt	ddl	ddt	
dl		0,000***	0,349	0,000***	
dt	22,17		0,000***	0,019*	
ddl	2,36	19,81		0,000***	
ddt	26,42	4,251	24,06		

* : Probabilité significative à 5% ; *** : Probabilité très hautement significative à 1 ‰. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad.

L'analyse de la variance (test one way anova, Past vers. 1.9) appliqué à la comparaison des populations résiduelles de coccinelles exposées aux doses des deux matières actives (tableau 5.8), montre une différence très hautement significative entre les effets doses au sein d'une même matière active ($p < 1‰$), entre la dose de Lambda-cyhalothrine et la demi-dose de Spinosad ($p = 0,000 < 1‰$), une différence significative entre la dose et demi-dose Spinosad ($p = 0,01 < 5%$), et enfin une différence non significative entre la dose et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine ($p = 0,349$). L'effet des matières actives sur les populations résiduelles des coccinelles est plus net avec Lambda-cyhalothrine en dose et demi-dose, suivi par la dose du Spinosad et enfin la demi-dose du Spinosad.

5.2.2. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les bioagresseurs et auxiliaires de l'oranger

5.2.2.1. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations aphidiennes

Nous avons présenté les résultats relatifs à l'analyse de variance de la comparaison des abondances résiduelles aphidiennes sous l'effet de la dose dans le tableau 5.9 ainsi que les figures 5.12 et 5.13.

Tableau 5.9 : Analyse de la variance (GLM) appliqué à la comparaison des populations résiduelles aphidiennes sur l'oranger, sous l'effet des deux pesticides.

Matière active	Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Lambda-cyhalothrin	Temps	3505.500	15	233.700	1.948	0.104
	Dose	3120.500	1	3120.500	26.011	0.000***
	Erreur	1799.500	46	119.967		
Spinosad	Temps	201.469	15	13.431	2.344	0.055
	Dose	586.531	1	586.531	102.339	0.000***
	Erreur	85.969	15	5.731		

* : Probabilité significative à 5% ; *** : Probabilité très hautement significative à 1 %.

L'analyse de la variance montre une différence non significative des abondances résiduelles aphidiennes sous l'effet de Lambda-cyhalothrine par rapport au temps ($p=0,104 > 5\%$), et très hautement significative par rapport à la dose ($p=0,000 < 1\%$). Contrairement au lambda-cyhalothrine, l'abondance résiduelle aphidienne exposée au Spinosad montre une différence non significative par rapport au temps ($p=0,055 < 5\%$) et une différence hautement significative par rapport à la dose ($p=0,000 < 1\%$)

L'étude comparative de deux produits montre que la Lambda-cyhalothrine a un effet toxique sur la population résiduelle aphidienne sur 12 jours, qui devient moyennement toxique du 13^{ème} au 16^{ème} jour. Alors que le Spinosad a un effet neutre durant les 16 jours après application du produit. Globalement, la dose de Lambda-cyhalothrine a un effet toxique, alors que la demi-dose a un effet moyennement toxique. Contrairement au Spinosad qui a un effet neutre en dose et demi-dose sur les populations résiduelles aphidiennes.

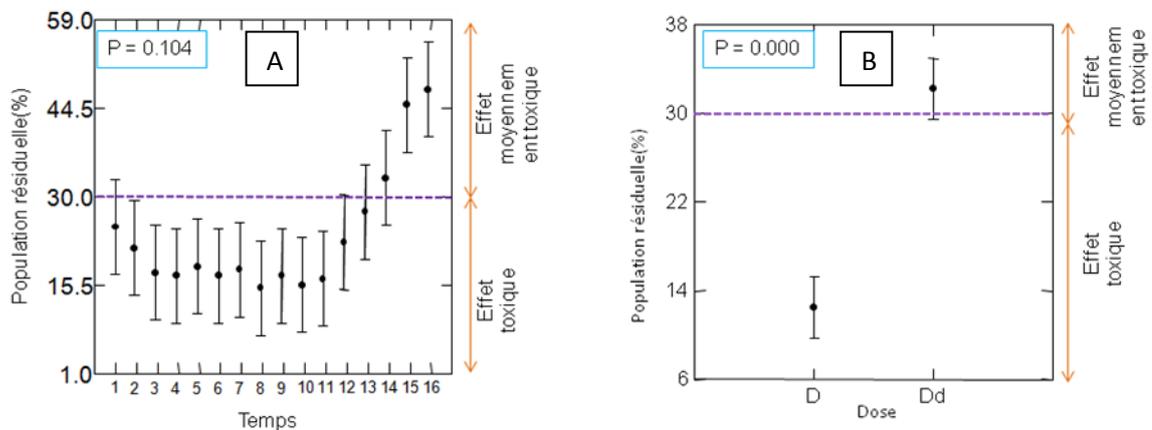


Figure 5.12 : Evaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations aphidiennes sur l'oranger.

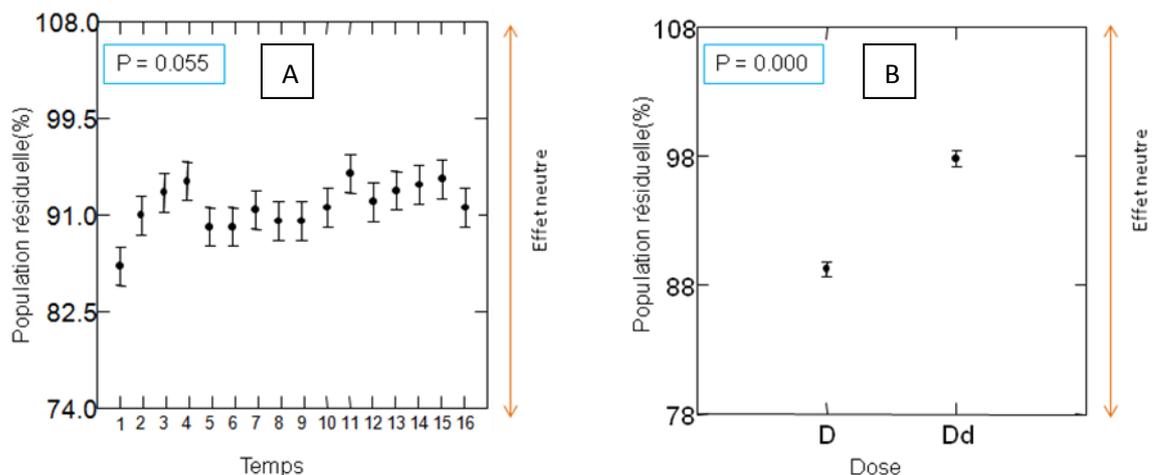


Figure 5.13 : Evaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations aphidiennes sur l'oranger.

5.2.2.2. Evaluation comparative de l'efficacité des deux pesticides sur les populations de coccinellidae

Nous avons présenté les résultats relatifs à l'analyse de variance de la comparaison des abondances résiduelles des coccinellidae sous l'effet des deux pesticides dans le tableau 5.10 ainsi que les figures 5.14 et 5.15.

Tableau 5.10: Analyse de la variance (GLM) appliqué à la comparaison des populations résiduelles aphidiennes sur la tomate, sous l'effet de la dose.

Matière active	Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Lambda-cyhalothrin	Temps	2369.969	15	157.998	1.746	0.146
	Dose	399.031	1	399.031	4.409	0.053
	Erreur	1357.469	15	90.498		
Spinosad	Temps	3797.219	15	253.148	3.198	0.055
	Dose	1313.281	1	1313.281	16.593	0.001*
	Erreur	1187.219	15	79.148		

* : Probabilité significative à 5% ; *** : Probabilité très hautement significative à 1 %.

L'analyse de la variance montre une différence non significative des abondances résiduelles des coccinelles aphidiphages sous la présence de Lambda-cyhalothrine par rapport à la dose ($p=0.053 >5\%$) et par rapport au temps ($p=0.146 >5\%$). Par contre en réponse à l'effet du Spinosad, les abondances résiduelles ne diffèrent pas significativement par rapport au temps ($p=0.055 >5\%$), mais diffèrent par rapport aux doses appliquées ($p=0.001 <1\%$).

L'étude comparative de la toxicité des deux matières actives montre que la Lambda-cyhalothrine a un effet toxique sur les populations résiduelles des coccinelles durant les 15 jours d'exposition. Alors que le Spinosad a un effet

toxique au 2^{ème}, 3^{ème} et 10^{ème} jour, mais qui régresse par la suite (figure 5.14 A, figure 5.15 A). La dose et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine ont donc un effet toxique sur les abeilles. Contrairement au Spinosad qui a un effet neutre en dose homologuée et en demi-dose (figure 5.14 B, figure 5.15 B).

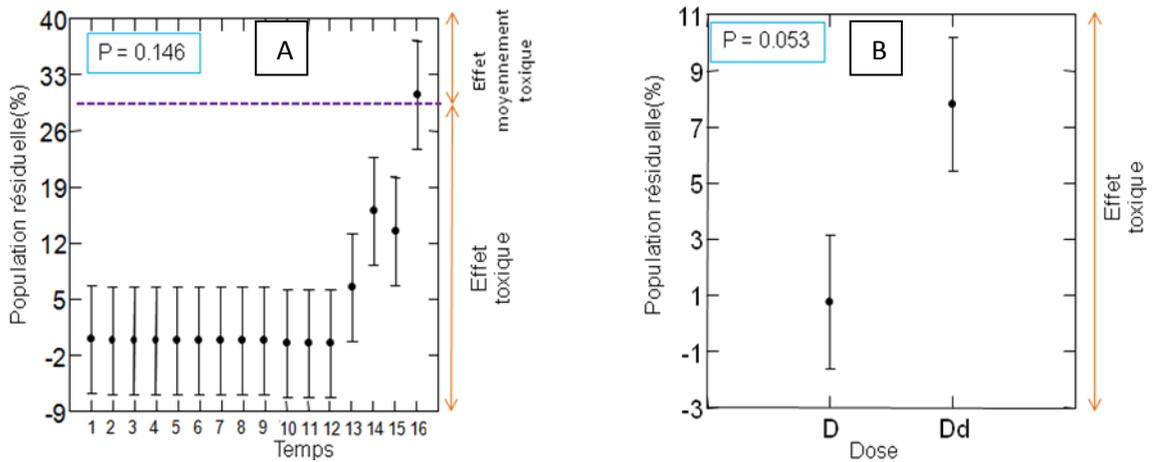


Figure 5.14 : Evaluation de la toxicité de la Lambda-cyhalothrine sur les populations résiduelles des coccinelles sur l'oranger.

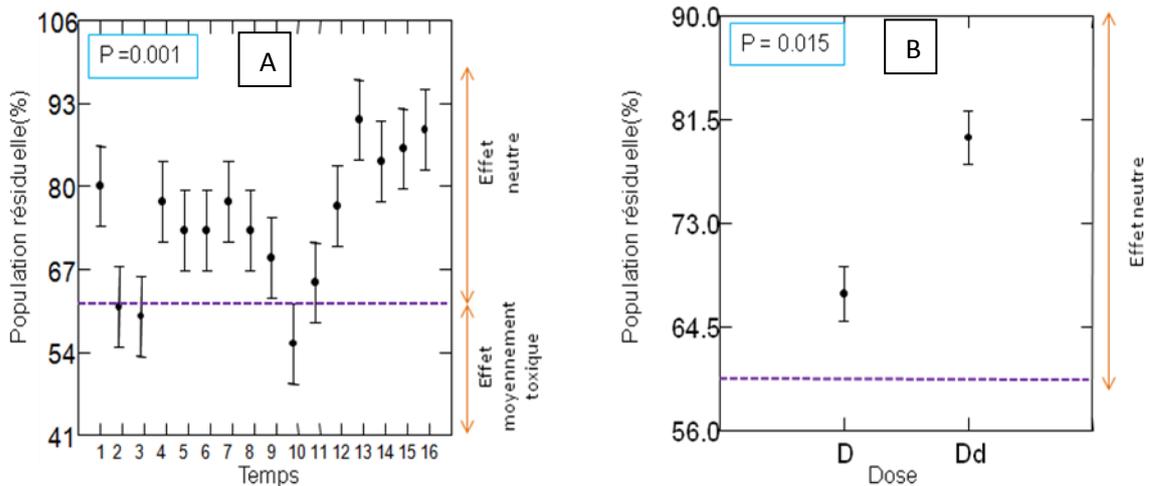


Figure 5.15 : Evaluation de la toxicité du Spinosad sur les populations résiduelles des populations de coccinelles sur l'oranger.

5.3. Evaluation de l'effet insecticide des matières actives chimique et biologique sur les différents groupes trophiques

5.3.1. Évaluation de l'effet des deux traitements chimique et biologique sur les groupes trophiques de la tomate en plein champ

Durant notre période de récoltes, nous avons recensé 68 espèces entomofauniques. Que nous avons regroupé en cinq catégories trophiques avec 8 espèces de phytophages, 5 espèces de floricoles, 7 espèces de parasites entomophages, 22 espèces prédatrices, et 26 espèces à régime alimentaire varié (mentionné par «autres»). Les figures 5.16 de A à D retracent leurs fluctuations temporelles sous l'effet des deux traitements testés.

L'évolution de la population du groupe des phytophages sous l'effet de la dose homologuée de la Lambda-cyhalothrin (figure 5.16 A), montre une stabilité des effectifs malgré très faibles pendant une période de 12 jours où on observe un écart important vis-à-vis au témoin (10,29% en 12 jours), au delà de cette période les ravageurs reprennent une faible activité biotique comparé au témoin (37% en 16 jours). Les aphides et le *Jassidae* sont les plus influencés suivi par le *Trialeurodes sp* et le *Thripidae sp*, et enfin *Tuta absoluta* et *Tetranychus sp*.

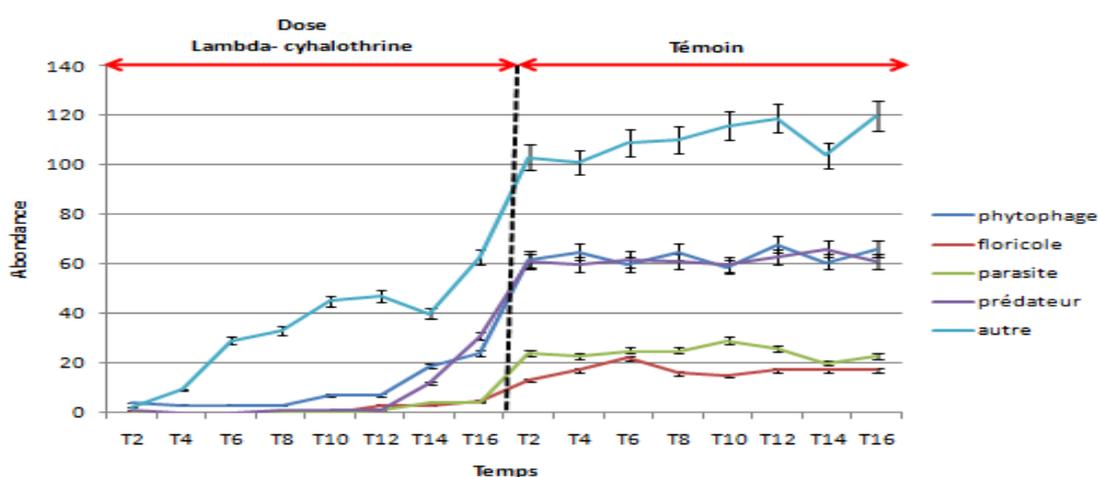


Figure 5.16 A. : Comparaison des abondances des différents groupes trophiques de la tomate sous l'effet dose de la Lambda cyhalothrin durant 16 jours d'exposition.

Sous l'effet demi dose, la population reste faible en effectifs comparée à celle des phytophages de l'unité témoin. Elle ne représente que 14% au deuxième jour (T2), 20% au 8^{ème} jour et 66,66% le dernier jour (T16) (figure 5.16 B). Les espèces les plus sensibles sont les *Aphidae* et le *Jassidae*. Néanmoins, on remarque une cinétique plus ou moins progressive par rapport à ce qui est observé chez les phytophages exposés à la dose homologuée (figure 5.16 A).

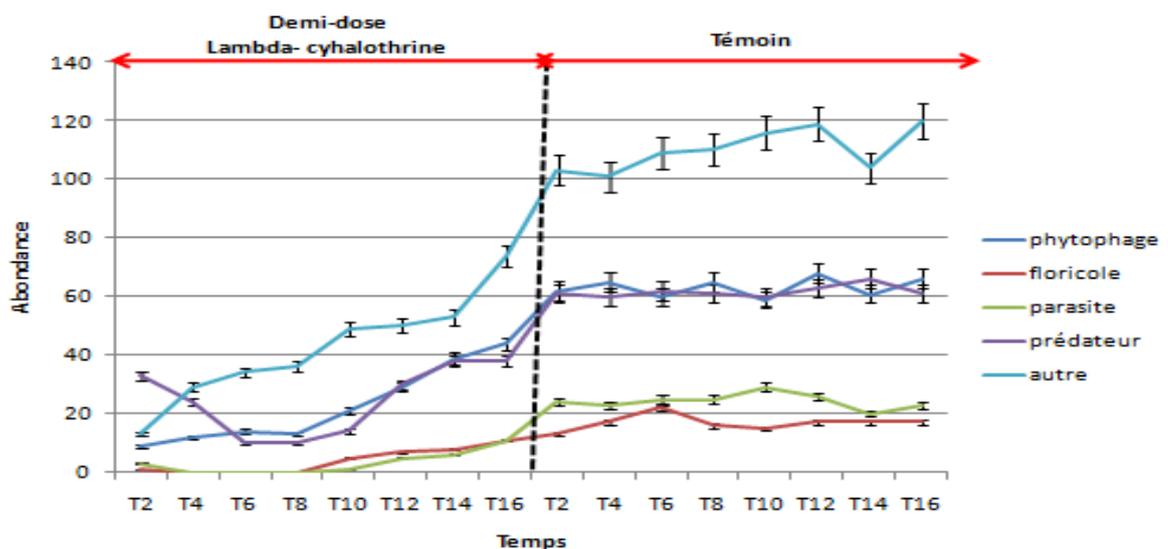


Figure 5.16 B. : Comparaison des abondances des différents groupes trophiques de la tomate sous l'effet demi dose de la Lambda cyhalothrin durant 16 jours d'exposition.

Ce groupe trophique montre une augmentation légère des abondances sous l'effet de la dose homologuée du Spinosad (45,16% au deuxième jour, et 70% le dernier jour). Le *Thripidae sp* et *Tuta absoluta* sont les plus influencés. L'effet de la demi-dose est faible sur le groupe des phytophages (66,12% aux deux premiers jours à 94% par rapport au témoin dans les quatre derniers jours (figure 5.16 C et D).

Le groupe des parasites et les espèces floricoles sont les groupes les plus sensibles à la lambda-cyhalothrine en dose homologuée. On peut remarquer qu'ils sont absents pendant les 10 jours de l'expérimentation. Comparés au témoin, ils présentent des effectifs très faibles (29,41% pour les floricoles et 17,39% pour les parasites au 16^{ème} jour). Les espèces les plus sensibles sont notamment des

pollinisateurs *Andrena* sp, des Formicidae *Lasioglossum* sp, *Halictidae* sp, *Bethylidae* sp1 et sp2, un microhyménoptère parasitoïde *Aphidius* sp, des Tachinidae et une espèce d'*Oxytelus* (figure 5.16 A et 5.16 B).

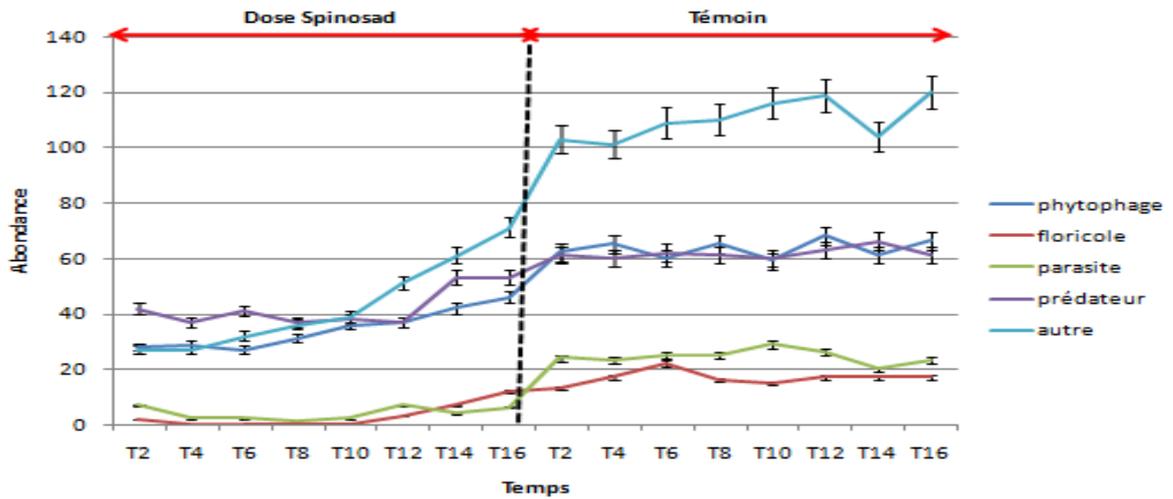


Figure 5.16 C. : Comparaison des abondances des différents groupes trophiques de la tomate sous l'effet dose du Spinosad durant 16 jours d'exposition.

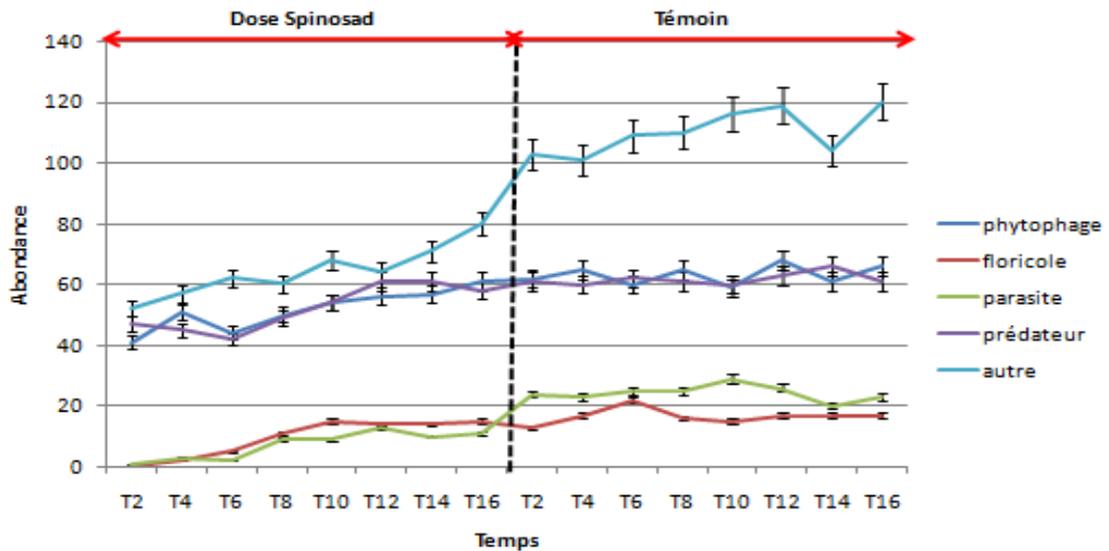


Figure 5.16 D. : Comparaison des abondances des différents groupes trophiques de la tomate sous l'effet demi dose du Spinosad durant 16 jours d'exposition.

Cependant avec l'application de la demi-dose de cette même matière active, les floricoles restent faibles en effectifs en particulier durant les 6 premiers jours après exposition représentant 7,70% par rapport au témoin. Entre le 10ème et le 16ème jour, les effectifs restent comparables. L'espèce de parasite la plus sensible à la Lambda-cyhalothrin en demi-dose, est *Aphidius sp*, il est absent pendant les 16 jours après traitement. D'une manière générale, ce groupe a une abondance de 12,5% par rapport au témoin durant deux premiers jours, suivi par une période d'absence de 6 jours et enfin une période d'augmentation passant de 3,44% le 10^{ème} jour à 47,28% au dernier jour d'exposition.

Le Spinosad en dose homologuée présente une toxicité élevée pour le groupe trophique des floricoles (figure 5.16 C). Cette catégorie trophique marque sa présence durant les deux premiers jours après traitement avec une abondance relative de 15,38% par rapport au témoin, et durant les 6 derniers jours avec 70,58%. Les espèces les plus sensibles sont *Andrena sp* et *Lasioglossum sp*. La fluctuation temporelle de la population de parasite exposée sur une période de deux semaines à la dose homologuée du Spinosad montre deux périodes : une période de déclin durant les dix premiers jours où les abondances relatives passent de 29,16% à 4% par rapport au témoin, suivie par une période d'augmentation atteignant 26,08% par rapport au témoin le 16^{ème} jour. Les espèces les plus sensibles sont les *Tachinidae*, les *Bethylidae* et *Aphidius sp*.

La population du groupe des parasites qui a subi la demi-dose du Spinosad, montre une abondance élevée comparée à celle des autres traitements mais faible comparée à celle de l'unité non traitée, elle représente 4,61% par rapport au témoin dans les deux premiers jours, et elle augmente à 50% en 16 jours. Le groupe des prédateurs est très sensible à la matière active chimique la Lambda-cyhalothrine en dose homologuée. Les effectifs sont nuls à très insignifiants dans les 12 premiers jours variant entre 0% et 1,66% en termes d'abondance relative par rapport au témoin, puis une augmentation qui passe de 16,66% le 14^{ème} jour à 50,81% au dernier jour. Les espèces qui présentent une sensibilité très élevée pour la lambda-cyhalothrin sont *Macrolophus sp*, les *Chrysopidae*, *Mantis sp*, *Calosoma sp*, *Synthomus sp* et le *Scymnus sp*, suivi par *Coccinella septempunctata*, et *Adalia bipunctata*.

Dans l'unité traitée par une demi-dose de Lambda-cyhalothrin, le groupe des prédateurs fluctue en deux périodes, un déclin passe de 54,09% en deuxième jours vers 16,39% par rapport au témoin en 8^{ème} jours, et une augmentation de 21,66 en 10eme jours vers 62,29% par rapport au témoin dans le dernier jour. Les araignées sont les plus résistantes au produit en demi-dose, elles marquent une abondance légèrement inférieure au témoin. Contrairement à la Lambda-cyhalothrin, le Spinosad en dose homologué a une influence moyenne sur le groupe des prédateurs. Les abondances varient de 70% par rapport au témoin les deux premiers jours puis diminuent jusqu'au 60% au 12^{ème} jour et augmentent à 86,88% le dernier jour. Les espèces les plus sensibles sont *Macrolophus sp*, les *Chrysopidae et Mantis sp*, les araignées montrent également une résistance.

La variation temporelle de ce groupe sous l'effet de la demi-dose de cette même matière active se subdivise en deux périodes, une période de déclin de 1^{er} jour ou au 6^{ème} jour (respectivement 86,88%, 70% par rapport témoin), suivi par une période d'augmentation à partir de 7^{ème} jour jusqu'au dernier jour (83,32%, 95,08% par rapport témoin).

Le cinquième groupe trophique qui comporte les polyphages, les coprophages, les hématophages est les autres régimes alimentaires, sous l'effet de stress chimique ce groupe montre que : sous dose homologuée de la Lambda-cyhalothrine, on peut observer une augmentation progressive qui passe de 2% par rapport au témoin dans les deux premiers jours à 51,63% dans les deux derniers jours, les espèces les plus sensibles sont *Forficula auricularia*, *Aphodius*, *Pleurophorus sp*, *Macrothorax*, *Carpophilus*, *Phlebotomus sp*, *Philonthus sp* et les Miridae. Sous demi-dose, une augmentation progressive qui passe de 12% par rapport au témoin dans les deux premiers jours à 61,47% dans les deux derniers jours, les espèces les plus résistantes sont les Muscidae, et les Mycetophilidae. Avec le Spinosad, une augmentation progressive sous dose homologuée qui passe de 27,88% par rapport au témoin dans les deux premiers jours à 57,37% dans les deux derniers jours. Les espèces les plus sensibles sont *Forficula auricularia*, *Macrothorax sp*, *Stratiomyidae sp*, *Chironomidae sp*, *Cecidomyiidae sp*, *Phlebotomus sp*, *Philonthus sp*.

D'une manière générale, les abondances relatives des groupes des phytphages, parasites, prédateurs et autres sont plus importantes après exposition à la demi-dose du Spinosad, suivi par celle de la dose du Spinosad, en suite celle de la demi-dose de la Lambda-cyhalothrine et enfin celle de la dose de cette même active. Par contre les floricoles sont plus influencés par la dose de Lambda-cyhalothrine suivi par la dose de Spinosad, en suite la demi-dose de Lambda-cyhalothrin et la demi-dose de Spinosad.

L'ensemble des résultats d'analyses de la variance avec effet des interactions entre les facteurs dose, matière active et catégorie trophique sont consignées dans le tableau 5.11 et la figure 5.17.

²Tableau 5.11. : Analyse de la variance des abondances des différents groupes trophiques sur tomate, selon le traitement et la dose. * : Probabilité significative à 5% ; *** : Probabilité très hautement significative à 1‰.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Catégorie trophique	42729.838	4	10682.459	111.644	0.000***
Traitement	10774.806	1	10774.806	112.609	0.000***
Dose	4357.656	1	4357.656	45.543	0.000***
Catégorie trophique x Traitement	5584.913	4	1396.228	14.592	0.000***
Catégorie trophique x Dose	2794.163	4	698.541	12.672	0.000***
Traitement x Dose	467.163	4	116.791	1.221	0.305Ns
Catégorie trophique x Traitement x Dose	58.806	1	58.806	2.615	0.002*
Erreur	13395.625	140	95.683	-	-

Concernant les effets des facteurs seuls sur la variable abondance des groupes trophiques, on peut remarquer que les différences sont très hautement significatives avec des probabilités associées qui sont inférieures à 1‰.

Les abondances des populations sont d'autant plus élevées que l'on utilise la matière active biologique le spinosad (T) et la demi dose (DD) par rapport à la matière active chimique (L) et la dose homologuée quelque soit le pesticide utilisé (figure 5.17 A et 5.17 B). Par ailleurs, si les phytophages et les prédateurs réagissent mieux aux deux pesticides (figure 5.17 C) que les floricoles, les parasites et les espèces à régime alimentaire varié, il en demeure pas moins que les abondances des différents groupes sont affectées par les deux matières actives durant la première semaine de l'exposition au traitement où les effectifs totaux sont relativement faibles comparativement à la deuxième semaine où il y a une recolonisation progressive des consommateurs avec leurs proies du 10^{ème} au 16^{ème} jour (figure 5.17 D).

Concernant les effets d'interactions entre facteurs, on note que l'effet de la Lambda cyhalothrin agit beaucoup plus sur les floricoles et les parasites qui sont les plus affectés puis sur les phytophages et leurs prédateurs de manière similaire que sur le groupe trophique à régime polyphage (figure 5.17 E). Le Spinosad agit également de manière très hautement significative sur les catégories des floricoles et des parasites alors que les autres groupes demeurent avec des abondances élevées (figure 5.17 F). Quelque soit la matière active utilisée, la dose homologuée semble toxique à un degré plus ou moins supérieur que celui de la demi dose pour les floricoles et les parasites puisque les effectifs de leurs populations restent nuls à très faibles. Les phytophages avec le groupe des auxiliaires prédateurs sont néanmoins tolérants aux produits appliqués avec la demi dose, (figure 5.17 G et H). de manière globale, l'interaction dose-matière active montre que l'effet du spinosad à la demi dose est négligeable sur les abondances des populations qu'avec la dose du même produit et avec la dose homologuée et la demi dose du produit chimique lambda-cyhalothrin, mais les différences ne sont pas significatives ($p=0.305$) (figure 5.17 I et J). Pour les interactions dose x traitement x catégorie trophique, on peut remarquer clairement que la dose homologuée de la lambda-cyhalothrin a un effet toxique sur toutes les catégories trophiques (figure 5.17 K) qui apparaît plus faiblement chez les groupes des phytophages et des prédateurs exposés à la demi dose (figure 5.17 L) ou à la dose et à la demi dose du spinosad (figure 5.17 M et N).

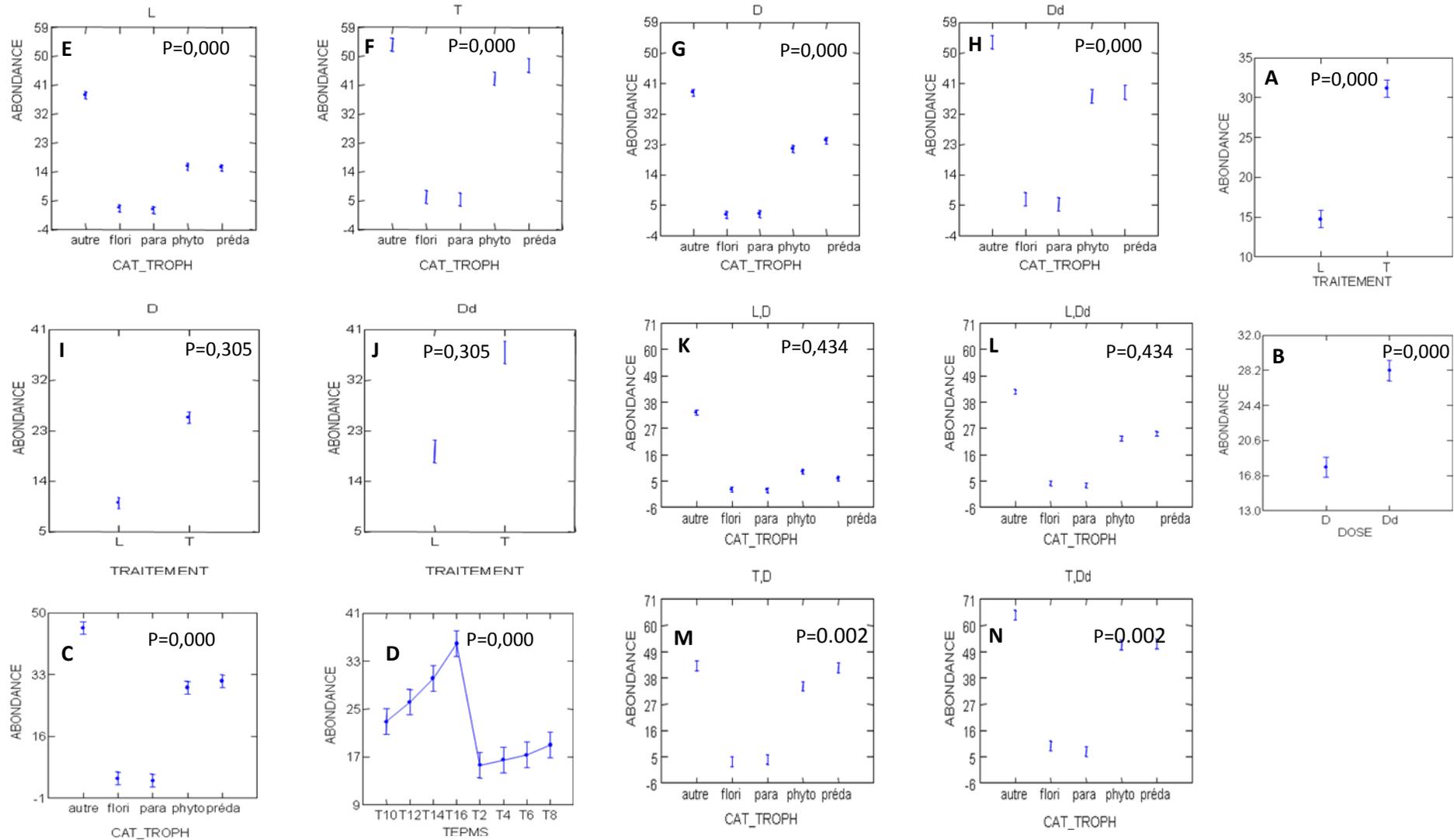


Figure 5.17 : Résultats de l'analyse de la variance relatifs à l'influence de la matière active, de la dose, et du temps d'exposition sur l'abondance des populations des groupes trophiques sur la tomate de plein champ.

5.3.2. Différences de composition comparée des abondances de l'entomofaune associée à la tomate exposée aux doses et traitements testés

Nous avons testé la similarité globale entre deux types de traitement (Spinosad et Lambdacyhalothrine) pour chacune des deux doses testées durant 16 jours d'exposition, par une ANOSIM (Analysis Of SIMilitudes, past, vers. 1.9, qui est un test non paramétrique de la significativité des différences basée sur une mesure de distance. L'indice de Bray Curtis a été utilisé comme mesure de similitude et la probabilité associée calculée à partir de 10000 permutations. La significativité des différences d'abondances entomofauniques entre les deux traitements différents a été testée en utilisant la méthode des Bootsrap.

L'analyse de similarité à un seul facteur montre dans presque la totalité des cas des différences très hautement significatives entre deux catégories de traitements différents accompagnés des doses et des demi doses ($p < 0,0001$) et entre chaque groupe de traitement et les témoins (tableau 5.12). Ces différences peuvent être dues à quelques variations dans l'abondance relative des différents taxons ou dans la composition spécifique des communautés.

Tableau 5.12 : L'analyse de similarité de l'effet des traitements phytosanitaires et des doses d'applications sur l'abondance des différents taxons associées à la culture de tomate. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad

	dl	dt	ddl	ddt	tem
dl	-----	0,0002***	0,0023**	0,0002***	0,0001***
dt	0,0002***	-----	0,0003***	0,0029**	0***
ddl	0,0023**	0,0003***	-----	0,0002***	0,0003***
ddt	0,0002***	0,0029**	0,0002***	-----	0,0005***
tem	0,0001***	0***	0,0003***	0,0005***	-----

En prenant en compte chaque facteur séparément, l'analyse de similarité two way ANOSIM réalisée entre deux groupes de traitements différents, montre

une différence hautement significative entre les matières actives (facteur traitement, $R=0.74$, $p < 0,0001$), et entre les doses (facteur dose, $R=0.50$, $p < 0,0001$). Cette analyse met en évidence que les effets des produit chimique et biologique comparés deux à deux ont un degré de toxicité différent selon chaque dose d'application sur l'entomofaune globalement durant les deux semaines d'exposition. Les taxons réagissent différemment quand ils sont exposés durant 16 jours à la dose et à la demi dose de la Lambda-cyhalothrine et au Spinosad respectivement.

La contribution de chaque taxon aux différences de composition des groupes de chaque type de traitement respectif a été calculée à l'aide du programme SIMPER (SIMilarity PERcentage) selon la suite des programmes réalisés dans le logiciel (Past, 2001).

Les espèces qui montrent une différence de composition avec des pourcentages de contribution élevée entre l'assemblage de la dose de Lambda-cyhalothrine et celui de la dose du Spinosad, sont des phytophages de l'ordre des Homoptères (*Macrosiphum sp*, *Myzus sp*, *Jassidae sp*, *Trialeurodes sp* et *Rhopalosiphum sp*) suivi par l'acarien *Tetranychus sp* et la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*, les plus faibles contributions sont représentées par celles des *Coccinellidae*, *Cataglyphis bicolor*, *Calosoma sp*, *Thripidae sp* les *Chrysopidae*, les parasites et les floricoles. *Macrolophus sp*, et *Aphidius sp* ne contribuent en aucun cas aux différences de composition entre ces deux catégories de traitement (tableau 5.13).

Les espèces qui montrent une différence de contribution élevée entre l'assemblage de la dose de Lambda-cyhalothrine et celui de la demi-dose de Spinosad sont les ravageurs (les *Aphidae*, *Jassidae sp*, *Thripidae sp*, *Trialeurodes sp*, *Tuta absoluta*), suivis par les prédateurs Aranea, les *Coccinellidae* et l'acarien *Tetranychus sp*, *Apis mellifera* et enfin les floricoles et les parasites. Les espèces qui présentent les plus faibles contributions aux différences de composition sont *Vespa vulgaris*, les *Tachinidae* les *Bethylidae*, *Scymnus sp*, *Calosoma*, les *Chrysopidae* et *Aphidius sp*. *Macrolophus sp* présente un pourcentage de contribution nul (tableau 5.13).

Concernant l'assemblage de la dose de la Lambda-cyhalothrine et celui de la demi-dose de la même matière active, on distingue dans les plus importants pourcentages de composition les ravageurs (*Thripidae sp*, *Tetranychus sp* et *Trialeurodes sp*) suivi par les Aranea et *Tuta absoluta*, ensuite *Jassidae* et *Rhopalosiphum sp*, après les espèces floricoles et *Myzus sp*. Les plus faibles contributions sont représentées par celles des parasites et les *coccinellidae*, *Calosoma*, *Empis sp* et *Synthomus sp*. Entre ces deux catégories de traitements, les espèces qui présentent un pourcentage de contribution nul sont *Andrena sp*, *Scymnus sp*, les *Chrysopidae*, *Macrolophus sp* et *Aphidius sp*, (tableau 5.13).

Ce sont surtout les floricoles (*Andrena sp*, *Vespula vulgaris* et *Lasioglossum sp*) les prédateurs (les *Gnaphosidae*, les *Thomisidae*, *Lepthyphantes sp2*, *Calosoma sp* avec *Scymnus sp* les *Chrysopidae* et *Macrolophus sp*), ainsi que les parasites (*Tachinidae*, *Bethylidae*, *Aphidius sp*) qui contribuent avec de faibles pourcentages aux différences de composition entre l'assemblage de la demi-dose de la Lambda-cyhalothrine et celui de la demi-dose du Spinosad, (tableau 5.13). Enfin, en comparant les assemblages dose Spinosad et demi dose du même produit, ce sont essentiellement *Thripidae sp*, *Tuta absoluta*, *Trialeurodes sp* et *Myzus sp* suivi par *Empis sp*, *Apis mellifera*, et *Cataglyphis bicolor* qui caractérisent les différences importantes (tableau 5.13).

En synthétisant les données des analyses SIMPER effectuées dans le logiciel Past. entre les assemblages, on constate que les plus faibles pourcentages de contribution sont rapportées dans les assemblages ayant été exposés à la dose et demi dose du spinosad et aux demi doses des deux traitements chimique et biologique à l'exception des *Thripidae*, de *Trialeurodes*, *Tuta absoluta* et de ces mêmes insectes en plus des *Aphidae* respectivement (Tableau 5.13).

Tableau 5.13 : Contributions de l'entomocénose associée à la tomate aux différences de composition entre assemblages des différents traitements chimiques et biologiques (l : Lambda-cyhalothrine, t : Spinosad, d: dose , dd : demi-dose).

Groupe trophique	Taxon	dl-dt	dl-ddl	dt-ddt	dl-ddt	ddt-ddl
Prédateur	<i>Adalia bipunctata</i>	1,239	0,2062	0,7621	1,896	1,561
Prédateur	<i>Adalia decimpunctata</i>	1,097	0,2062	0,7446	1,808	1,488
floricole	<i>Andrena sp</i>	0,199	0,1057	0,7576	1,175	0,9625
Parasite	<i>Aphidius sp</i>	0	0	0,05496	0,0782	0,06651
floricole	<i>Apis mellifera</i>	1,241	1,28	1,112	1,663	1,38
Parasite	<i>Bethylidae sp1</i>	0,3508	0,402	0,4214	0,5584	0,5082
Parasite	<i>Bethylidae sp2</i>	0,3993	0,4508	0,4282	0,6043	0,5056
Prédateur	<i>Calosoma sp</i>	0,4878	0,1057	0,2497	0,3879	0,3165
Prédateur	<i>Cataglyphis bicolor</i>	1,336	3,205	1,101	1,928	1,518
Prédateur	<i>Chrysopidae sp1</i>	0,09509	0	0,1393	0,1569	0,1334
Prédateur	<i>Chrysopidae sp2</i>	0,1039	0	0,1413	0,1579	0,1341
Prédateur	<i>Coccinella septempunctata</i>	1,53	1,255	0,9696	2,267	1,788
Prédateur	<i>Empis sp</i>	0,668	0,1057	1,413	2,575	2,071
Prédateur	<i>Gnaphosidae sp1</i>	2,41	3,57	0,4185	1,921	0,637
Prédateur	<i>Gnaphosidaesp2</i>	3,348	3,626	0,4194	2,414	1,501
Prédateur	<i>Gnaphosidae sp2</i>	2,444	1,322	0,1883	1,704	0,8929
floricole	<i>Halictidae sp</i>	0,3892	1,127	0,9898	1,526	1,172
Phytophage	<i>Jassidae sp</i>	4,937	1,486	0,8385	4,125	3,196
floricole	<i>Lasioglossum sp</i>	0,1988	1,213	0,7257	1,093	0,7289
Prédateur	<i>Lepthyphantes sp1</i>	3,697	2,689	0,7429	2,372	1,374
Prédateur	<i>Lepthyphantes sp2</i>	2,037	2,158	0,1046	1,439	0,7154
Prédateur	<i>Lycosidae sp1</i>	3,135	2,862	0,1046	2,228	1,098
Prédateur	<i>Lycosidae sp2</i>	3,326	1,869	0,535	2,326	1,546
Prédateur	<i>Lycosidae sp3</i>	3,1	2,364	0,4403	2,142	1,272
Prédateur	<i>Macrolophus sp</i>	0	0	0	0	0
Phytophage	<i>Macrosiphum sp</i>	7,122	1,255	0,7301	6,153	4,978
Phytophage	<i>Myzus sp</i>	5,009	1,025	1,02	4,805	3,757
Parasite	<i>Oxytelus sp</i>	1,656	1,087	0,4741	1,532	1,264
Phytophage	<i>Rhopalosiphum sp</i>	4,633	1,357	0,8942	4,63	3,547
Prédateur	<i>Salticidae</i>	3,689	2,61	0,1883	2,636	1,436
Prédateur	<i>Scymnus sp</i>	0,3269	0	0,2951	0,4005	0,3394
Prédateur	<i>Synthomus sp</i>	2,244	0,1057	0,5847	1,603	1,275
Parasite	<i>Tachinidae sp1</i>	0,9104	0,6475	0,4238	0,321	0,2652
Parasite	<i>Tachinidae sp2</i>	0,1349	0,2115	0,5147	0,7667	0,6506
Parasite	<i>Tachinidae sp3</i>	0,2699	0,8969	0,6744	1,01	0,8514
Phytophage	<i>Tetranychus sp</i>	3,085	6,846	0,4509	2,112	0,6681
Prédateur	<i>Thomisidae sp1</i>	2,692	3,962	0,3357	1,911	0,8033
Prédateur	<i>Thomisidae sp2</i>	2,15	3,404	0,115	1,606	0,5362
Phytophage	<i>Thripidae sp</i>	1,162	4,097	3,007	4,116	2,219
Phytophage	<i>Trialeurodes sp</i>	4,785	7,877	1,577	4,106	1,853
Phytophage	<i>Tuta absoluta</i>	1,885	2,828	2,439	2,896	2,482
floricole	<i>Vespula vulgaris</i>	0,9348	1,142	0,5607	0,7992	0,7133

Nous avons représenté dans la figure 5.18 de a à e, selon un ordre décroissant les évolutions des pourcentages de contribution des taxons de l'entomofaune associée à la tomate aux différences de composition sous l'effet des traitements et des doses d'application pour une même durée d'exposition (16 jours).

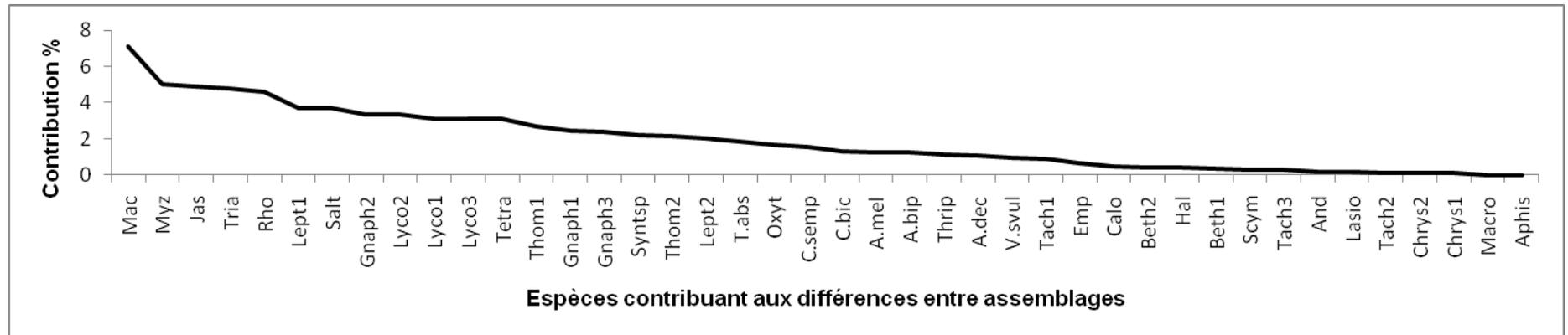
Les espèces qui montrent une différence de contribution élevée entre l'assemblage de la dose de Lambda-cyhalothrine et la dose de Spinosad, sont les Homoptères (7,18% à 4,63%) suivi par les arachnides le *Tetranychus sp* (3,69% à 2,03%), ces espèces montrant une sensibilité à la dose de Lambda-cyhalothrine et une résistance au Spinosad. suivi par et *Tuta absoluta*(1,88%) et le *Thripidae sp* (1,16%)qui à montre une sensibilité à la dose de Spinosad par rapport à la dose de Lambda-cyhalothrine.les *Coccinellidae* et *Cataglyphis bicolor*, *Oxytelus sp* présentent une différence de contribution varié entre (1,65% à 1,69%), ces espèces montrant une résistance plus élevée au Spinosad que au Lambda-cyhalotrine en dose homologué. les autres espèces présentant une différence très faible, sont surtout les parasite les floricole et les *Chrysopidae* qui sont sensible au deux traitement en dose homologué. (figure 5.18a.)

la figure 5.18b montre que les *Aphidae*, *Jassidae sp*, *Thripidae sp*, *Trialeurodes sp*, *Tuta absoluta* qui présentent une différence de contribution élevée entre l'assemblage de la dose de Lambda-cyhalothrine et la demi-dose de Spinosad (6,15% à 2,89%), suivis par *Aranea*, *Coccinellidae* le *Tetranychus sp* *Empis sp*, *Cataglyphis bicolor* et *Apis mellifera* (2,89% à 1,60%). ces espèces à une sensibilité élevée à la dose de Lambda-cyhalotrine, par contre la demi-dose de Spinosad n'a pas un effet sur ces espèces. Les espèces qui présentent une différence contributions plus faibles sont : les *Vispa vulgarise*, les *Tachinidae* les *Bethylidae* le *Scymnus sp* le *Calosoma* les *Chrysopidae*, *Aphidius sp* et *Macrolophus sp*. Ces espèces présentent une sensibilité à la dose de Lambda-cyhalothrine et à la demi-dose de Spinosad.

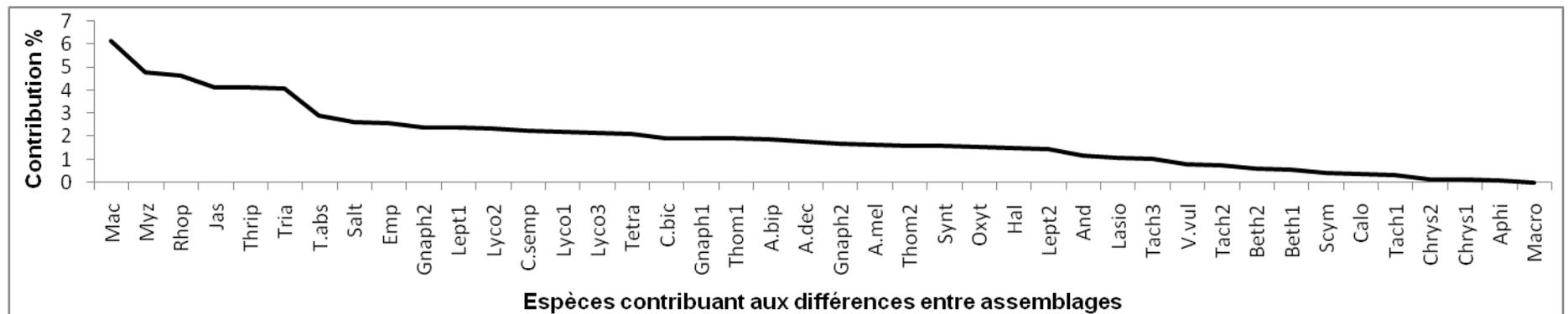
Les espèces qui montrent une différence de contribution élevée entre l'assemblage de la dose et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine sont les *Thripidae sp*, *Tetranychus sp* et *Trialeurodes sp* suivi par les *Aranea* et *Tuta absoluta* (7,87% à 1,82), ces espèces montrent une sensibilité élevée à la dose mais pas à la demi-dose. Ensuite *Jassidae* et *Rhopalosiphum sp*, les floricoles, *Myzus sp*, et *Oxytelus sp* (1,48% à 1,05%), ces espèces montrant une sensibilité beaucoup plus à la dose que à la demi-dose. Les plus faibles différences est enregistré chez les parasites, les *Coccinellidae*, *Calosoma*, *Empis sp* et *Synthomus sp*. *Andrena sp*, *Scymnus sp*, *Chrysopidae*, *Macrolophus sp* et *Aphidius sp*. Ces espèces sont sensibles à la dose et à la demi-dose de Lambda-cyhalothrine (figure 5.18c).

Les espèces qui montrent une différence de contribution élevée entre l'assemblage de la demi-dose Lambda-cyhalothrine et demi-dose de Spinosad sont les *Aphidae*, *Thripidae sp*, *Trialeurodes sp*, *Tuta absoluta* et *Jassidae sp* suivi par les *Coccinellidae* et le *Cataglyphis bicolor* (4,97% à 1,48%), suivi par, *Apis mellifera*, *Halictidae sp* *Oxytelus sp* et *Andrena sp* (1,43% à 0,96%), ces espèces montrant une sensibilité à la demi-dose de Lambda-cyhalothrine et une résistance au Spinosad. Les espèces qui présente une faible différence de contribution sont *Vespa vulgaris*, *Lasioglossum sp*, les *Aranea*, *Calosoma sp*, le *Scymnus sp* les *Chrysopidae*, *Macrolophus sp*, les *Tachinidae*, les *Bethylidae*, *Aphidius sp* le *Tetranychus sp* et le *Macrolophus sp*. Les *Aranea*, le *Calosoma sp*, le *Scymnus sp* et le *Tetranychus sp* montrant une résistance au deux produit par contre les autres espèces sont sensible aux deux produits en demi-dose (figure 5.18e).

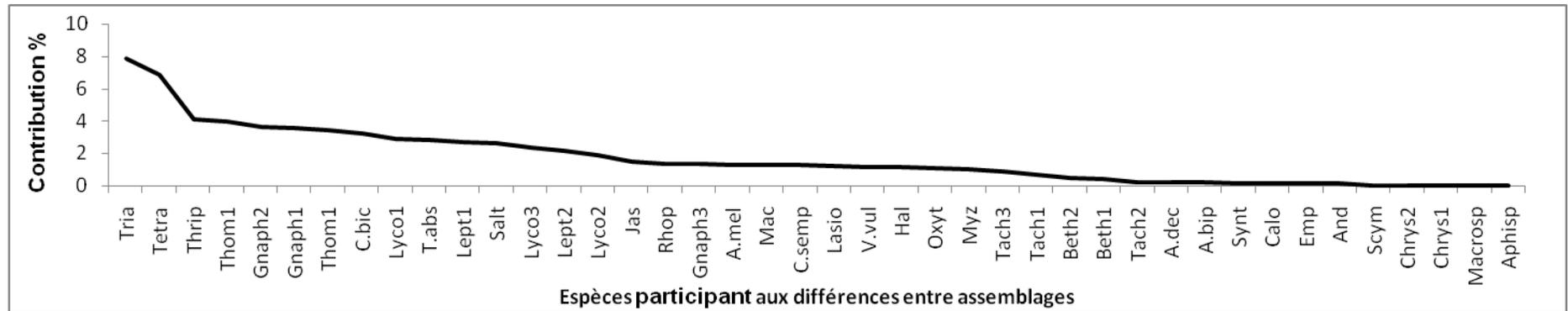
Les espèces qui montrent une différence de contribution élevée entre l'assemblage de la dose et demi-dose de Spinosad sont *Thripidae sp*, *Tuta absoluta*, *Trialeurodes sp* (3% à 1,10%), ces espèces montrant une sensibilité à la dose de Spinosad. les autres espèces à une différence de contribution faibles, les *Aphidae*, le *Jassidae sp*, les *Aranea*, *Calosoma sp*, le *Scymnus sp*, *Coccinellidae* et le *Cataglyphis bicolor* et le *Tetranychus sp* montrant une résistance au Spinosad en dose et demi-dose par contre les autres espèces sont sensibles au Spinosad à différente dose (figure 5.18d).



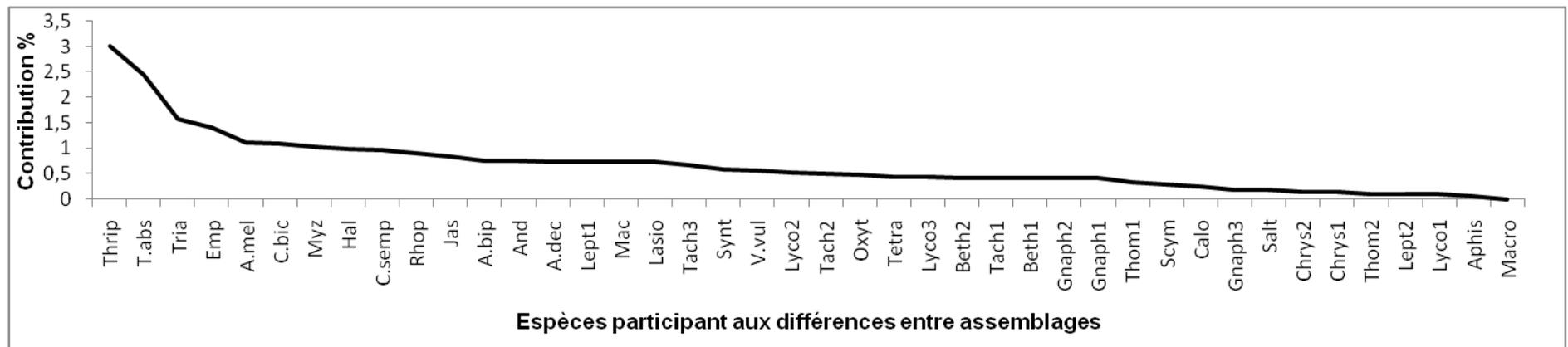
a- Assemblages entomofauniques temporels sous l'effet des traitements dose lambda-cyhalothrine-dose spinosad (dl dt).



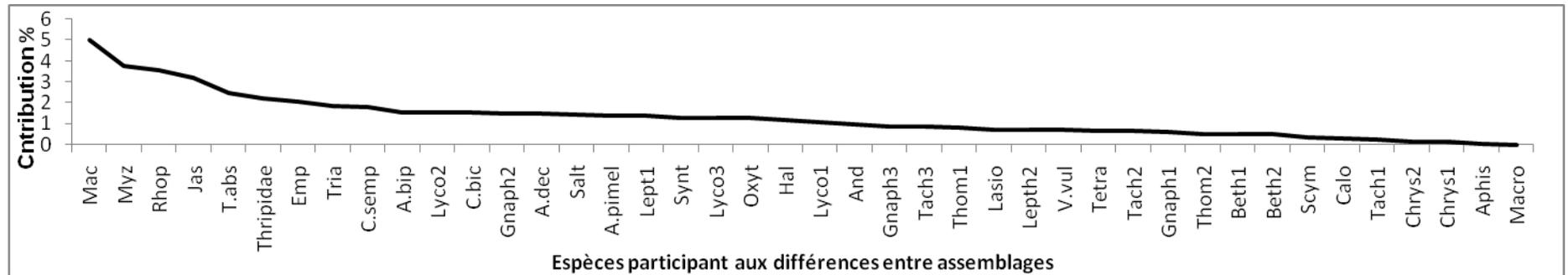
b- Assemblages temporels des traitements dose homologué Lambda-cyhalothrine - demi-dose Spinosad(dl ddt).



c- Assemblages des traitements dose Lambda-cyhalothrine - demi-dose Lambda-cyhalothrine (dl ddl).



d- Assemblages temporels des traitements dose Spinosad - demi-dose Spinosad (dt ddt).



e- Assemblages temporels des traitements demi-dose de Lambda-cyhalothrine – demi-dose de Spiionsad (ddl ddt).

Figure 5.18. Contributions de l'entomocénose associée à la tomate aux différences de composition entre assemblages des différents traitements chimiques et biologiques.

5.3.3. Évaluation des deux matières actives sur les groupes trophiques de l'oranger

Dans le verger d'oranger, la communauté entomofaunique récoltée durant les 16 jours d'observation après traitement est constituée de 48 espèces regroupées en quatre groupes trophiques : les phytophages avec 13 espèces d'insectes, les parasites avec 11 espèces, les prédateurs avec 13 espèces, et le groupe des polyphages incluant 11 espèces. Les figures 5.19 de a à d, indiquent les évolutions temporelles des populations des différents groupes sous l'effet des matières actives appliquées à différentes doses pendant les 16 jours d'observation pris 2 à 2 (de T2 à T16).

La fluctuation temporelle des populations des ravageurs sous l'effet de la dose homologuée de Lambda-cyhalothrine, montre une faible augmentation les 12 premiers jours où on observe un écart important par rapport au témoin (23,30 % en 12 jours), au delà de cette période, une augmentation plus importante avec un nombre d'effectifs qui reste faible le comparant au témoin (51,51% en 16 jours). Les *Aphidae* sont les plus influencés par ces matières actives et cette dose. Un effet faible sur les *Coccidae*, les *Aleurodidae* et *Tetranychus sp.*

Avec une demi-dose de Lambda-cyhalothrine, nous remarquons une augmentation progressive de l'effectif passant de 19,23% par rapport au témoin les deux premiers jours à 71,86% par rapport au témoin les deux derniers jours. Les espèces les plus influencées sont les mêmes qu'en dose complète.

Ce groupe trophique montre deux périodes en présence du Spinosad appliquée à la dose homologuée, une période de déclin qui dure 8 jours suivie par une période d'augmentation. Comparant avec le témoin le nombre d'effectif représente 52,40% les deux premiers jours, 40,45% le 8^{ème} jour et 70% les derniers jours. *Phyllocnistis citrella* et *Ceratitis capitata* sont les plus influencés suivis par les *Aleurodes*.

Sous la présence d'une demi-dose de Spinosad les phytophages montrent une période de déclin de 8 jours dont l'effectif diminue de 80,76% par rapport au témoin les deux premiers jours à 72,27% le 8^{ème} jours, suivi par une période

d'augmentation où nous avons enregistré un effectif de 90 % par rapport au témoin, elle représente l'effectif le plus élevé par rapport au autre unité traitées.

Le groupe de parasites sous la présence d'une dose homologuée de lambda-cyhalothrine est absent pendant les 12 premiers jours, il se réinstalle avec un nombre d'effectif très faible par rapport au témoin (13,79%). Sous l'effet d'une demi-dose de même matière active ce groupe marque une absence les 10 premiers jours, il reprend les 6 derniers jours avec un nombre d'effectif faible 25,86% par rapport au témoin les deux derniers jours. Les *Trichogramatidae* et les *Ichneumonidae*, les *Tachinidae* et les *Chalcidae*.

La fluctuation temporelle de la population de parasites sous la présence d'une dose homologuée de Spinosad montre deux périodes, une période d'absence de 12 jours, suivi par une période d'augmentation qui passe de 22,44% jusqu'au 31,03% par rapport au témoin le 16^{ème} jour. Les espèces les plus sensibles sont les *Trichogramatidae*, les *Chalcidae sp1* et *Braconidae sp3* qui n'ont pas repris, suivies par les *Bethylidae*, *Braconidae sp1* et *sp2*, *Chalcidae sp2* dont la reprise est très faible.

La population de parasite qui subit une demi-dose de Spinosad, montre une stabilité dans les 4 premiers jours suivi par une augmentation dans les 12 derniers jours où l'effectif passe de 5% jusqu'au 75,86% par rapport au témoin dans les deux derniers jours.

Le groupe prédateur est très sensible au Lambda-cyhalothrine en dose homologuée, la population présente un très faible effectif les 12 premiers jours qui varie entre 1% et 8,5% par rapport au témoin, une augmentation les quatre derniers jours atteint 34,39%. Les espèces qui présentent une sensibilité très élevée, sont les coccinelles et les Chrysopes. En demi-dose de cette matière active, la population de prédateurs fluctue en deux périodes, un déclin passant de 23,94% le deuxième jour à 5,55% par rapport au témoin le 8^{ème} jour, et une augmentation de nombre d'effectifs qui atteint (50%) par rapport au témoin. Les araignées sont les plus abondantes dans cette unité.

Sous la présence d'une dose homologuée de Spinosad, ce groupe montre un léger déclin les 10 premiers jours suivis par une augmentation les derniers jours. La comparant au témoin, cette population passe de 40,84% les deux premiers jours à 60% les deux derniers jours. Les espèces les plus sensibles sont les *Chrysopidae*. Sous la présence de la demi-dose de Spinosad, le groupe prédateur montre une variation faible vis-à-vis du témoin, une augmentation de l'effectif passe de 50% par rapport au témoin les deux premiers jours à 75,71% par rapport au témoin les quatre derniers jours.

Le cinquième groupe trophique qui comporte les polyphages, les caprophages, les hématophages est les autres régimes alimentaire, sous l'effet du stress chimique ce groupe montre : Sous la présence de la dose homologuée de Lambda-cyhalothrine; une augmentation progressive qui passe de 1,38% par rapport au témoin les deux premiers jours à 35,22% les deux derniers jours, les espèces les plus sensibles sont *Macrothorax sp* et les *Formidae*, Sous la présence de la demi-dose de Lambda-cyhalothrine, une augmentation progressive qui passe de 3,7% par rapport au témoin les deux premiers jours à 71,25% les deux derniers jours. L'espèce la plus sensible est le *Macrothorax sp*. Sous la présence de la dose homologuée de Spinosad, une augmentation progressive qui passe de 13,88% par rapport au témoin les deux premiers jours à 86,23% les deux derniers jours. Sous la présence de demi-dose de Spinosad, une augmentation progressive qui passe de 28,70% par rapport au témoin dans les deux premiers jours à 88,66% dans les deux derniers jours.

D'une manière générale, les effectifs du groupe ravageurs, parasites, prédateurs et autres est plus important en présence de la demi-dose de Spinosad, suivie par la dose de Spinosad, ensuite la demi-dose de Lambda-cyhalothrine et enfin dose de Lambda-cyhalothrin.

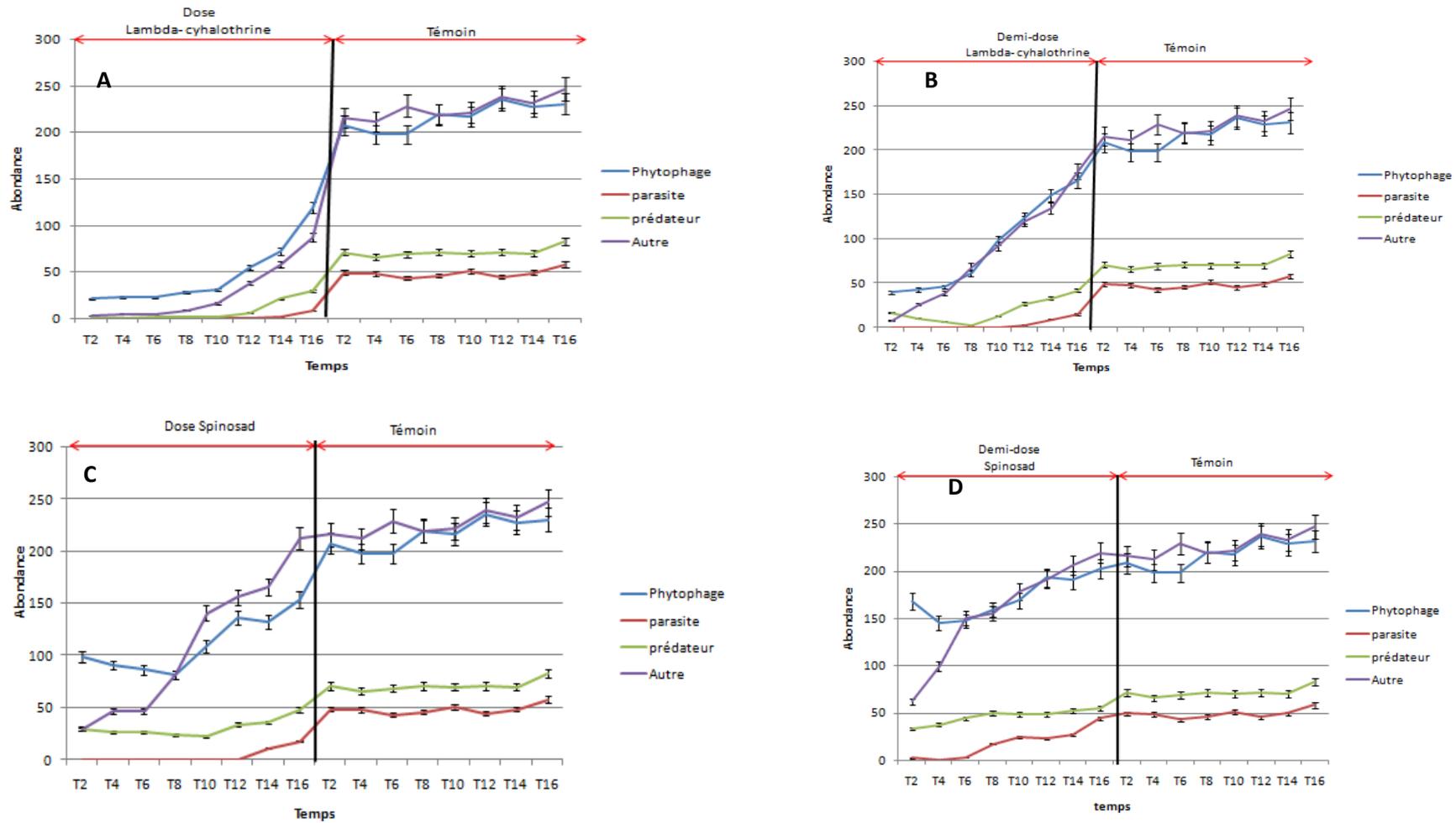


Figure 5.19: Comparaison des abondances des différents groupes trophiques résiduelles d'agrumes sous l'effet des matières actives et des doses.

Dans le tableau 5.14, nous présentons les résultats relatifs aux analyses de la variance de la comparaison des abondances des différents groupes trophiques associés à l'oranger sous l'effet de la matière active et de la dose.

Tableau 5.14: Analyse de la variance des abondances des différents groupes trophiques résiduelles d'agrume selon le traitement et la dose.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Catégorie trophique	231630.211	3	77210.070	70.631	0.000***
Traitement	68218.945	1	68218.945	62.406	0.000***
Dose	31343.820	1	31343.820	28.673	0.000***
Catégorie trophique x Traitement	29022.461	3	9674.154	8.850	0.000***
Catégorie trophique x Dose	13745.836	3	4581.945	4.192	0.000***
Traitement x Dose	261.633	1	261.633	0.239	0.626
Catégorie trophique x Traitement x Dose	694.023	3	231.341	0.212	0.042*
Erreur	122431.875	112	1093.142	-	-

* : Probabilité significative à 5% ; *** : Probabilité très hautement significative à 1 %.

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative de l'abondance des espèces entomologiques par rapport au groupe trophique ($p=0,000 < 1\%$), par rapport au temps ($p=0,000 < 1\%$), par rapport à la matière active ($p=0,000 < 1\%$) et par rapport à la dose ($p=0,000 < 1\%$).

Ces résultats montrent un effet important de la dose par rapport à la demi-dose (Figure 5.20D), et de Lambda-cyhalothrine par rapport au Spinosad (Figure 5.20C). Une abondance élevée du groupe phytophage suivi par le groupe autres, ensuite le groupe prédateur et enfin le groupe parasite (Figure 5.20A).

L'interaction entre les catégories trophiques et les matières actives montre une différence hautement significative ($p=0,000 < 1\%$) ; le Lambda-cyhalothrine influe plus sur les groupes phytophages et autres, suivi par le groupe de prédateurs, le groupe parasite montre une sensibilité élevée pour les deux matières actives. (Figure 5.20E).

L'interaction entre les catégories trophiques et la dose des matières actives montre une différence hautement significative ($p=0,000 < 1\%$), les différents groupes se manifestent différemment à la dose, la dose est influencée beaucoup plus sur le groupe autres et les phytophages suivis par le groupe prédateur. Le groupe de parasite montre une variation faible (Figure 5.20F).

L'interaction traitement dose, montre une différence significative ($p=0.626 > 1\%$), le Lambda-cyhalothrine est plus toxique en dose et en demi-dose que le Spinosad (Figure 5.20J).

L'interaction entre matière active, dose et catégorie trophique montre une différence significative ($p=0.042 < 1\%$), les groupes trophiques montrent une sensibilité élevée pour la dose Lambda-cyhalothrine, suivie par la demi-dose de Lambda-cyhalothrine, ensuite la dose de Spinosad et enfin la demi-dose de Spinosad (Figure 5.20H).

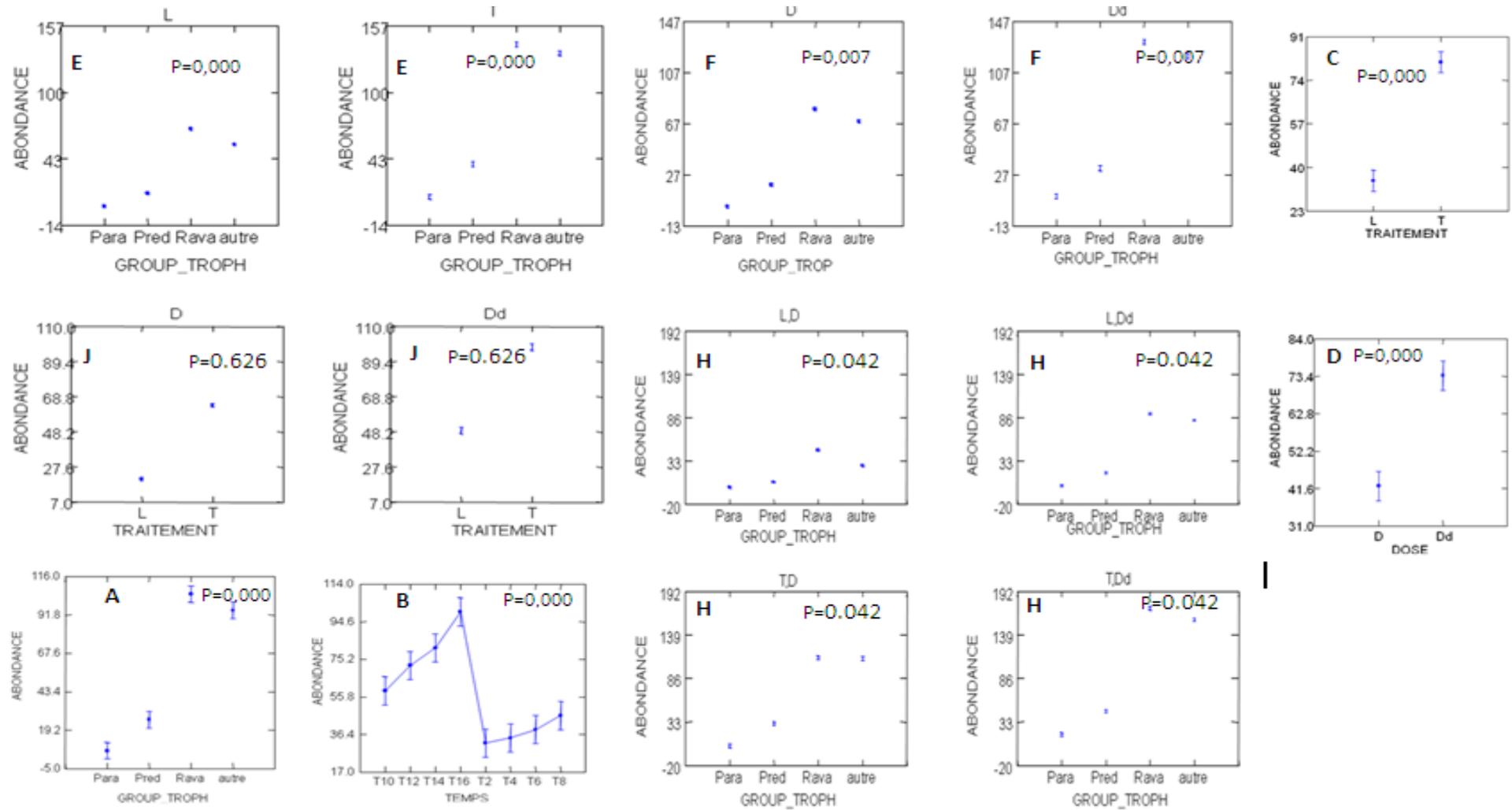


Figure 5.20: L'effet de la matière active, de la dose, et du temps d'exposition sur l'abondance des populations des groupes trophiques dans les unités de l'orange.

5.3.4. Différences de composition comparée des abondances de l'entomofaune associée à l'oranger exposée aux doses et traitements testés

L'analyse de similarité à un seul facteur montre dans presque la totalité des cas des différences très hautement significatives entre deux catégories de traitements différents accompagnés des doses et des demi doses ($p < 0,0001$) et entre chaque groupe de traitement et les témoins (tableau 5.15). Ces différences peuvent être dues à quelques variations dans l'abondance relative des différents taxons ou dans la composition spécifique des communautés.

Tableau 5.15 : L'analyse de similarité de l'effet des traitements phytosanitaires et des doses d'applications sur l'abondance des différents taxons associées à l'oranger. dl : dose Lambda-cyhalothrine, ddl : demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt : dose Spinosad, ddt : demi-dose Spinosad, tem : témoin

	DL	DDL	DT	DDT	Tem
DL	-----	0,0396*	0,0003***	0,0002***	0,0002***
DDL	0,0396*	-----	0,0001***	0,0003***	0,0001***
DT	0,0003***	0,0001***	-----	0,0012***	0,0002***
DDT	0,0002***	0,0003***	0,0012***	-----	0,0002***
Tem	0,0002***	0,0001***	0,0002***	0,0002***	-----

L'analyse de similarité two way ANOSIM réalisée entre deux groupes de traitements l'un chimique et l'autre biologique, montre une différence hautement significative entre les matières actives (facteur traitement, $R=0,75$, $p < 0,0001$), et entre les doses (facteur dose, $R=0,50$, $p < 0,0001$). Les deux traitements ont un degré de toxicité différent selon chaque dose d'application sur l'entomofaune globalement durant les deux semaines d'exposition. Les taxons réagissent différemment quand ils sont exposés durant 16 jours à la dose et à la demi-dose de la Lambda-cyhalothrine et au Spinosad respectivement.

La contribution de chaque taxon aux différences de composition des groupes de chaque type de traitement respectif a été calculée à l'aide du programme SIMPER (SIMilarity PERcentage) selon la suite des programmes réalisés dans le logiciel (Past, 2001).

Tableau 5.16 : Contributions de l'entomocénose associée à l'oranger aux différences de composition entre assemblages des différents traitements chimiques et biologiques (l : Lambda-cyhalothrine, t : Spinosad, d: dose , dd : demi-dose).

Groupe trophique	Taxons	dl-ddl	dl-dt	dl-ddt	ddt-ddl	dt-ddt
Prédateur	<i>Adalia bipunctata</i>	0,1606	0,6861	1,044	0,7884	0,4123
Phytophage	<i>Aphis citricola</i>	3,479	12,71	9,44	6,43	1,401
Prédateur	<i>Adonia sp</i>	0,04889	0,04078	0,1335	0,1053	0,09261
Phytophage	<i>Aleurothrocsus floccosus</i>	6,918	4,205	7,75	4,539	4,571
Phytophage	<i>Aphis gossypii</i>	3,187	8,576	7,271	5,106	2,041
Phytophage	<i>Aphis sp</i>	1,334	4,962	4,724	3,65	0,8981
Parasite	<i>Bethylidae</i>	0,04596	0,2879	0,6078	0,5046	0,4559
Parasite	<i>Braconidae sp1</i>	0,04596	0,1439	0,5273	0,4362	0,365
Parasite	<i>Braconidae sp2</i>	0,1901	0,09866	0,2032	0,2178	0,1423
Parasite	<i>Braconidae sp3</i>	0,2588	0	0,3143	0,2846	0,2377
Prédateur	<i>Cataglyphis bicolor</i>	2,173	2,102	3,478	2,711	2,082
Prédateur	<i>Chilocorus bipestulatus</i>	0,2389	0,5169	1	0,7656	0,494
Phytophage	<i>Ceratitis capitata</i>	0,9564	0,8059	0,7743	0,638	0,7974
Parasite	<i>Chalcidae sp1</i>	0,3579	0,08156	1,149	0,9398	0,8779
Parasite	<i>Chalcidae sp2</i>	0,3988	0,4748	0,4388	0,3322	0,3693
Prédateur	<i>Chrysopidae sp1</i>	0,1442	0,04529	0,2674	0,2234	0,1817
Prédateur	<i>Chrysopidae sp2</i>	0,357	0,04529	0,07482	0,2284	0,07236
Prédateur	<i>Coccinella septempunctata</i>	0,2291	0,4506	1,01	0,8779	0,5588
Phytophage	<i>Dialeurodes citri</i>	7,196	5,479	9,634	5,655	4,801
Prédateur	<i>Gnaphosidae</i>	0,08112	2,315	1,662	1,427	0,3693
Parasite	<i>Ichneumonidae sp2</i>	0	0,04529	0,3848	0,3299	0,2877
Parasite	<i>Ichneumonidae sp1</i>	0,04889	0,2742	0,8321	0,7269	0,5917
Phytophage	<i>Icerya purchasi</i>	0,6084	0,5014	0,3334	0,2431	0,229
Phytophage	<i>Lepidosaphes beckii</i>	0,8457	0,7872	0,421	0,2964	0,2094
Prédateur	<i>Lepthyphantes sp</i>	1,614	1,599	1,297	0,5668	0,354
Prédateur	<i>Lycosidae sp1</i>	0,7049	0,8336	0,8733	0,5891	0,2741
Prédateur	<i>Lycosidae sp2</i>	1,73	1,586	1,105	0,4642	0,1829
Phytophage	<i>Planococcus citri</i>	0,9042	0,7866	0,4228	0,2431	0,229
Phytophage	<i>Phyllocnistis citrella</i>	5,555	3,022	1,758	2,691	1,148
Phytophage	<i>Parlatoria zizyphi</i>	0,8005	0,5288	0,3634	0,2765	0,212
Prédateur	<i>Salticidae</i>	1,832	1,892	1,511	0,5813	0,3117
Parasite	<i>Tachinidae sp1</i>	0,0982	0,04529	0,1933	0,17	0,1489
Parasite	<i>Tachinidae sp1</i>	0,228	0,2127	0,7999	0,6658	0,5855
Phytophage	<i>Toxoptera aurantii</i>	4,018	6,049	5,567	3,304	1,037
Phytophage	<i>Tetranychus sp</i>	1,431	1,404	0,7418	0,3485	0,337
Prédateur	<i>Thomisidae sp</i>	1,673	1,616	0,9573	0,5405	0,2382
Parasite	<i>Trichogrammatidae</i>	0	0	0,1545	0,1325	0,1175

En synthétisant les données des analyses SIMPER effectuées dans le logiciel Past. entre les assemblages, on constate que les plus faibles pourcentages de contribution sont rapportées dans les assemblages ayant été exposés à la dose et demi dose du Spinosad. La majorité des espèces montrant des différences des contributions faible entre les différentes assemblages de traitement et de dose à l'exception des espèces ravageurs qui montrant les différences les plus élevée (Tableau 5.16). Nous avons représenté dans la figure 5.21 de a à e, selon un ordre décroissant les évolutions des pourcentages de contribution des taxons de l'entomofaune associée à la tomate aux différences de composition sous l'effet des traitements et des doses d'application pour une même durée d'exposition (16 jours).

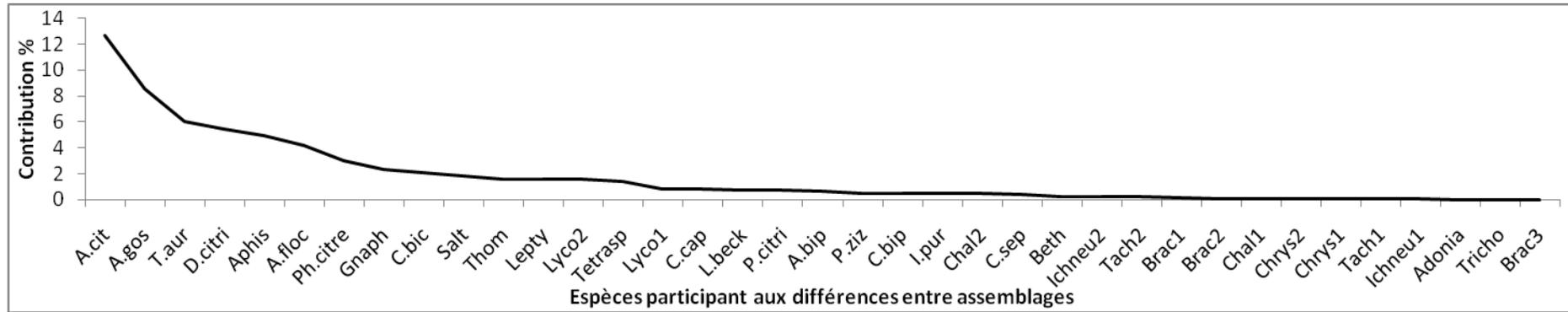
Les espèces qui montrent une différence de contribution élevé entre l'assemblage de la dose de Lambda-cyhalothrine et la dose de Spinosad, sont les *Aphidae* les *Aleurodidae* et *Phyllocnistis citrella* (12,71% à 3,02%), suivi par les *Aranea*, *Cataglyphis bicolor*, et le *Tetranychus sp* (2,31% à 0,83%). le Lambda-cyhalothrine montre un effet important sur ces espèces, alors que les Spinosad a un effet très faible. Ensuite *Ceratitis capitata* (0,80%) qui montre une sensibilité élevé au Spinosad par rapport au Lambda-cyhalothrine, et les *Coccidae* (0,78% à 0,22%) montrant une résistance au deux traitements. Les plus faibles différences de contribution sont enregistrées chez les parasites et les *Chrysopidae* (figure 5.21 a), qui sont influencés par les deux traitements.

Les espèces qui montrent une différence de contribution élevé entre l'assemblage de la dose et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine sont, les *Aleurodidae*, *Phyllocnistis citrella*, et les *Aphidae* (7,19% à 3,18%), suivi par *Cataglyphis bicolor* (2,17%), les *Aranea* et le *Tetranychus sp* (figure 5.21 b), ces espèces montrent une sensibilité à la dose par rapport à la demi-dose de Lambda-cyhalothrine. Les faibles différences de contribution observé chez les, *Ceratitis capitata*, les *Coccidae*, les parasites et les *Coccinellidae*. Les *Coccidae* montrant une résistance à Lambda-cyhalothrine en dose et demi-dose, contrairement aux autre espèces (les parasites, la *Ceratitis capitata* et les *Coccinellidae*) qui montrant une sensibilité à Lambda-cyhalothrine quelque soit la dose.

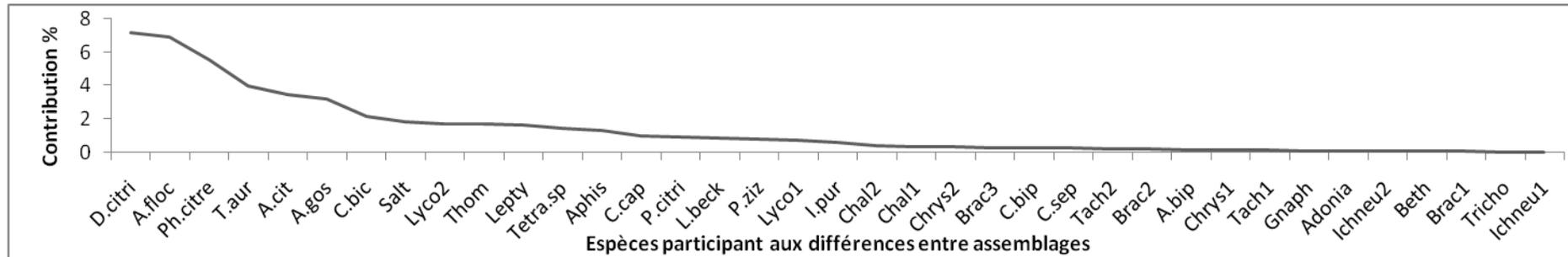
Les espèces qui montrent une différence de contribution élevée entre l'assemblage de la dose de Lambda-cyhalothrine et la demi-dose de Spinosad sont les *Aphidae*, les *Aleurodidae* et *Phyllocnistis citrella* (9,63% à 1,69%), suivi par le *Cataglyphis bicolor* les *Coccinellidae* et les *Aranea* (3,47% à 0,87%). Ces espèces montrant une sensibilité élevée de la dose de Lambda-cyhalothrine et une résistance au Spinosad en demi-dose. Les espèces qui montrent une très faible différence de contribution sont : les parasites, les ravageurs (*Ceratitis capitata*, *Tetranychus sp* et les *Coccidae*) et les prédateurs (*Chrysopidae* et *Adonia sp*) (figure 5.21 c). Les parasites, la *Ceratitis capitata* et les *Chrysopidae* montrant une sensibilité à la dose de Lambda-cyhalothrine et à la demi-dose de Spinosad, par contre les *Coccidae* et le *Tetranychus sp* montrent une résistance aux deux produits

Les espèces qui montrent une différence de contribution élevée entre l'assemblage de la dose et la demi-dose de Spinosad sont les ravageurs (les *Aleurodidae*, les *Aphidae*, *Phyllocnistis citrella*, *Ceratitis capitata*) et *Cataglyphis bicolor* (4,80% à 0,97%). Ce sont les espèces qui présente une faible sensibilité à la dose et non pas pour la demi-dose de Spinosad. Les espèces qui présente une faible différence de contribution sont les prédateurs (*Aranea*, *Coccinilidae*), les parasites et les ravageurs (*Tetranychus sp* et les *Coccidae*) (figure 5.21 d), les prédateurs (*Aranea*, *Coccinilidae*) et les ravageurs (*Tetranychus sp* et les *Coccidae*) montrant une résistance en dose et demi-dose par contre les parasites montrant une sensibilité à la dose et à la demi-dose de Spinosad.

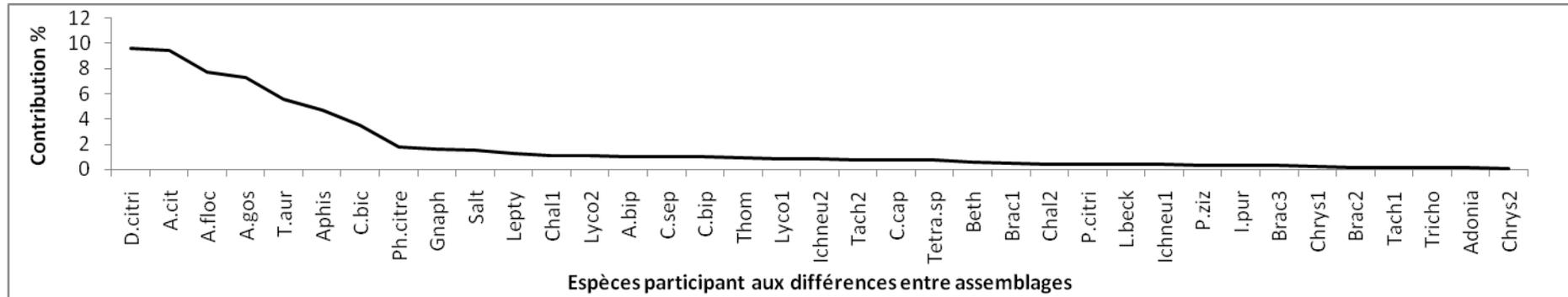
Les espèces qui montrent une différence de contribution élevée entre l'assemblage de la demi-dose de Lambda-cyhalothrine et la demi-dose de Spinosad sont les ravageurs (*Aphidae*, les *Aleurodidae* et *Phyllocnistis citrella*) leur pourcentage de différence de contribution varie entre 6,43% et 2,69%, suivi par les *Coccinellidae* (figure 5.21 e), ces espèces montrant une sensibilité à la demi-dose de Lambda-cyhalothrine contrairement au Spinosad. Les plus faibles différences est observé chez les ravageurs (*Ceratitis capitata*, *Tetranychus sp* et les *Coccidae*), les prédateurs (les *Aranea*, *Chrisopidae* et *Adonia sp*) et les parasites. Le *tetranychus sp*, les *Aranea*, et les *Coccidae* montrent une résistance aux deux produits en demi-dose, par contre les parasites, les *Chrisopidae* et la *Ceratitis capitata*, montrent une sensibilité aux deux produits en demi-dose.



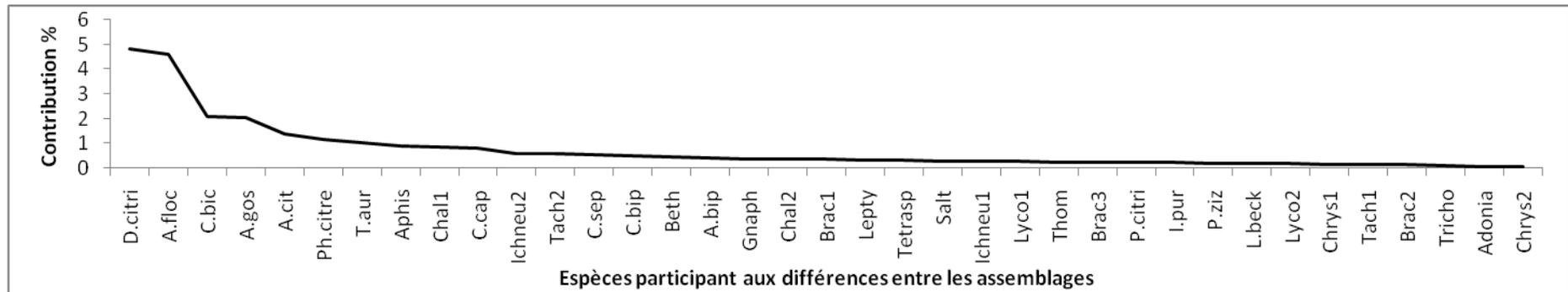
a- Assemblages entomofauniques temporels sous l'effet des traitements dose lambda-cyhalothrine-dose spinosad (dl dt).



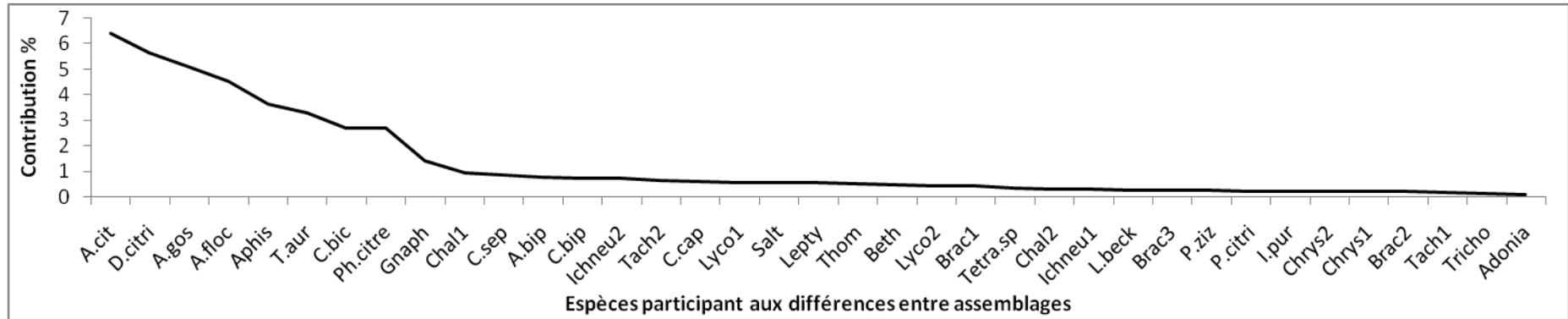
b - Assemblages des traitements dose Lambda-cyhalothrine - demi-dose Lambda-cyhalothrine (dl ddl).



b- Assemblages temporels des traitements dose homologué Lambda-cyhalothrine - demi-dose Spinosad(dl ddt).



d- Assemblages temporels des traitements dose Spinosad - demi-dose Spinosad. (dt ddt)



e- Assemblages temporels des traitements demi-dose de Lambda-cyhalothrine – demi-dose de Spionsad (ddl ddt).

Figure 5.21. Contributions de l'entomocénose associée à l'oranger aux différences de composition entre assemblages des différents traitements chimiques et biologiques

5.4. Distribution temporelle de l'abondance de l'entomocénose associée à la culture de tomate et au verger d'oranger, exposé au traitement chimique et biologique

5.4.1. Distribution temporelle de l'abondance de l'entomocénose sur tomate après traitement

Afin de bien comprendre la distribution de l'abondance temporelle des espèces entomofaune à intérêt agronomique, et la reprise de l'activité biotique en relation avec l'augmentation des effectifs des ces espèces, nous avons subdivisé notre période d'échantillonnage de 16 jours successifs d'observation en deux semaines. Nous avons projeté les coordonnées des différents facteurs étudiés et défini les différents groupes obtenus dans le plan factoriel de l'AFC (Figure 5.22A). L'étude des corrélations a été réalisée sur l'axe 1 et 2, du moment qu'ils présentent une forte contribution à l'identification des nuages avec des valeurs respectives de 42,02% et 24,77%. La classification hiérarchique ascendante (C.H.A.) a été obtenue d'après les calculs des distances euclidiennes sur la base d'une mesure de similarité de 2 (Figure 5.22B). Trois groupes de statuts constitutifs différents sont obtenus:

Groupe 1 : comprend les espèces parasites (*Aphidius sp*, *Tachinidae sp1*, *Tachinidae sp2*, *Tachinidae sp3*, *Bethylidae sp1* et *Bethylidae sp2*), les prédateurs (*Macrolophus sp*, *Calosoma sp*), les floricoles (*Andrena sp*), sont les espèces qui influencé par les deux traitements à différentes doses et avec une reprise faible la 2^{ème} semaine.

Groupe 2 : comprend les témoins des deux semaines, les deux matières actives à différentes doses en 2^{ème} semaine et la demi-dose du Spinosad durant la 1^{er} semaine après traitement, avec les espèces de ravageurs (*Trialeurodes sp*, *Thripidae sp*, *Tuta absoluta*, *Macrosiphum sp*, *Myzus sp*, *Rhopalosiphum sp*, *Jasside sp*), les espèces d'auxiliaires *Cataglyphis bicolor*, *Chrysopidae sp1*, *Chrysopidae sp2*, *Empis sp*, les coccinellidae *Scymnus sp*, *Adalia bipunctata*, *Adalia decimpunctata* et *Coccinella septempunctata*, *Oxytelus sp*, *Synthomus sp*, ainsi que les espèces floricoles *Vespula vulgaris*, *Lasioglossum sp*, *Apis mellifera*,

et un *Halictidae*. Ce groupe d'espèces est caractérisé par une reprise d'activité dans la deuxième semaine avec des abondances globales devenant similaires à celles de l'entomofaune observée dans les témoins.

Groupe 3 : regroupe les populations de l'entomofaune associée à la tomate et exposées aux doses et demi-dose de la Lambda-cyhalothrine et à la dose du Spinosad durant la 1^{ère} semaine après traitement, à savoir les ravageurs (*Tetranychus sp*), les prédateurs Araneidae (*Lycosidae sp3*, *Lepthyphantes sp1*, *Lycosidae sp1*, *Lycosidae sp2*, *Salticidae*, *Thomisidae sp1*, *Thomisidae sp2*, *Lepthyphantes sp2*, *Gnaphosidae sp1* et *Gnaphosidae sp2*). Ces espèces semblent montrer une résistance à deux matières actives selon nos observations.

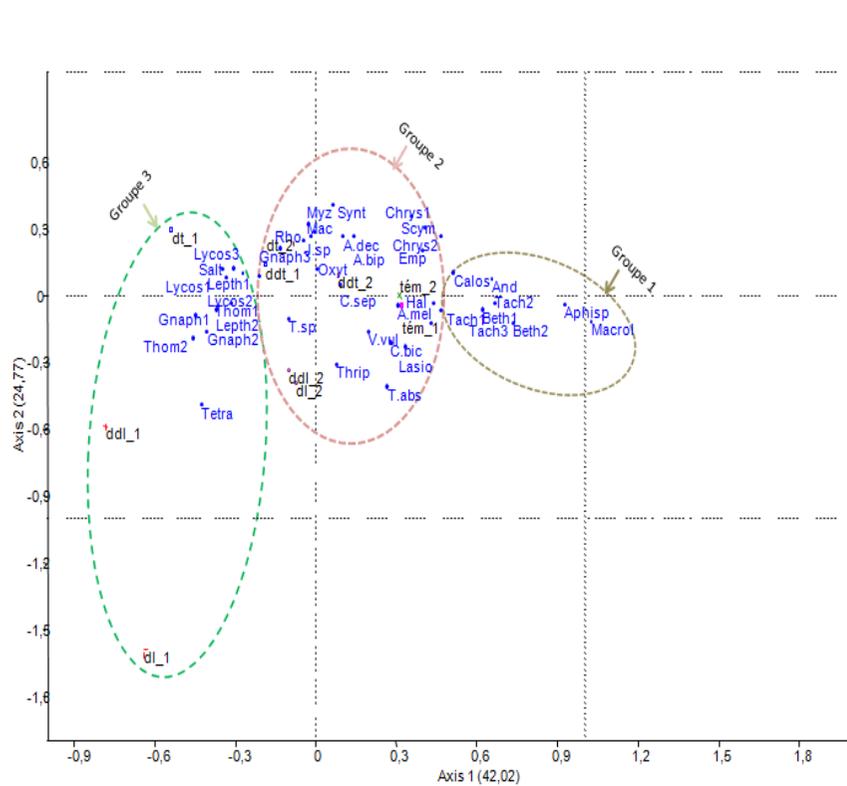


Figure 5.22A : Projection des variables matières actives, les doses le temps et les principales espèces de l'entomofaune de la tomate, sur les axes 1 et 2 de l'AFC.

DL : dose Lambda-cyhalothrine, DDL : demi-dose Lambda-cyhalothrine, DT : dose Spinosad, DDT : demi-dose Spinosad, tém : témoin, 1 : premier semaine, 2 : deuxième semaine

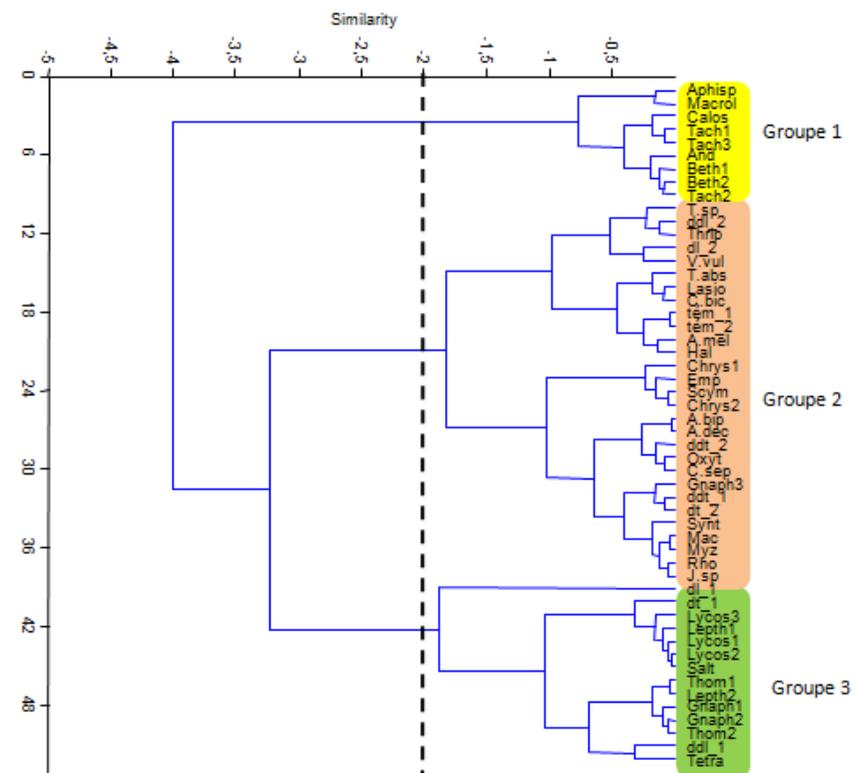


Figure 5.22B: Classification ascendante hiérarchique montrant les groupes structurés à partir des variables, matières active, dose, temps et les espèces de l'entomofaune de la tomate observée après traitement.

5.4.2. Distribution temporelle de l'abondance de l'entomocénose sur l'oranger après traitement

Nous avons réalisé une analyse factorielle de correspondance (AFC) (Figure 5.23A), entre les différents facteurs d'étude (matière active, dose, les semaines) et l'abondance des différents taxons associés au agrume. L'étude des corrélations a été réalisée sur l'axe 1 et 2, du moment qu'ils présentent une forte contribution à l'identification des nuages avec des valeurs respectives de 56,10% et 34,42%. La classification hiérarchique ascendante (C.H.A.) a été obtenue d'après les calculs des distances euclidiennes sur la base des similarités de 2 (Figure 5.23B). Trois groupes de statuts constitutifs différents :

Le groupe 1 comprend la dose de Lambda-cyhalothrine en deux semaine et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine en 2^{ème} semaine avec les *Coccidae* (*Parlatoria zizyphi*, *Icerya purchasi*, *Lepidosaphes beckii*, *Planococcus citri*) *Phyllocnistis citrella*, *Tetranychus* sp. Sont les espèces qui montrent une résistance aux deux produits appliqués à différente dose.

Le groupe 2 regroupe les espèces entomologiques, *Ceratitis capitata*, *Chrysopidae*, les *Braconidae*, les *Chalcidae*, les *Ichneumonidae*, *Trichogrammatidae*, *Bethylidae* *Adonia* sp. Ces espèces montrent une sensibilité au deux traitement à différente dose. Une faible reprise de l'activité biotique dans la deuxième semaine

Le groupe 3 regroupe les populations de l'entomofaune associée à l'oranger qui montre une sensibilité à la dose de Lambda-cyhalothrine, et une résistance au Spinosad, avec une reprise de l'activité biotique important en demi-dose de Lambda-cyhalothrine en 2^{ème} semaine. Ce sont les *Aphidae* (*Aphis citricola*, *Aphis gossypii*, *Toxoptera aurantii*, *Aphis* sp) les *Aleurodidae* les *Aranea*, les *Coccinellidae*, et *Cataglyphis bicolor*. Ces espèces caractérisent par une faible effectifs dans la première semaine, et une reprise important dans la deuxième semaine.

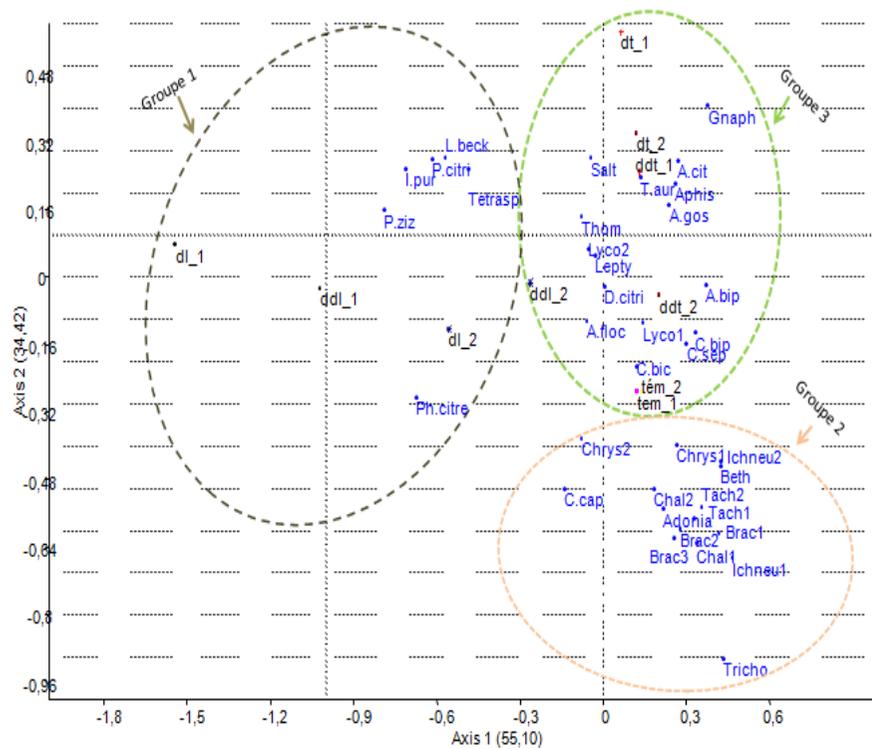


Figure 5.23A: Projection des variables matière active, les doses le temps et les principales espèces de l'entomofaune résiduelle de l'oranger, sur les axes 1 et 2 de l'AFC. DL : dose Lambda-cyhalothrine, DDL : demi-dose Lambda-cyhalothrine, DT : dose Spinosad, DDT : demi-dose Spinosad, tém : témoin, 1 : premier semaine, 2 : deuxième semaine

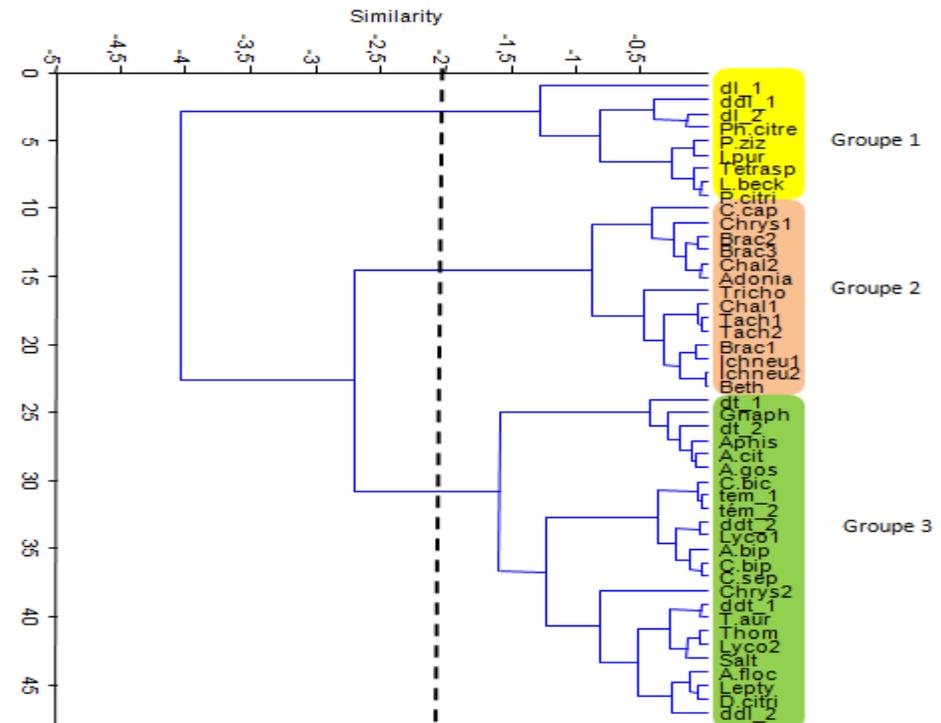


Figure 5.23 B: Classification ascendante hiérarchique montrant les groupes structurés à partir des variables, matière active, dose, temps et les espèces de l'entomofaune résiduelle de l'oranger observée après traitement.

5.5. Étude comparative de l'effet de traitement biologique et chimique sur la structure et la diversité des communautés entomofauniques dans les deux cultures.

Nous avons étudié la structure des peuplements des groupes fonctionnels sous l'effet des traitements phytosanitaires et la dose. Pour chaque unité, l'ajustement des abondances des communautés au modèle de Motomura a été évalué par le calcul du Coefficients de Pearson.

5.5.1. Diagrammes rang-fréquence des communautés d'insectes exposées aux différents traitements sur tomate

Nous avons consigné dans le tableau 5.17. les probabilités (P) du rapprochement des fluctuations des abondances des espèces entomofaune capturé à l'aide de piège jaune au modèle standard de MOTOMURA (Figure 5.24) ainsi que les probabilités (P) des comparaisons de l'abondance des espèces sous l'effet de dose et demi-dose Lambda-cyhalothrine et de Spinosad.

Tableau 5.17: Comparaison des pentes des cinq unités de la tomate à l'ajustement MOTOMURA (1932).

	DL	DDL	DT	DDT	T
Pentes (slopes)	-0,31885	-0,046169	-0,052714	-0,044292	-0,04328
Ajustement MOTOMURA (P)	6,02E-09 ^{HS}	2,20E-63 ^{HS}	7,97E-26 ^{HS}	1,04E-22 ^{HS}	6,03E-23 ^{HS}
DL	-----				
DDL	4,05E-05 ^{HS}	-----			
DT	0,015335 ^S	0,37973	-----		
DDT	4,02E-05 ^{HS}	0,95159	0,93935	-----	
T	2,25E-05 ^{HS}	0,94358	0,92638	0,89104	-----

^S: Probabilité significative à 5% ; ^{HS}: Probabilité très hautement significative à 1 %. DL: dose Lambda-cyhalothrine, DDL : demi-dose Lambda-cyhalothrine, DT : dose Spinosad, DDT : demi-dose Spinosad, T : témoin.

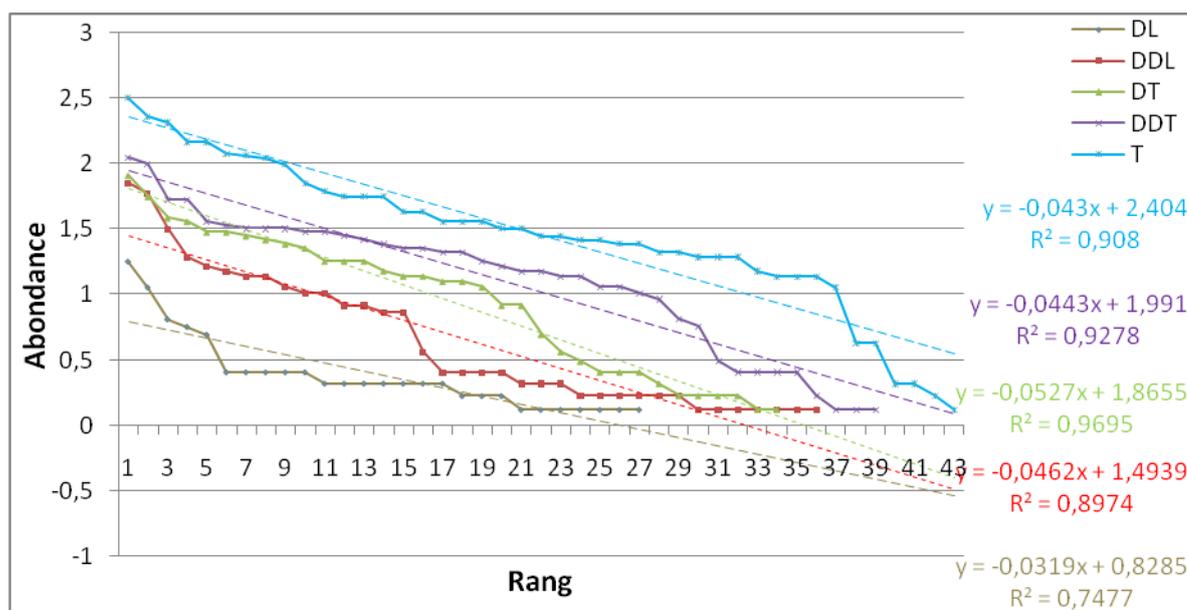


Figure 5.24 : Ajustement des fluctuations des abondances des communautés entomologiques résiduelle de la tomate sous l'effet de matières active et la dose appliqué au model Motomura. DL: dose Lambda-cyhalothrine, DDL : demi-dose Lambda-cyhalothrine, DT : dose Spinosad, DDT : demi-dose Spinosad, T : témoin.

L'ajustement des fluctuations de l'abondance des espèces sous l'effet de matières actives appliquée à différent dose au modèle de MOTOMURA présente une différence hautement significative dans les cinq unités ($P = 6,02 \cdot 10^{-09}$ pour l'unité traité par une dose de Lambda-cyhalothrine, $P = 2,20 \cdot 10^{-63}$ pour l'unité traité par une demi-dose de Lambda-cyhalothrine, $P = 7,97 \cdot 10^{-26}$ pour l'unité traité par une dose de Spinosad, $P = 1,04 \cdot 10^{-22}$ pour l'unité traité par une demi-dose de Spinosad et $P = 6,03 \cdot 10^{-23}$ pour l'unité non traité).

La comparaison des pentes (coefficient R de Pearson) entre les différentes unités a révélé une différence hautement significative entre les unités traitées par dose et demi-dose de Lambda-cyhalothrine ($P = 4,05 \cdot 10^{-05}$), entre les unités traitées par dose Lambda-cyhalothrine et demi-dose de Spinosad ($P = 4,02 \cdot 10^{-05}$) et entre l'unité traité par dose Lambda-cyhalothrine et l'unité non traité ($P = 2,25 \cdot 10^{-05}$). Et une différence significative entre les unités traitées par les doses homologué de Lambda-cyhalothrine et de spinosad ($P = 0,015335$).

Une différence non significative entre les unités traitées par demi-dose Lambda-cyhalothrine et dose de Spinosad ($P = 0,37973$), entre les unités traitées par dose et demi-dose de Spinosad ($P = 0,93935$) et entre et entre l'unité traité par dose Spinosad et l'unité non traité ($P = 0,92638$, entre les unités traités par demi-dose de Lambda-cyhalothrine et Spinosad ($P = 0,95159$), entre demi-dose Lambda-cyhalothrine et l'unité non traité ($P = 0,94358$), et entre demi-dose Spinosad et l'unité non traité ($P = 0,89104$).

Cette analyse montre que la dose de Lambda-cyhalothrine à un effet très important sur la structure de la communauté entomologique, par contre la demi-dose de Lambda-cyhalothrine et le Spinosad n'a montre aucun effet sur la structure de cette dernier.

5.5.2. Diagrammes rang-fréquence des communautés d'insectes exposées aus différents traitements sur l'oranger

Nous avons étudié la structure des peuplements des groupes fonctionnels sous l'effet des traitements phytosanitaires et la dose, pour chaque unité, l'ajustement des abondances des communautés (abondance transformée en Lin.) au modèle de Motomura a été évalué par le calcul du Coefficients de Pearson (Figure 5.25).

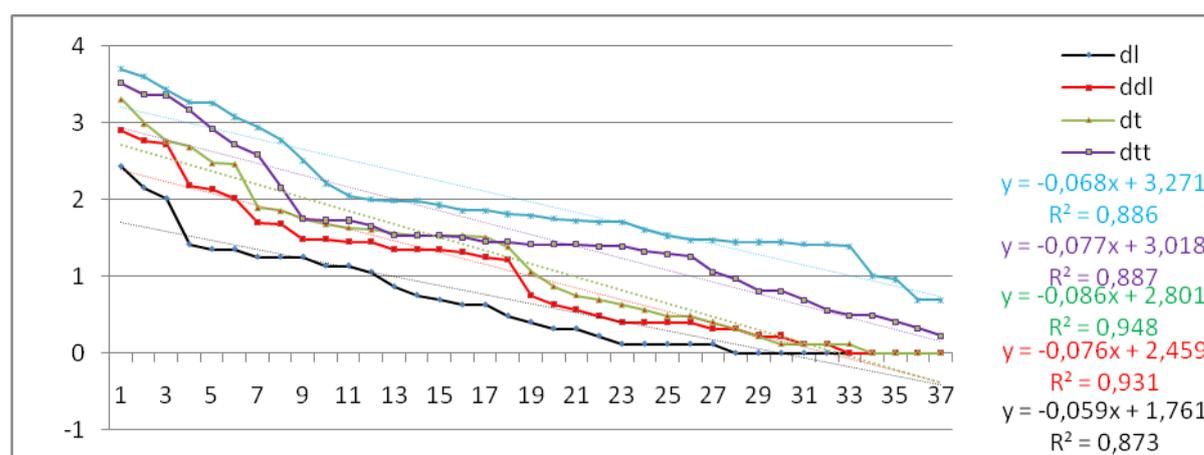


Figure 5.25: Ajustement des fluctuations des abondances des communautés entomologiques résiduelles d'agrumes sous l'effet de la matière active et la dose appliquée au modèle Motomura. dl: dose Lambda-cyhalothrine, ddl: demi-dose Lambda-cyhalothrine, dt: dose Spinosad, dtt: demi-dose Spinosad, t: témoin.

Nous avons consigné dans le tableau 5.18, les probabilités (P) du rapprochement des fluctuations des abondances des espèces entomologiques capturées à l'aide du piège jaune au modèle standard de MOTOMURA (Figure 5.25) ainsi que les probabilités (P) des comparaisons de l'abondance des espèces sous l'effet de la dose et la demi-dose Lambda-cyhalothrine et Spinosad.

Tableau 5.18: Comparaison des pentes des cinq unités d'agrumes à l'ajustement MOTAMURA (1932).

	DL	DDL	DT	DDT	T
Pentes (slopes)	-0,058	-0,0764	-0,0857	-0,0773	-0,0679
Ajustement MOTAMURA (P)	6,17E-14 ^{HS}	1,05E-20 ^{HS}	2,42E-20 ^{HS}	9,78E-19 ^{HS}	9,63E-18 ^{HS}
DL	-----				
DDL	0,01512 ^S	-----			
DT	0,04332 ^S	0,14532	-----		
DDT	0,00745 ^S	0,95159	0,14578	-----	
T	0,00102 ^S	0,94358	0,14993	0,9745	-----

^S: Probabilité significative à 5% ; ^{HS}: Probabilité très hautement significative à 1 %.

L'ajustement des fluctuations de l'abondance des espèces sous l'effet de matières actives appliquées à différentes doses au modèle MOTOMURA présente une différence hautement significative dans les cinq unités ($P = 6,17 \cdot 10^{-14}$). Pour l'unité traitée par une dose de Lambda-cyhalothrine, $P = 1,05 \cdot 10^{-20}$ pour l'unité traitée par une demi-dose de Lambda-cyhalothrine, $P = 2,42 \cdot 10^{-20}$ pour l'unité traitée par une dose de Spinosad, $P = 9,78 \cdot 10^{-19}$ pour l'unité traitée par une demi-dose de Spinosad et $P = 9,63 \cdot 10^{-23}$ pour l'unité non traitée).

La comparaison des pentes (coefficient R de Pearson) entre les différentes unités a révélé une différence significative entre les unités traitées par la dose homologuée de Lambda-cyhalothrine et les autres unités.

Et une différence non significative entre les unités traitées par la demi-dose de Lambda-cyhalothrine et le Spinosad en dose et demi-dose, entre demi-dose Lambda-cyhalothrine et l'unité non traitée, entre demi-dose Spinosad et l'unité non traitée et entre la dose et la demi-dose de Spinosad.

Cette analyse montre que la dose de Lambda-cyhalothrine à un effet très important sur la structure de la communauté entomologique, par contre la demi-dose de Lambda-cyhalothrine et le Spinosad n'a montré aucun effet sur la structure de cette dernière.

DISCUSSION GENERALE

Les progrès dans la protection des plantes ont largement contribué à l'augmentation des rendements et à la régularité de la production. Faciles d'accès et d'emploi, relativement peu chers, les produits phytosanitaires de synthèse se sont révélés très efficaces et fiables dans un nombre important de cas, sur de grandes surfaces. Mais aujourd'hui l'utilisation systématique de ces produits est remise en question, avec la prise de conscience croissante des risques qu'ils peuvent générer pour la biocénose. La lutte biologique est considérée comme une alternative de la lutte chimique, pour résoudre ce problème.

Mais la lutte biologique n'est pas sans risque pour notre environnement. Elle peut avoir à la fois des conséquences négatives, directes et indirectes sur l'écoagrosystème [178; 179].

Jusqu'à présent les risques phytosanitaires pour les insectes auxiliaires sont évalués par la mortalité mesurée après exposition des insectes au laboratoire. Or il existe un décalage important par rapport aux risques d'exposition en conditions naturelles, où il existe des zones refuges et où le produit peut évoluer rapidement [180; 103 ; 181].

Pour ce la nous avons essayé dans cette étude de mettre la lumière sur l'efficacité d'un produit biologique (Spinosad) et d'un produit chimique (Lambda-cyhalothrine) appliqué à leurs doses homologuées et aux demi doses . Un aspect écotoxicologique est mis en évidence par une étude comparative de l'effet de ces matières actives sur les différents groupes trophiques ainsi que les réponses des différents groupes fonctionnels vis-à-vis à la demi-dose de ces matières actives.

L'étude du quotient pluviothermique d'Emberger classe la région d'étude dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver frais, ainsi que l'ont montré RABHI [182], et ESSERHANE [183].

Différents facteurs peuvent influencer l'abondance des insectes. Parmi les facteurs abiotiques, il y a les variables météorologiques telles que les températures, les précipitations ainsi que l'humidité et le vent [184 ; 185].

La température influe sur la fluidité des membranes nerveuses, la perméabilité cuticulaire et l'activité des enzymes de biotransformation de l'insecticide [104]. L'équilibre hôte-parasite peut être perturbé par une altération de la synchronisation entre l'hôte et le parasite, par une divergence de leur température de développement [186].

Les pucerons polyphages constituent les principaux ravageurs de nombreuses cultures dans nos agrosystèmes. L'importance économique de ce groupe de bioagresseurs résulte de leur capacité à transmettre plus de 100 maladies virales diverses plantes hôtes, dont de nombreuses espèces sont cultivées [187]. Avec l'accroissement des résistances de ces espèces vis-à-vis des pesticides chimiques, le choix du traitement et de la dose est primordial pour diminuer d'une part la résistance des pucerons, et augmenter d'autre part l'efficacité de la protection phytosanitaire.

Nos résultats montrent que le Lambda-cyhalothrine a un effet toxique sur les populations résiduelles aphidiennes en dose homologuée, et un effet moyennement toxique pour la demi-dose, contrairement au Spinosad qui a montré un effet neutre en dose et en demi-dose.

BOURGEOIS et al [188] montrent qu'une application de lambda-cyhalothrine peut réduire la population de pucerons à 95%, et une augmentation du rendement de soya de 7,3 %. Alors que SCHELLHORN et ANDOW [189] observent une abondance élevée après l'application de Spinosad sur le maïs. KIFT et al. [190],

signalent que le Spinosad a été relativement inefficace pour protéger les plantes contre les pucerons.

Dans le tableau 6.1, nous avons dressé une synthèse de l'évaluation de la toxicité des deux matières actives étudiées sur l'entomofaune circulante de la tomate et de l'oranger.

Tableau 6.1. : Effets comparatifs de la toxicité des produits biologique, et chimique sur les Aphides, les pollinisateurs Apidae et les aphidiphages Coccinellidae. Tox : effet toxique, Mytox : effet moyennement toxique, N : effet neutre.

Culture	Organisme cible	Lambda-cyhalothrine		Spinosad	
		dose	Demi-dose	dose	Demi-dose
tomate	Aphides	Tox	Mytox	N	N
	Coccinellides	Tox	Tox	N	N
	Apidae	Tox	Tox	Tox	N
Oranger	Aphides	Tox	Mytox	N	N
	Coccinellides	Tox	Tox	N	N

L'effet résiduel temporel de la Lambda-cyhalothrine est bien visible dans la première semaine qui suit l'application des traitements (tableau 6.2), il commence à perdre sa toxicité durant la deuxième semaine.

La demi-dose de lambda-cyhalothrine a un effet important sur les Aphides dans la première semaine, une augmentation importante dans la deuxième semaine. Les mêmes résultats ont été obtenus par RAFALIMANANA [191] avec une application de 25EC de Lambda-cyhalothrine.

Tableau 6.2. : Évaluation temporelle de la toxicité des produits biologique, et chimique appliqués à différente dose sur les populations résiduelles aphidiennes, les populations de coccinellides et des Apidae. Tox : toxique, Mytox : moyennement toxique, N : neutre.

culture	Organisme cible	Toxicité	Lambda-cyhalothrine		Spinosad	
			Effet temporel dose	Effet temporel Demi dose	Effet temporel dose	Effet temporel Demi dose
tomate	Aphides	Tox	1 ^{er} au 14 ^{ème} jour	1 ^{er} au 10 ^{ème} jour	-----	-----
		Mytox	15 ^{ème} et 16 ^{ème} jour	11 ^{ème} et 12 ^{ème} jour	-----	-----
		N	-----	13 ^{ème} au 16 ^{ème} jour	1 ^{er} au 16 ^{ème} jour	1 ^{er} au 16 ^{ème} jour
	Coccinellides	Tox	1 ^{er} au 16 ^{ème} jour	1 ^{er} au 15 ^{ème} jour	-----	-----
		Mytox	-----	16 ^{ème} jour	1 ^{er} au 9 ^{ème} jour	-----
		N	-----	-----	10 ^{ème} au 16 ^{ème} jour	1 ^{er} au 16 ^{ème} jour
	Apidae	Tox	1 ^{er} au 15 ^{ème} jour	1 ^{er} au 10 ^{ème} jour	1 ^{er} au 9 ^{ème} jour	1 ^{er} jour
		Mytox	16 ^{ème} jour	11 ^{ème} et 12 ^{ème} jour	10 ^{ème} au 12 ^{ème} jour	2 ^{ème} au 5 ^{ème} jour et 8 ^{ème} jour
		N	-----	13 ^{ème} au 16 ^{ème} jour	13 ^{ème} au 16 ^{ème} jour	9 ^{ème} au 16 ^{ème} jour
Oranger	Aphides	Tox	1 ^{er} au 16 ^{ème} jour	2 ^{ème} au 11 ^{ème} jour	-----	-----
		Mytox	-----	Le 1 ^{er} et de 12 ^{ème} au 14 ^{ème} jour	-----	-----
		N	-----	15 ^{ème} au 16 ^{ème} jour	1 ^{er} au 16 ^{ème} jour	1 ^{er} au 16 ^{ème} jour
	Coccinellides	Tox	1 ^{er} au 16 ^{ème} jour	De 1 ^{er} à 12 ^{ème} et de 14 ^{ème} au 15 ^{ème} jour	-----	-----
		Mytox	-----	Le 13 ^{ème} et le 16 ^{ème} jour	Le 3 ^{ème} , 4 ^{ème} , et 11 ^{ème} jour	-----
		N	-----	-----	Le 1 ^{er} , 2 ^{ème} , de 5 ^{ème} au 10 ^{ème} et de 12 ^{ème} au 16 ^{ème}	1 ^{er} au 16 ^{ème} jour

On peut expliquer que la chute potentielle biotique des populations aphidiennes sous l'effet de Lambda-cyhalothrine, est due au mode d'action de cette matière active, qui intervient sur les ganglions cérébraux des insectes et provoque un effet dit « knock-down » (qui correspond à la chute de l'insecte) suivi d'une phase d'hyperexcitation aboutissant à la mort de l'insecte [192 ; 193 ; 194 ; 195].

La recolonisation des ravageurs à la fin de la deuxième semaine, nous permettent d'émettre l'hypothèse que les insecticides sont susceptibles de sélectionner des individus potentiellement résistants au sein de la population traitée [196]. HARRINGTON et al [197], ont observé qu'une pulvérisation avec des pyréthrinoides, engendre également une augmentation rapide du nombre d'individus résistants dans les populations de pucerons. La même observation est notée sur les pucerons du coton après l'application d'une dose sub létale de pyréthrinoides de synthèse [198].

Ainsi le niveau de résistance, est d'autant plus rapide que la durée d'une génération à l'autre est courte. Le DDT est responsable aussi d'une résistance croisée avec les composés de la famille des pyrèthrinoides [199 ; 200].

CHEROUX [201], signale que lorsque l'insecte reçoit une certaine quantité d'insecticide par contact, l'organisme s'organise pour essayer de neutraliser ces substances. La première partie sera éliminée par voie naturelle, la deuxième partie est métabolisée par l'insecte pour rendre moins toxique ces substances.

La dose de Lambda-cyhalothrine est plus toxique que la demi-dose pour la population des ravageurs. KWAN et GATEHOUSE [202] observent que le gradient de toxicité de pyrithrinoides de synthèse est en relation avec la dose d'application.

On peut dire que le Lambda-cyhalothrine en dose homologuée a une efficacité élevée pendant 16 jours dans la régularisation de la population aphidienne. Par contre, le Spinosad a montré un effet neutre sur cette population. Comme seconde hypothèse : la demi-dose de Lambda-cyhalothrine a un effet

régulateur sur la population Aphidienne, mais la dose est plus efficace. Contrairement, la demi-dose de Spinosad n'a pas un effet régulateur sur cette population.

L'homme exploite l'abeille depuis toujours, elle lui fournit le miel mais aussi d'autres produits pour lesquels il n'existe pas toujours de substitut. Son importance en tant qu'espèce pollinisatrice n'a été mesurée que récemment. Elle concerne un grand nombre d'espèces végétales sauvages et cultivées à travers le monde. L'agriculture dépend donc en partie de l'abeille mais aussi et de plus en plus de l'utilisation de nombreux insecticides, lesquels représentent un danger réel pour cet insecte pollinisateur.

Le Lambda-cyhalothrine montre un effet toxique en dose et en demi-dose sur les populations des abeilles, alors que le Spinosad montre un effet toxique en dose homologuée et un effet neutre en demi-dose (tableau 6.1). La toxicité est bien visible durant la première semaine pour la dose de deux matières actives et la demi-dose de Lambda-cyhalothrine. Cependant, la deuxième semaine est caractérisée par une reprise de l'activité biotique qui est en relation avec l'augmentation de nombre des individus, cette reprise est faible pour la dose de Lambda-cyhalothrine (tableau 6.2.).

D'après ROCHEFORT et al [203]. , le Spinosad est très toxique sur les Abeilles quand elles sont exposées à une pulvérisation directe, à une dérive du pesticide ou à ses résidus sur la végétation. BOURG [204], déclare que les Pyréthriinoïdes de synthèse agissent en général à très faibles doses et sont très toxiques pour l'abeille.

La toxicité de deux produits sur les Abeilles est due au mode de pénétration. Les deux matières actives agissent par contact et ingestion. L'abeille domestique est plus sensible à l'insecticide par application topique que par ingestion collective. Le produit ingéré passe dans les organes de détoxification avant d'être réparti dans tout le corps. Par contre, le produit appliqué sur le thorax traverse la cuticule au travers des canalicules cireux [205], et la distribution s'effectue directement dans

l'organisme, plus particulièrement dans les zones les plus lipophiles. L'hémolymphe véhicule la molécule dans tout le corps de l'insecte [206]. Le contact de l'abeille avec l'insecticide se fait lorsque les butineuses visitent un champ pendant ou après un traitement phytosanitaire. C'est quand l'épandage se fait en présence de butineuses que les dégâts sont les plus sévères [207]. Elles reçoivent alors une grande quantité de produit sans aucune possibilité de fuite. Le contact des pattes ou du corps entier avec des résidus d'insecticide sur les feuilles ou les fleurs traitées est possible après le traitement [6]. Les jeunes abeilles pourront alors s'intoxiquer en consommant les réserves contaminées. Le pollen contaminé est la voie essentielle de contamination de la ruche [208]. Il a été démontré par un essai sous tunnel que le pyréthrinolide de synthèse pouvait perturber le comportement de vol des butineuses qui mettaient plus de temps pour retourner à la ruche après traitement [209].

On peut mettre l'hypothèse que les deux produits sont toxiques en dose homologuée sur les abeilles, la demi-dose lambda-cyhalothrine ayant également un effet toxique sur cette population. Le gradient de toxicité va de la dose de Lambda-cyhalothrine, suivi par la dose de Spinosad, puis la demi-dose de Lambda-cyhalothrine et enfin la demi-dose de Spinosad qui a un effet faible.

Les Coccinellidae constituent le groupe de prédateurs prépondérant dans la lutte contre les Aphididae [39]. SAHRAOUI [44] a recensé 41 espèces de Coccinellinae en Algérie, qui sont susceptibles de jouer un rôle dans la protection des cultures contre certains de leurs ravageurs (pucerons, cochenilles, acariens). Les aphidiphages sont les plus représentés avec 24 espèces. Les traitements phytosanitaires sont des facteurs qui influencent l'activité de ces derniers.

Le Spinosad montre un effet neutre sur la population de Coccinellides (Tableau 6.1). MILES et DUTTON [210], montrent que ce biopesticide est compatible avec les coccinelles *Hippodamia convergens* et *Coccinella septempunctata*. Les coccinelles, ont été jugées par WILLIAMS et al. [211], comme tolérantes au Spinosad. L'étude temporelle de la toxicité du Spinosad sur

les Coccinellidae montre que la dose a un effet moyennement toxique durant la première semaine et un effet neutre la deuxième semaine (tableau 6.2.).

Comme effets sublétaux du Spinosad sur les Coccinellides, GALVAN et al [212] ont observé une diminution de la survie des larves de *Harmonia axyridis*, un prolongement de la durée larvaire, et une diminution de la fertilité de la femelle de *Harmonia axyridis* après l'exposition au Spinosad 2SC dans les conductions contrôlées. Contrairement au Spinosad, le Lambda-cyhalothrine montre un effet toxique sur les Coccinellides quelque soit la dose (Tableau 6.1), la toxicité est bien visible dans les 16 jours de l'expérimentation (Tableau 6.2).

PROVOST et al [213], montrent que l'utilisation de lambda-cyhalothrine affecte la mortalité de la coccinelle *H. axyridis*. Cette mortalité est influencée par le stade de développement du prédateur. Les immatures sont plus vulnérables que les adultes car leurs mécanismes de défense sont moins efficaces [214 ; 215 ; 216]. BINNS [217], MCCLANAHAN [218], KIRITANI ET KAWAHARA [219] et OLSZAK [220], ont démontré que la consommation de proies contaminées avec un produit chimique peut générer différents niveaux de mortalité du prédateur dépendant de la dose appliquée.

Nous pensons que la toxicité élevée de la demi-dose de Lambda-cyhalothrine, est due à la deuxième exposition des Coccinelles au produit par l'ingestion de proies contaminées. BINNS [217], MCCLANAHAN [218], KIRITANI ET KAWAHARA [219] et OLSZAK [220], ont démontré qu'une première exposition à une dose sublétale ne cause pas la mort des Coccinellides mais lorsque ces derniers dévorent leurs proies, ils sont exposés à une seconde dose de lambda-cyhalothrine, ce qui cause la mort.

On peut mettre l'hypothèse suivante sur la réaction de Coccinellides face aux deux traitements aux deux doses testées : le Lambda-cyhalothrine est toxique sur la population résiduelle de coccinelles en dose homologuée et en demi-dose, Contrairement au Spinosad qui a montré un effet neutre, mais il reste à vérifier

l'effet sublétal du Spinosad sur les coccinelidae afin de mieux envisager l'utilisation de ce biopesticide dans la lutte intégrée.

Au total, 68 espèces entomofauniques ont été rencontrées dans les unités de tomate et de 48 espèces d'insectes dans les unités de l'oranger. L'entomofaune associée à la culture de tomate de plein champ est représentée par 8 espèces phytophages, 5 espèces floricoles, 7 espèces de parasites, 22 espèces prédatrices, 3 espèces omnivores, 5 espèces coprophages, et 18 espèces n'ayant pas un intérêt agronomique. L'entomofaune associée au verger d'oranger est représentée par 13 espèces phytophages, 11 espèces d'insectes parasites, 13 espèces de prédateurs, et 11 espèces qui n'ont pas un intérêt agronomique.

Les résultats de l'analyse factorielle de correspondance (AFC) nous permettent de dire que les espèces de ravageurs reprennent leur activité biotique à la deuxième semaine avec un nombre d'individus important, contrairement aux autres espèces qui montrent une reprise faible avec un effet résiduel long des matières actives. Les espèces phytophages et leurs auxiliaires n'ont pas les mêmes sensibilités vis-à-vis des produits de traitement phytosanitaire. Le retard d'apparition des auxiliaires dans les parcelles traitées peut s'expliquer par les trois types d'action : effet répulsif éventuel de l'insecticide, action du produit sur l'hôte et action du produit sur l'auxiliaire. Aussi, d'autres espèces compétitrices non ciblées sont éliminées [221].

Concernant les effets répulsifs des insecticides, le retard de l'action des parasitoïdes peut s'expliquer par l'action répulsive de la Lambda-cyhalothrine sur la faune utile comme cela a été montré pour l'abeille, ce qui lui permet d'éviter les zones traitées [222, 223]. De même, l'action de l'hyménoptère aphidiide *Aphidius* sp parasitant *Sitobion avenae* sur les céréales en plein champ et en serre, [139]. Concernant l'action du produit liée à l'hôte, KRESPI [224] a montré par ailleurs que la lambda cyhalothrine diminue l'attaque des pucerons des céréales et l'infestation par leurs Hyménoptères parasitoïdes. La réduction des auxiliaires dépend étroitement de la taille de la population hôte dans les parcelles traitées [225].

D'après l'analyse de similarité des l'abondance des différents taxons exposés à la dose et à la demi-dose des produits chimique et biologique pendant les 16 jours, il a été remarqué que les taxons réagissent différemment quand ils sont exposés à la dose et à la demi dose de la Lambda-cyhalothrine et au Spinosad respectivement. Cette différence est due à la variation de sensibilité des espèces vis-à-vis des matières actives ainsi que la dose appliquée, de la durée d'exposition, du spectre d'activité et de la rémanence des produits. La toxicité observée est aussi liée probablement à la formulation de l'insecticide utilisé. Les adjuvants incorporés avec la formulation concentrée émulsionnable se montrent plus toxiques que d'autres formulations à disperser dans l'eau comme les granulés ou les suspensions concentrées [226].

Les plus faibles différences de contribution des différents taxons sont enregistrées entre l'assemblage de la dose et demi-dose du Spinosad, alors que la différence contribution la plus élevée est enregistrée entre les autres assemblages. On peut conclure que le spectre d'activité du Spinosad est étroit par rapport à celui de la lambda-cyhalothrine, notamment en demi-dose. L'Environmental Protection Agency aux États-Unis, a classé le Spinosad comme insecticide écologiquement et toxicologiquement à risque réduit [227], alors que WILLIAMS et al., [211] l'ont classé comme un insecticide biorationnel.

Les phytophages tel que *Aphidae*, les *Jassidae*, la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* présentent une sensibilité élevée vis-à-vis de la dose homologuée de la lambda-cyhalothrine, et une résistance à la dose et à la demi-dose du Spinosad. Les *Thripidae sp*, *Tuta absoluta*, les *Aleurodidae* et la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* présentent une sensibilité aux deux produits en dose homologuée. Le gradient de sensibilité va de la dose de Spinosad, suivi par la dose de Lambda-cyhalothrine, ensuite la demi-dose de Lambda-cyhalothrine et enfin la demi-dose de Spinosad. Néanmoins, l'acarier *Tetranychus sp* ne montre une sensibilité qu'à la dose homologuée de Lambda-cyhalothrine. Nous avons constaté par ailleurs que les *Coccidae* montrent une résistance au deux produits quelque soit la dose testée.

D'après WORTHING [228], CLUZEAU et PATERNELLE [229], la Lambda-cyhalothrine inhibe la pullulation des populations d'aphidiphages et présente une action ovicide sur les œufs de Lépidoptères. PAP [230], a signalé que cette matière active est efficace contre une large gamme de lépidoptères, de coléoptères, d'homoptères, hétéroptères, diptères, Thysanoptères, et espèces d'orthoptères. Cette sensibilité est due soit à la toxicité des matières actives qui engendrent la mort de l'insecte, ou bien à l'effet répulsif de la Lambda-cyhalothrine. Les ravageurs s'éloignent de la parcelle traitée sous l'effet du pouvoir répulsif de la Lambda-cyhalothrine.

D'après DARRIET et al. [231], Le Spinosad est une neurotoxine puissante contre certains arthropodes, en particulier les lépidoptères, coléoptères, diptères. Ce biopesticide représente une nouvelle classe de chimie des insecticides avec un nouveau mode d'action découvert récemment (1997). Nous avons mis en évidence sa forte efficacité contre *Thripidae sp*, *Tuta absoluta*, les *Aleurodidae* et *Ceratitis capitata*.

Le Spinosad provoque une surexcitation au niveau du système nerveux des insectes où il conduit à d'involontaires contractions musculaires, des tremblements de prostration, et enfin la paralysie. Ces effets sont compatibles avec l'activation de récepteurs de l'acétylcholine nicotique. Le Spinosad a aussi des effets sur les canaux ioniques GABA-dépendants qui peuvent contribuer davantage à l'involontaire contraction musculaire et les tremblements [101]. La Lambda-cyhalothrine a une activité acaricide [232], ce qui explique la sensibilité de *Tetranychus sp* à cette matière active. NABI et al.[233], ont observé aussi une résistance faible de *Panonychus ulmi* à ce produit (50 EC). Alors que le Spinosad n'a aucun effet sur les acariens d'après WILLIAMS et al [211].

Les caractéristiques biologiques de la cochenille (présence de sécrétion cireuse sur la cuticule, et œufs protégés par un ovisac) diminuent le succès d'une pulvérisation des insecticides de contact [234]. A cet effet, RABHI [182] a observé une résistance chez les *Coccidae* au Methidathion 400g/l et à l'Huile blanche 76pc.

On peut avancer d'après nos résultats que les deux produits ont la capacité de régulariser la population des ravageurs. Le Spinosad a un spectre d'activité étroit et une durée de rémanence inférieure à celle de la Lambda-cyhalothrine.

Les prédateurs telle que les *Aranea*, les *coccinellidae* *Empis sp*, la fourmi *Cataglyphis bicolor*, *Macrolophus sp*, ont montré une sensibilité élevée au lambda-cyhalothrine en dose homologuée, par rapport au Spinosad. La demi-dose de Lambda-cyhalothrine et le Spinosad montrent un effet neutre sur les *Aranea*. Une sensibilité a été observée chez les coccinelles vis-à-vis de la demi-dose de Lambda-cyhalothrine. Les *Chrysopidae* montrent une sensibilité aux deux produits aux deux doses. L'effet direct de la Lambda-cyhalothrine sur les *Aranea* et les carabes a été confirmé par WEHLING et HEIMBACH [235], MALONEY [236], EPSTEIN et al. [237] qui ont signalé que les champs pulvérisés avec la lambda-cyhalothrine ont souvent des populations d'araignées qui présentent une forte sensibilité à ce genre d'insecticide.

Concernant l'effet indirect sur la prédation des *Aranea*, GREENSTONE [238] et SUNDERLAND [239] ont montré que les assemblages d'espèces d'araignées sont plus efficaces à réduire la densité des proies que une seule espèce d'araignée, alors que la diminution de population des *Aranea* diminue la capacité de prédation chez les survivants.

La Lambda-cyhalothrine montre un effet très important sur les *Chrysopidae* en dose et demi-dose. BOZSIK [240] a observé un taux de mortalité élevé lors de l'exposition de trois espèces de *Chrysopidae* au Lambda-cyhalothrine (39.4% pour *Chrysopa carnea*, 98.8% pour *C. perla*, et 92.0% pour *C. formosa*). MEDINA et al [241] précisent que certains *Chrysopidae*, ont la capacité de détecter la présence des produits chimiques. CISNEROS et al.[242] , observent une augmentation de la mortalité de *Chrysoperla carnea* de façon significative selon la concentration du spinosad. Selon nos observations, la Lambda-cyhalothrine a un effet toxique sur les populations de prédateurs alors que le Spinosad maintient ce groupe à

l'exception des *Chrysopidae*. La demi-dose de Lambda-cyhalothrine à un effet destructeur de ce groupe d'auxiliaires.

Le Spinosad peut être intégré dans une lutte raisonnée. Plusieurs études ont montré l'efficacité de combinaison entre le Spinosad et un prédateur. Ainsi l'espèce de thysanoptère *Frankniella occidentalis* peut être contrôlée avec une application de spinosad, suivie par la libération de son prédateur *Orius insidiosus* [243 ; 244].

Le groupe trophique des parasites et des floricoles tels que les *Tachinidae*, les *Bethylidae*, *Aphidius sp*, *Oxytelus sp*, *Apis mellifera*, les *Halictidae*, *Vespula vulgaris*, les *Trichogrammatidae*, les *Chalcidae*, les *Braconidae*, les *Ichneumonidae* ont montré une sensibilité élevée à la lambda-cyhalothrine et au spinosad en dose et en demi-dose. Ce sont des groupes plus fragiles vis à vis des produits chimiques [191]. Ces deux groupes sont les plus sensibles aux produits conventionnels (Methidathion 400g/l et au Huile blanche 76pc) pulvérisés en vergers d'agrumes dans la région de la Mitidja centrale [182]. En revanche, plusieurs parasites montrent une sensibilité au Spinosad [211]. SCHNEIDER et al.[245] ont signalé une diminution de l'émergence des adultes et de la longévité des endoparasitoïdes, *Hyposoter didymator* (Thunberg), traités avec le Spinosad. TILLMAN et MULRONEY [246] a observé une toxicité du spinosad envers trois espèces de parasitoïdes sur coton qui sont *Bracon molitor*, *Cardiochiles nigriceps* et *Marginiventris cotesia*, bien que les coccinelles *Coleomegilla maculata* et *H. convergens* n'ont pas été touchées. MILES et DUTTON [210], considèrent que le spinosad comme hautement toxique pour les hyménoptères parasites dans les serres ainsi que pour les coccinelles.

L'action directe de l'insecticide sur l'activité des parasites est possible dans plusieurs circonstances. Les adultes sont exposés au produit pulvérisé et aux résidus sur le feuillage ou dans la nourriture contaminée (nectars, pollens, exsudats foliaires ou miellats excrétés par les Homoptères). Les stades immatures de parasitoïdes sont protégés pendant le stade momie mais leurs hôtes peuvent être tués. DELORME [247] a mis en évidence que les facteurs de toxicité les plus importants sont d'une part l'action sur les pucerons, dont la mort entraîne celle de

la larve parasite et d'autre part la persistance d'action des résidus présents sur les momies et le feuillage, qui vont demeurer toxiques sur les adultes émergents durant les jours suivant le traitement.

Les espèces floricoles et parasites sont les plus sensibles aux produits phytosanitaires : il faut donc les protéger. Ces espèces se sont montrées sensibles aux deux matières actives (chimique et biologique) en dose et en demi-dose. Mais le Spinosad devra probablement fournir plus de prestations à un programme de lutte intégrée que le Lambda-cyhalothrine.

CONCLUSION GENERALE

Nous avons essayé dans cette étude de comprendre l'efficacité de deux matières actives, l'une à base d'un pyréthroïde de synthèse la Lambda-cyhalothrine, l'autre biologique le Spinosad. L'aspect écotoxicologique a été mis en évidence par l'étude de l'impact de la dose homologuée et de la demi dose de ces matières actives sur les différents groupes fonctionnels de l'oranger et de la tomate de plein champ.

À la question posée qui porte sur la toxicité des produits vis à vis des ravageurs, nos résultats nous ont permis de constater que les deux matières actives ayons la capacité régulatrice des populations de tous les phytophages. Le spectre d'activité du Spinosad est étroit par rapport à celui de la Lambda-cyhalothrine. Le Spinosad a une efficacité importante sur les Lépidoptères, les Diptères, les Thysanoptères, alors qu'il neutre sur les Homoptères (Aphidae, les Jassidae les et les Coccidae).

La demi-dose des deux produits montre une efficacité de protection inférieure à celle de la dose complète. Les ravageurs reprirent rapidement leur activité biotique. Ce que nécessite une combinaison ou une alternation avec d'autres produits chimiques ou d'autres antagonistes en application dans le cadre d'une lutte intégrée.

Les traitements biologiques ont des effets négatifs sur l'écosystème, le Spinosad engendre des perturbations au sein des populations des parasites, ce qui provoque un retard de parasitisme et une pullulation des ravageurs. Contrairement aux parasites, les prédateurs sont maintenus avec le Spinosad, Les Chrysopidae font exception. Des études complémentaires de toxicité

chronique et l'effet subléthale de ces produits sur les prédateurs est nécessaire afin de les utiliser conformément à une lutte intégrée.

Les floricoles montrent une sensibilité au Spinosad aux deux doses, ce qui nous obligerait à ne pas utiliser cette matière active pendant la période de floraison.

Comme tous les insecticides chimiques, la Lambda-cyhalothrine a un effet négatif sur l'entomofaune non cible, mais avec des degrés variables selon l'espèce et la dose d'application. Les parasites et les floricoles sont les plus sensibles, suivis par les prédateurs. La demi-dose de cette matière active a montré un effet destructif sur la faune utile, mais avec des degrés faibles comparés à la dose homologuée. Ces résultats nous conduisent à prédire l'état phytosanitaire de notre culture si on utilise ce produit de façon anarchique. Ainsi il faut penser à remplacer cette matière active malgré son efficacité sur les ravageurs et leur grand spectre d'activité qui minimise le coût de protection, par d'autres insecticides plus spécifiques sur les ravageurs ciblés.

Pour une lutte intégrée efficace, le Spinosad a montré sa compatibilité avec la plupart des prédateurs ainsi que sa capacité de régulariser certaines populations de ravageurs qui sont surtout des espèces d'insectes volants. La formulation avec des appâts pourrait être la meilleure solution pour minimiser le contact des espèces parasites et des floricoles avec le traitement.

La demi-dose Spinosad a montré un effet régulateur important sur certaines espèces telles que la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* mais non comparable avec la dose homologuée. Son application peut augmenter rapidement la résistance de ce ravageur, ce que nous conduit soit à l'augmentation de la dose, soit à la recherche des nouvelles matières actives avec des nouveaux modes d'action qui devient un enjeu pour les chercheurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **RONZON, B., 2006** - Biodiversité et lutte biologique Comprendre quelques fonctionnements écologiques dans une parcelle cultivée, pour prévenir contre le puceron de la salade. Certificat d'Etude Supérieures en Agriculture Biologique. ENITA de Clermont Ferrand. 25p.
2. **SILVY C., 2005** - Quantifions le phytosanitaire III. Courrier de l'environnement n° 19: 92- 100.
3. **GUETTALA F.N., 2009** - Entomofaune, Impact Economique et Bio-Ecologie des Principaux Ravageurs du Pommier dans la région des Aurès, Thès. Doct. Etat Scien. Agron., Univ. Batna 178p.
4. **VAN DER WERF H., 1996** - Assessing the impact on the environment. *Agriculture, Ecosystemsand Environment*. 60 : 81-96.
5. **MILAIRE, H. G., 1986** - De la lutte intégrée à la production agricole intégrée, application aux cultures fruitières. *Adalia* 3: 76- 78.
6. **LOUVEAUX J., 1984** - Les traitements phytosanitaires et les insectes pollinisateurs. In : Pollinisation et production végétales. *Eds Pesson & J. Louveaux*. INRA Paris : 565-575.
7. **GIBBS KE, ET AL., 2009** - Human land use, agriculture, pesticides and losses of imperiled species, *Diversity and Distributions* 15(2): 242-253.
8. **DEBOUZIE, D. & THIOULOUSE, J., 1986** - Statistics to find spatial and temporal structures in population. Pest control operations and systems analysis in fruit fly management. *Ecol. Scien.* 11 (1): 1- 9.

9. **BOUKTIR, O., 2003** - Contribution à l'étude de l'entomofaune dans trois oliveraies à Tizi- Ouzou et étude de quelques aspects bio- écologiques de la mouche de l'olive. *Bactrocera oleae* Gmelin et Rossi, 1788 (Diptera-Tephritidae). Thèse de Magister en sciences agronomiques. I.N.A. EL-Harrach, 191 p.
10. **ANONYME, 2006** -Les agrumes. Secrétariat de la Conférence des Nations Unies pour le Commerce Et le Développement, <http://www.unctad.org/infocomm/francais/orange.htm>.
11. **LOUSSERT R., 1989:** Les agrumes production. Ed. sci. Univ., Vol. 2, Liban, 280p.
12. **F.A.O. ,2004** – production 2001. Collection F .A.O. Statistique n° 170. Vol. 55. Rome. 259p.
13. **BELLABAS A., 2010** - Rapport de mission Etude de base sur les Agrumes en Algérie, GTFS/REM/070/ITA, Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient, 46p.
14. **LOUSSERT R., 1987** – Les agrumes, production. *Ed. Sci. Univ., Vol2, Liban*, 151p.
15. **DERAVEL D'ESCLAPON G., 1990-** Les agrumes et les fruits exotiques. *Ed. Solar*, 151p.
16. **BLONDEL J., 1969** – Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris 173p.
17. **ANONYME, 1976** - La protection phytosanitaire des agrumes en Algérie. *Ed. Cibla Geicy, Alger*, 159.

18. **HOLB I.J., GONDA I., BITSKEY K., 2001**-Pruning and incidences of diseases and pests in environmentally oriented apple growing systems: some aspects. *Int. J. Hort. Sci.* 7 :24-29.
19. **S.O.N.A.T.R.C.H., SD** – la protection phytosanitaire des agrumes en Algérie. Ed. Soc. Nati. Trav. Chim. Hydroc. (S.O.N.A.T.R.C.H.), Hassi Messaoud, 159p.
20. **PRALORAN J.C. ,1971**-Les agrumes, *Ed. Maisonneuve et La rose, France*, 565p.
21. **BOVE J.M., MOUTOUS G., SAILLARD C., FOS, A., BONFILS J., VIGNAULT J.-C., NHAMI A., ABASSI M., KABBAGE K., HAFIDI B., MOUCHES C., VIENNOT-BOURGIN G., 1979**- Mise en évidence de *Spiroplasma citri*, l'agent causal de la maladie du 'stubborn' des agrumes dans 7 cicadelles du Maroc. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences D* No. 288 : 335-338.
22. **F.A.O., 2003**- systèmes de production de plants d'agrumes sains à Cuba. *Ed. Food. agri. ora., (F.A.O.)*, La Havane, 18p.
23. **LOUSSERT R., 1985** – Les agrumes, Arboriculture. *Ed. Baillière, Paris*, 136p.
24. **LAVILLE E. et VOGEL R. 1984**- Les attaques de pourridié dans les vergers d'agrumes de Corse. *Rev. Fruits*, n° 369, pp. 34-36.
25. **DRIDI B., 1995** – la mouche méditerranéenne de fruits, *Ceratitis capitata*. Cycle biologique origine, aire de répartition et importance économique. Journées technique sur la lutte contre la mineuse et la cératite des agrumes I.N.P.V., 10p.

26. **I.T.A.F., 1995-** conduite d'un verger d'agrumes. Agrumiculture 2. Ed. *Inst. tech. arbo. frui.*, Alger, 60p.
27. **BODENHEIMER F.S., 1951:** Citrus entomology. Ed. Dio. Junk. Denhang. 663p.
28. **DELRIO G., 1985:** Tephritid pests in citriculture. CEC/Proc. Experts meeting. Acireal; Balkema. Rotterdam. Integrated pest control in citrus. Ed. *Recher. CAVALORO and DIMARTINO*. pp: 135-149.
29. **BALACHOWSKY A.S. & MESNIL L., 1935:** Les insectes nuisibles aux plantes cultivees. Ed. *Busson*, tome 1, Paris, pp : 242 – 253.
30. **ABBASSI M. 1996-** rapport de mission : symposuim sur la gestion du problème de la mineuse des agrumes. Oralando, Florida, USA, 25p.
31. **ANONYME, 2005-** lute contre la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton. Ed. *Inst. Nat. Pro. Végé.*, Alger, 6p.
32. **KNAPP, J., PENA, J., STANSLY, P., HEPPNER, J. AND YANG, Y. 1993.** *Citrus leafminer*, a new pest of citrus in Florida. *Citrus Industry* 74(10): 42-43, 62.
33. **BOUGHANI M., 2000** – inventaire qualitatif et quantitatif des insectes inféodés aux agrumes dans un verger de Tabouker (Tizi-Ouzou). Diplôme d'Etat supé. Bio. ani. Inst. Scie.natu., Univ. Tizi-Ouzou. 14p.
34. **BOILEAU Ch., et GIORDANO L., 1980** - la culture des agrumes. Ed. Tacussel. Paris. 174p.
35. **ZEGHOUD, 1987-** Bio ecologie de l'aleurode floconneux et ces ennemis naturels *Cales noakihoward* dans le domaine d' EL-Djemhouria, en Mitidja. These Ing. Inst . nati. Agro. El – Harrach, 87p.

36. **MIIAIRE H.G., 1982-** les pucerons des arbres fruitiers. données générales. Ed. Association coor. tech. agri. (A.C.T.A.), Paris, pp. 233-235.
37. **DEDRYVER C.A., 1982 –** Qu'est ce qu'un puceron ? Les pucerons des cultures. A.C.T.A., pp. 9 -20.
38. **AROUN M.E.F., 1985 –** Les aphides et leurs ennemis naturels en vergers d'agrumes de la Mitidja (Algérie). *Th. Mag. Agro. Inst. Nat. Agro.,El-Harrach*, 125 p.
39. **FARZER B.D., 1988-** Coccinellidae. World Crop Pests, Aphids. Vol. 2B. Elsevier Science Publishers. New-York. 364p.
40. **SAIGHI., 1998-** Biosystématique des Aphides et de leurs ennemis naturels dans deux stations d'étude. Le jardin du Hamma et le parc de l'institut national agronomique d'el Harrach .Thèse Mag. Agro. Inst. Nat. Agro. ,El Harrach,312p.
41. **SCHNEIDER F., 1969 –** Bionomics and physiology of aphidophagous syrphidae. *Ann. Rev. Entomol.* 14: pp 103-124.
42. **DEGUINE J.P. et LECLANT F., 1997 –** *Aphis gossyii* Glover (Hemiptera, Aphididae). Les déprédateurs decotonnier en Afrique tropicale et dans le reste de monde. Ed. Cent. Inter. rech. Agro. Dév. (C.I.R.A.D.), n°11, Paris, 112p.
43. **GRASSE P.P., 1951 –** Traité de zoologie. Anatomie. Systématique, Insecte Supérieurs et Hémiptéroïdes. *Ed. Masson et Cie. T. X, Fasc II*, Paris, 1947p.
44. **SAHRAOUI L., 1998 -** Les Coccinelles d'Algérie Inventaire préliminaire et régime alimentaire *Bul. Soc. Ent. France.*, 103 (3), 213 – 224.

45. **VUILLAUME F., 2007** - Modélisation de la dynamique des foyers de *Bemisia tabaci* sous serre de tomate grâce au logiciel Cormas, Diplôme d'Agronomie Approfondie (D.A.A.), CBGP- Campus international de Baillarguet, 46p.
46. **BENABADJI A., 1977** : Etude expérimental de la croissance et de la reproduction de la tomate sous serre. L'action des concentrations de Na cl et apport d'amendement. Thèse Ing .Agro., Inst. Nat.Agro., EL-Harrach, 69p.
47. **JUDD, CAMPBELL, KELLOG AND STEVENS. 2002** - Relations phylogéniques entre les angiospermes. Botanique Systématique - Une perspective phylogénétique. De Boeck Université, 1ère édition, pp 210-216.
48. **ATHERTON J.G. AND G.P. HARRIS, 1986** - *The tomato crop. A scientific basis for improvement*. Chapman and Hall, London, New York, pp. 167-200.
49. **AL-SAYEDA H., 2007** - Transfert d'un insecticide systémique, l'imidaclopride, chez la tomate : implication du transport phloémien, Thèse Doc., Ins. Natio. Poly., TOULOUSE, 147p.
50. **SNOUSSI S. A., 2010** - Etude de base sur la Tomate en Algérie, Projet GTFS/REM/070/ITA, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ROME, 53p.
51. **DORE C. VAROQUAUX F., 2006**-Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées, *Ed Guae* , 812p.
52. **BACI L., 1995**- *Les contraintes au développement du secteur des fruits et légumes en Algérie : faiblesse des rendements et opacité des marchés*, Ed. CIHEAM - Options Méditerranéennes, Sér. B / n°14, pp : 265-277.

53. **ANONYME, 2009-** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural ,
Direction des statistiques.
54. **MESSIAEN C. M., 1975 –** Le Potager tropical. Cultures spéciales.
Presses Universitaire de France. Paris. pp : 198-230.
55. **NAIKA S., LIDT DE JEUDE J., DE GOFFAU M., HILMI M. et VAN DAM
B., 2005 -** La culture de la tomate, production, transformation et
commercialisation. Fondation Agromisa et CTA. Wageningen. 105p.
56. **LEBDI G. K., 2010 -** Etude de base sur les cultures d'agrumes et de
tomates En Tunisie. Regional Integrated Pest Management Program in
the Near East. Roma. 93p.
57. **CHAUX C. ET FOURY C., 1994 -** Productions Légumières – Tome 3
Légumineuses potagères, Légumes fruits. Agriculture d'aujourd'hui.
Sciences Techniques Applications. :563p.
58. **CHIBANE A., 1999-** *Tomate sous serre. Bulletin : transfère de
technologie en agriculture, n° 57.* Ed. P.N.T.T.A. Rabat, pp1- 4.
59. **PERON J-Y., 2006-** Références productions légumières. *Ed2. Synthèse
agricole-Lavoisier*, France, 650 p.
60. **BLANCARD D., 1988 -** “Maladies de la tomate : observé, identifier,
lutter”, Ed. I.N.R.A. Versailles, 212p.
61. **CASTGNONE-SERNO P., 1999 -** Limite de l'utilisation de la résistance
aux nématodes à galles chez tomate. PHYTOMA de Déf., de végétaux,
n°522, pp.61-63.
62. **REDDY P.P., 1983-** Plant nématology. Agric.Publ.Acad,New Delhi,287p.

63. **URBAN L., 1997** - Introductions à la production sous- serres, tome I. Ed. *Tec- Doc.*, Paris, pp :111-125.
64. **DUVAL J., 1991**- Les nématodes de la tomate. *AGRO.BIO*, pp :320-01.
65. **ZOUIOUECHE Z., 1993**- Essais de lutte biologique contre les *Meloidogyne* (Nematoda- Meloidogynidae) sous serre. Thèse Ing .Agro., Inst. Nat. Agro., EL-Harrach, 95p.
66. **GUENAOUI Y., 2008**-Nouveau ravageur de la tomate en Algérie. *PHYTOMA-La défense des végétaux*, N°617 juillet-aout 2008,France, pp :18-19.
67. **ANONYME, 2009c**-*Mesures de lutte contre Tuta absoluta*, Ed. FREDON – Corse, 4p.
68. **ZAID. R., 2010** – Inventaire des ennemis naturels de *Tuta absoluta* (Meyrick,1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) et effet de son parasitoïde *Diglyphus isaea* (Hymenoptera, Eulophidae) sur deux variétés de tomate dans les régions de Staouali et Chéraga .Mémoire d'Ing. eta. agro. .Univ. S.D., Blida, 96p.
69. **EHRHARDT N., 2006** Etude de l'activité d une formulation à 50 de deltaméthrine sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion : résistance et rémanence, thès. Doct. Veter., ecol. Nat. veter. Toulouse, 90p.
70. **PEDIGO, L.P., 2002** - Entomology and pest management.ed. Prentice Hall,4 742 p.
71. **THAKORE Y., 2006** - The biopesticide market for global agricultural use. *Industrial Biotechnology*. **2**(3):294-208.

72. **NAUEN R., 2006** - Insecticide mode of action: return of the ryanodine receptor. *Pest Management Sciences* 62: 690–692.
73. **MORIN C., 2002** - Marché et distribution des produits phytosanitaires. In : *Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement*. Paris : ACTA, : 413-420.
74. **J.O.R.A., 1995**- journal officiel, la loi n° 87-17 du 1er août 1987, relative à la protection phytosanitaire.
75. **BOUZIANI, M., 2007**- journal le républicain, du 26 juin 2007, L'usage immodéré des pesticides : De graves conséquences sanitaires.
76. **CONSEIL EUROPEEN, 1991** - Directive 91/414/CEE du 15 juillet 1991 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques. *Journal officiel* n° L 230 du 19/08/1991. 1-32.
77. **FOURNIER J., AUBERLET-DELLE VEDOVE A., MORIN C., 2002.** - Formulation des produits phytosanitaires In : *Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement*. Paris : ACTA, 2002. 473-495.
78. **DIEYE O., 1998** - étude analytique et toxicologique de pesticides présents dans les effluents liquides d'une usine de formulation, thès. doct. pharma., univ. cheikh ANTA DIOP, Dakar, 120 p.
79. **GOUGAUD J. R., 2010** - Etat des lieux des pesticides en Guyane, Observatoire Régional de la Santé de Guyane, 155p.
80. **BLOOMQUIST J.R., 1996** - Ion channels as targets for insecticides. *Annu Rev Entomol* 41: 163-9

81. **CALLEC J.-J., HUE B., CALLEC M., 1986** - Le neurone, cible potentielle pour les insecticides. In : Insectes, insecticides, santé. Paris : ACTA :. 93-108.
82. **BLANCHET G., CARPENTIER P., LALLEMENT G.Q., 1991** - Vulnérabilité du système nerveux central vis -à-vis des neurotoxiques organophosphorés. Méd Armées ; 19 : 403-7.
83. **POPE C., KARANTH S., LIU J., 2005** - Pharmacology and toxicology of cholinesterase inhibitors: uses and misuses of a common mechanism of action. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 2005, **19**, 433-446.
84. **A.C.T.A., 2005** - Ouvrage collectif. Index phytosanitaire ACTA. 41ème édition. Paris : A.C.T.A, 2005. 821 p.
85. **RAY DE., 1991** - Pesticides derived from plants and other organisms. In: Hayes WJ, Laws ER, eds. Handbook of Pesticide Toxicology. San Diego: Academic Press: 585-636.
86. **BLOOMQUIST J. R., 1996** - Ion channels as targets for insecticides. *Annu Rev Entomol* 41: 163-90
87. **ZLOTKIN E., 1999** - The insect voltage-gated sodium channel as target of insecticides. *Annu Rev Entomol* 44: 429-555.
88. **NARAHASHI T., 2000** - Neuroreceptors and ion channels as the basis for drug action: past, present, and future. *J Pharmacol Exp Ther* 294: 1-26.
89. **SCHAEFER C., PETERS P. W., 1992** - Intrauterine diethyltoluamide exposure and fetal outcome. *Reprod Toxicol* 6: 175-6.

90. **ANONYME, 2004** - PESTICIDE INFORMATION PROFILES
<http://ace.orst.edu/info>: The Extension Toxicology Network, Oregon State University, USA.
91. **KHACHATOURIANS G.K., 1986** - Production and use of biological pest control agents. *Trends Biotech.* 4:120-124.
92. **FERRON P., 1978** - Biological control of insect pests by entomogenous fungi. *Annu. Rev. Entomol.* 23:409-442.
93. **MILLER, L.K., LINGG A.J. AND BULLA J.R. 1983** - Bacterial, viral and fungal insecticides. *Science* 219:715-721.
94. **WAAGE J., AND GREATHEAD. D., 1986** - Insect parasitoids. Academic Press, London, 389 pp.
95. **POINAR G. O., AND THOMAS. G.M., 1985** - Laboratory guide to insects pathogens and parasites. Plenum Press, New-York, 392 pp.
96. **GUEZ D., 2001** - effets sublétaux de l'imidaclopride sur le comportement de d'abeille domestique (*Apis Mellifera*). Thés. doct., univ. Pierre et Marie Curie 124 p.
97. **LARSON, L.L., SPARKS T. AND THOMPSON G.D., 1999** - The Spinosyns, new insect control agents isolated from *Saccharopolyspora spinosa*. Dow AgroSciences, Indianapolis, IN 46268.
98. **COPPING L. G., AND MENN J. J., 2000** - Biopesticides: A review of their action, applications and efficacy. *Pest Manag. Sci.* **56**, 651–676.
99. **A.R.L.A., 2001** - Spinosad Success 480SC Naturalyte et Conservemd 480SC Naturalyte. Note réglementaire REG2001-10. 86 pp.

100. **SALGADO V. L., 1997** - The modes of action of Spinosad and other insect control products. *Down to Earth* **52**, 35–43.
101. **SALGADO V. L., 1998** - Studies on the mode of action of Spinosad: Insect symptoms and physiological correlates. *Pestic. Biochem. Physiol.* **60**, 91–102.
102. **SALGADO V.L., SHEETS J.J., WATSON G.B. AND SCHMIDT A.L., 1998** - Studies on the mode of action of Spinosad: the internal effective concentration and the concentration dependence of neural excitation. *Pesticides Biochemistry and Physiology* 60:103-110.
103. **SODERLUND D. M., BLOOMQUIST J. R., 1989** - Molecular mechanisms of insecticide resistance. In: Roush, R. T., Tabashnik, B. E. (eds) *Pesticides resistance in arthropods*. Chapman and Hall, New York, pp 58-96.
104. **EHRHARDT N., 2006** - Etude de l'activité d'une formulation à 50 de deltaméthrine sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion : résistance et rémanence. Thèse doct. vete., ecol. nat. vete., Toulouse, 90p.
105. **CILEK J.E., AND KNAPP F.W., 1993** - Enhanced diazinon susceptibility in pyrethroïd resistant horn flies (Diptera, Muscidae) Potential for insecticide resistance management. *Journal of economic entomology*, 86 (5): 1303-1307.
106. **BYFORD R.L., CRAIG M.E., DEROUEN S.M., KIMBALL M.D., MORRISON D.G., WYATT W.E., FOIL L.D. 1999** - Influence of permethrin, diazinon and ivermectin treatments on insecticide resistance in the horn fly (Diptera : Muscidae). *International Journal for Parasitology*, 29 (1): 125-135.

107. **LOCKWOOD J.A., BYFORD R.L., STORY R.N., SPARKS TH.C., QUINSBERRY S.S., 1985** - Behavioral resistance to the pyrethroids in the horn fly, *Haematobia irritans* (Diptera Muscidae). *Environmental Entomology*, 14 : 873-880.
108. **PLAPP F. W., 1984.** - The genetic basis of insecticide resistance in the housefly : evidence that a single locus plays a major role in metabolic resistance to insecticides. *Put. Biochem. PhlGol.*, 22 : 194-201.
109. **DAVIDSON G., 1953** - Experiments on the effect of residual insecticides in houses against *Anopheles gambiae* and *A. funestus*. *Bull. Entomol. Res.* 44, p. 231–245.
110. **SPARKS JC., LOCKWOOD JA., BYFORD RL., GRAVES JB., LEONARD BR., 1989** - The role of behaviour in insecticide resistance. *Pestic. Sci.* 26, p. 383–399.
111. **HAUBRUGE E. AND AMICHO M., 1998** - Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 2 (3):161-174.
112. **SAWICKI RM., FARNHAM AW., 1968** - Examination of the isolated autosomes of the SKA strain of houseflies for resistance to several insecticide with and without pretreatment with sesamex and TBTP. *Bull. Entomol. Res.* 59, p. 409.
113. **STONE BF., BROWN AWA., 1969** - Mechanisms of resistance to fenthion in *Culex pipiens*. *Bull. Organ. Mond. Santé* 40, p. 401–408.
114. **WALTER CM., PRICE NR., 1989** - The uptake and penetration of pirimiphos-methyl into susceptible and resistant strains of the red flour beetle *Tribolium castaneum*. *Comp. Biochem. Physiol.* 94c, p. 419–423.

115. **LEE K.S., WALKER C.H., MCCAFFERY A., AHMAD M., LITTLE E., 1989** - Metabolism of trans-Cypermethrin by *Heliothis armigera* and *H. virescens*. *Pestic. Biochem. Physiol.* **34**, p. 49–57.
116. **CHAUDRY M., 1997** - A review of mechanisms involved in the action of phosphine as an insecticide and phosphine resistance in stored-product insects. *Pestic. Sci.* **49**, p. 213–219.
117. **WU C.T., BUDDING M., GRIFFIN M.S., CROOP J., 1991** - Isolation and characterization of *Drosophila* multidrug resistance gene homologs. *Mol. Cell Biol.* **11**, pp: 3940–3948
118. **VOS RME et VAN BLADEREN P.J., 1990** –G lutathione S-transferases in relation to their role in the biotransformation of xenobiotics. *Chemico-Biological Interactions* **75** 241–265.
119. **PENNETIER C., 2008** - Interactions entre insecticides non-pyréthroïdes et répulsifs pour la lutte contre *Anopheles gambiae* : Mécanismes, efficacité et impact sur la sélection de la résistance, thés. doct., université montpellier, 65p.
120. **MOUCHES C., PAULIN Y., AGARWAL M., LEMIEUX L., HERZOG M., ABADON M., BEYSSAT-ARWONTY V., HYRIEN O., DE SAINT-VINCENT BR., GEORGHIOU GP. AND PASTEUR N.,1990** - Characterization of amplification core and esterase B1 gene responsible for insecticide resistance in *Culex*. *Proc. Natl. Acad. Sei. USA* **87**: 2574-2578.
121. **FOURNIER, M., FRIBORG, J., GIRARD, D., MANSOUR, S., AND KRZYSTYNIAK, K., 1992** - Limited immunotoxic potential of technical formulation of the herbicide atrazine (AAtrex) in mice. *Toxicol Lett.* **60**(3); 263-274.

122. **FRANCIOSA H. AND BERGÉ JB., 1985** - Glutathion S-transferase in housefly (*Musca domestica*): location of GST-I and GST-2 families. *Insect Biochem. Mol. Biol*, 25:311-317.
123. **HEMINGWAY J., HAWKES N. J., MCCARROLL L. AND RANSON H., 2004** - The molecular basis of insecticide resistance in mosquitoes. *Insee! Biochemistry and Molecular Biology*, 34 : 653-665.
124. **JOHANSEN C.A., 1979** - Honeybee poisoning by chemicals : signs, contributing factors, current problems and prevention. *Bee World* , **60**, 109-127.
125. **THOMPSON, H.M., 2003** - Behavioural effects of pesticides in bees. Their potential for use in risk assessment. *Ecotoxicology*, 2003, **12**, 317-330.
126. **MCMURTRY, J.A., C.B. HUFFAKER ET M. VAN DE VRIE., 1970** - Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia* 40 : 331-390.
127. **MORAES, G.J. et MCMURTRY J.A., 1985** - Comparison of *Tetranychus evansi* and *T. urticae* (Acari: Tetranychidae) as prey for eight species of Phytoseiid mites. *Entomophaga* 30: 393-397.
128. **RIPPER W.E., 1956** - **Effects** of pesticides on balance of arthropods populations. *Annuals Review of Entomology*, 1, 403-438.
129. **DAVIS, B.N.K., WILLIAMS C.T., 1990** - Buffer zone widths for honeybees from ground and aerial spraying of insecticides. *Environmental pollution* , **63**, 247-259.

130. **STEFANIDOU, M., ATHANASELIS, S., KOUTSELINIS, A., 2003** - The toxicology of honey bee poisoning. *Vet. Human Toxicol.*, 2003, **45**, 2, 261-265.
131. **ZOEBELEIN G.,1955** - Der Honigtau als Nahrung der Insekten. *Z. Angew. Entomol.*, **38**, 369-416.
132. **VLASENKO N.G., SHTUNDYUK D.A., 1994** - The effect of pesticides on the community of carabids in spring rape fields. *Agrokhimiya*(2): 89-94.
133. **HOKKANEN H., HUSBERG G.B., SODERBLOM M., 1988** - Natural enemy conservation for the integrated control of the rape blossom beetle *Meligethes aeneus* F. *Annales Agriculturae Fenniae* 27(4): 281-194.;
134. **DENNIS P., FRY G.L.A., THOMAS M.B., 1993** - The effects of reduced doses of insecticide on aphids and their natural enemies in oats. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 7(3/4): 311-325.
135. **GLÜCK E. & INGRISCH S., 1990** - The effect of bio-dynamic and conventional agriculture management on Erigoninae and Lycosidae spiders. – *Journal of applied Entomology* 110: 136–148.
136. **HAUGHTON A.J., CHAMPION G.T., HAWES C., HEARD M.S., BROOKS D.R., BOHAN D.A., CLARK S.J., DEWAR A.M., FIRBANK L.G., OSBORNE J.L., PERRY J.N., ROTHERY P., ROY D.B., SCOTT R.J., WOIWOD I.P., BIRCHALL C., SKELLERN M.P., WALKER J.H., BAKER P., BROWNE E.L., DEWAR A.J.G., GARNER B.H., HAYLOCK L.A., HORNE S.L., MASON N.S., SANDS R.J.N. & WALKER M.J., 2003** - Invertebrate response to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops. II. Within field epigeal and aerial arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*, 358. pp :1863-1877.

137. **HOLE D.G., PERKINS A.J., WILSON J.D., ALEXANDER I.H., GRICE P.V. & EVANS A.D., 2005** - Does organic farming benefit biodiversity ? *Biological Conservation*, 122 : 113-130.
138. **STOATE C., BOATMAN N.D., BORRALHO R.J., CARVALHO C.R., DE SNOO G.R. & EDEN P., 2001** : Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63 : 337-365.
139. **LONGLEY, M., CILGI, T., JEPSON, P. C., SOTHERTON, N. W., 1997** - Measurements of pesticide spray drift deposition into field boundaries and hedgerows .1. Summer applications. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16(2): 165-172.
140. **MCDONALD R.A., HARRIS S., TURNBULL G., BROWN P. & FLETCHER M., 1998** - Anticoagulant rodenticides in stoats (*Mustela erminea*) and weasels (*Mustela nivalis*) in England. *Environmental Pollution*, 103, 17-22 Meek B.,
141. **SOTHERTON N.W. & SELF M.J., 2000** - Changes in plant and arthropod biodiversity on lowland farmland: an overview. In : Aebischer N.J., Evans A.D., Grice P.V. & Vickery J.A. (eds). *Ecology and Conservation of Lowland Farmland Birds*. Proceedings of the British Ornithologists Union Spring Conference. 1999. BOU, Tring, pp : 26-35.
142. **KNACKER T., FÖRSTER B., RÖMBKE J. & FRAMPTON G.K., 2003** - Assessing the effects of plant protection products on organic matter breakdown in arable fields-litter decomposition test systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 35 : 1269-1287.
143. **BARRIUSO E., KOSKINEN W.C., SADOWSKY M.J., 2004** - Solvent extraction characterization of bioavailability of atrazine residues in soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 : 6552-6556.

144. **FAEGRI K., VAN DER PIJL L., 1971** - The principles of pollination ecology. Pergamon Press, 1966. 248 p.
145. **CHARRIERE J. D., HURST J., IMDORF A., FLURI P., 2006** - intoxications d'abeilles, Centre de recherches apicoles, ALP forum N° 44 f, 32p.
146. **KEVAN P.G., 1999** - Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 373-393.
147. **WILCOCK C. & NEILAND R., 2002** - Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. *Trends in Plant Science*, 4 , 270-277.
148. **MACPHEE, A.W. ET SANDFORD, K.H. 1954** - The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia VII. Effects on some beneficial arthropods. *Canadian Entomologist*, 86, 128-135.
149. **SINGH S.R., WALTERS K.F.A., PORT G.R. ET NORTHING P., 2004** - Consumption rates and predatory activity of adult and fourth instar larvae of the seven spot ladybird, *Coccinella Septempunctata* L. following contact with dimethoate residue and contaminated prey in laboratory arenas. *Biological Control*, **30**, 127-133.
150. **AMIARD J. C., AMIARD C. T., 2008** - Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques, Lavoisier Editions Tec & Doc, Paris, 320p.
151. **LAGADIC L., CAQUET T., AMIARD J.C., 1997**. Biomarqueurs en écotoxicologie : principes et définitions. In « *Biomarqueurs en écotoxicologie, Aspects fondamentaux* », LAGADIC L., CAQUET T., AMIARD J.C., RAMADE F. (ed.), Masson, Paris, pp : 1-9.

152. **TIMBRELL J.A., DRAPPER R. & WATERFIELD C., 1994** - Biomarkers in toxicology: new uses for old molecules. *Toxicology and Ecotoxicology News*, 1, 4-14.
153. **PEAKALL D.B., & SHUGART L.R.** - *Biomarkers. Research and Application in the Assessment of Environmental Health* (NATO Advanced Science Institutes Series, Vol. H 68). Springer Verlag, Berlin, pp 15-29.
154. **ADAMS S.M., GIESY J.P., TREMBLAY L.A. & EASION C.T., 2001** - The use of biomarkers in ecological risk assessment: recommendations from the Christchurch conference on biomarkers in ecotoxicology. *Biomarkers*, 6, 1-6
155. **MARGAND A., 2001** - Evaluation de l'utilisation des réserves énergétiques (lipides, sucres) en tant que biomarqueurs pour l'effet du dinosèbe sur l'invertébré du sol *Folsomia candida* (Arthropleona, Isotomidae), travail de diplôme, Faculté des Sciences, Université de Genève, Suisse.101p.
156. **BEEBY A.,2001** - What do sentinels stand for ? *Environmental Pollution*, 112: 285-298.
157. **BLANDIN P., 1986** - Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'Ecologie*, 17, 215-307
158. **VAN DRIESCHE R.G., ET BELLOWS T. S., 1996** - Biological control. Chapman et Hall, New York: 539 p.
159. **CODERRE D., ET VINCENT C., 1992** - "La lutte biologique: toile de fond de la situation". Dans *La lutte biologique*, Boucherville, pp : 3-16.

- 160. CLOUTIER C. ET CLOUTIER C., 1992** - "Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures". Dans *La lutte biologique*, sous la dir. de Vincent, C. et D. Coderre, pp : 19-88.
- 161. VAN LENTEREN J.C. AND WOETS J., 1988** - Biological and integrated pest control In greenhouses. *Annu Rev Entomol* 33:239-269.
- 162. MUTIN G. 1977** – La Mitidja décolonisation et espèces géographiques. *Ed. OPU, Alger*, 607p.
- 163. LOUCIF Z. et BONAFONTE P., 1977** – Observation des populations du pou de San José dans la Mitidja. *Rev. Fruits*, N° 4 .Vol .32, pp : 253-261.
- 164. ANONYME, 2006**- Programme d'aménagement côtier (PAC). "Zone côtière algéroise", Programme d'Actions Prioritaires, Centre d'Activités Régionales, 202p.
- 165. BOULAHIA M ., 1978**- Météorologie et agriculture. *Céréaliculture* (9) : 11-17.
- 166. LAMY, M. (1997)**. Les insectes et les hommes. Ed. Albin Michel, Paris, 96 p.
- 167. ANONYME., 1998** – Changement climatique et ressources en eau dans les pays du Magreb, Algérie, Maroc, Tunisie, en jeux et perspective. Dept. Env. Rabat, Maroc, 55p.
- 168. ANONYME, 2010** - Relevés climatologiques (1998-2010). Manuscrit .A.N.R.H.9p.

169. **DAJOZ R., 1985.** Précis d'écologie. 5eme édition Dunod Université, Paris, 505 p.
170. **STEWART P., 1969** – *Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. Bull. Doc. hist. nati. agro. El Harrach : pp. 24 – 25*
171. **MUTIN G. 1969** – L'Algérie et ses Agrumes. Extrait de la revue de geo., Lyon, Vol 441, 36p.
172. **BAGGIOLINI M., et WILDBOLZ T.H., 1965** - Comparaison de différentes de recensement des populations d'arthropodes vivant aux dépens du pommier Ed. Station Fédérale d'essais Agricoles, SUISSE : 248- 264.
173. **REBOULET J. N., 1986** - Le contrôle visuel. Groupe de travail ANPP. Les organismes auxiliaires présents dans les conditions naturelles. ACTA :1 -13.
174. **ROTH M., 1972** - Les pièges à eau colorés utilisés comme pot de Barber. Extrait de la revue Zoologie agricole et de pathologie végétale. pp : 1- 6.
175. **BUCHMANN S., 2006** - Comportement d'exploitation de colonies de pucerons par un insecte parasitoïde, Estimation bayésienne de l'environnement basée sur le temps de trajet entre les colonies, Master 2, Inst. Nati. de la Rech. Agro. , Université Nice Sophia Antipolis 31p.
176. **HAMMER D.A.T., HARPER P. et RYAN D., 2001** - *PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis, Palaeont. Electron. 4 (1).*
http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
177. **CLARKE, K.R., 1993** - Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.

178. **MALAUSA J.C., 1999-** Les risques pour l'entomofaune sauvage liés à l'utilisation d'insectes auxiliaires dans la lutte biologique contre les ravageurs des cultures. In Fraval A., Silvy C. La lutte biologique (II). Dossiers de l'Environnement de l'INRA n°19, Paris, 274 p.
179. **VAN LENTEREN J.C., BABENDREIER D., BIGLER F., BURGIO G., HOKKANEN H.M.T., KUSKE S., LOOMANS A.J.M., MENZLER-HOKKANEN I., VAN RIJN P.C.J., THOMAS M.B., TOMMASINI M.G., ZENG Q.-Q. 2003** - Environmental risk assessment of exotic natural enemies used in inundative biological control. *BioControl*. 48 :3-38.
180. **BELZUNCES L.P., LENOIR-ROUSSEAU J.J. & BOUNIAS M., 1988** - Properties of acetylcholinesterase from *Apis mellifera* heads. *Insect Biochem.* 18: 811-819.
181. **MIGULA P., HURNY J., KEDZIORSKI A., NAKONIECZNY M., KAFEL A. & BINKOWSKA K., 1990** - Metabolic effects of the pyrethroid action in the honeybee. *Uttar Pradesh J. Zool.* 10.1- 10.
182. **RABHI A ., 2010** - Conséquences des traitements phytosanitaires sur la diversité entomologique dans des vergers d'agrumes en Mitidja, thés. *Mag. Sci. Agro., Uni. Blida*, 69p.
183. **ESSERHANE W., 2011** - Variation démographique de puceron vert d'agrumes *Aphis citricola* (Homoptéra, Aphididae) en fonction des actions anthropique *Mag. Sci. Agro., Uni. Blida*, 158p.
184. **HATI S.R., SAHOO S.K., JHA S. ET A. SAHA. 2005,-** Population dynamics of mango hopper as influenced by abiotic factors in New Gangetic alluvial zone of West Bengal. *Environment and Ecology* 23, suppl: 2: 314

- 185. SIDDIQUI I. ET J. SINGH. 2006** - Population dynamics of red spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. on Brinjal as affected by abiotic factors. Environment and Ecology 24S, suppl. 2: 297- 298.
- 186. BOURGEOIS Ph. D., 2009-** Les dynamiques des cultures et leurs bioagresseurs dans un contexte de climat variable et en évolution, colloque en phytoprotection, C.R.D.H., Saint-Jean-sur-Richelieu, 5p.
- 187. QUAGLIA F.,ROSSI E., PETRACCHI R. et TAYLOR C.E., 1993** - observations on an infestation by green peach aphids (Homoptera: Aphididae) on greenhouse tomatoes in Italy, *J.Econ. Entomol.*, **86/4**: 1019 - 1025.
- 188. BOURGEOIS M. ET MATHIEU S., 2007** Évaluation en parcelles commerciales de l'impact de l'insecticide lambda-cyhalothrine utilisé à deux stades différents du soya sur la réinfestation des champs par le puceron du soya. Programme Prime-Vert, Volet 11 - Appui à la Stratégie Phytosanitaire: 18 p.
- 189. SCHELLHORN N. A., et ANDOW D. A., 1999.** «Cannibalism and interspecific predation: Role of oviposition behavior. *Ecological Applications*. vol. 9, no 2, p. 418 - 428.
- 190. KIFT N.B., ELLIS P.R., TATCHELL G.M., PINK D.A.C., 2000.** The influence of genetic background on resistance to the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). *Ann.Appl. Biol.*136, 189–195.
- 191. RAFALIMANANA H. J., 2003-** Evaluation des effets d'insecticides sur deux types d'Hyménoptères auxiliaires des cultures, l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) et des parasitoïdes de pucerons : études de terrain à Madagascar et de laboratoire en France, Thés. Doc., Ins. Nat. Agro., PARIS- GRIGNON, 205p.

192. **BURGAT-SACAZE V., 1993** - Les antiparasitaires externes chez le chat : pharmacologie et toxicologie *Prat. Méd. Chir. Anim. Comp.*, **28**, 225-234.
193. **DORMAN D C., BEASLEY V R., 1991** - Neurotoxicology of pyrethrin and pyrethroid insecticides *Vet. hum. Toxicol.*, 33, **(3)**, 238-243.
194. **KECK G., 1992** - Toxicologie des insecticides pyréthrinés et pyréthroïdes In: Encyclopédie vétérinaire, pharmacologie-toxicologie, Elsevier, Paris, 5, (1400) 1-5.
195. **MEYER E.K., 1999** - Toxicosis in cats erroneously treated with 45 to 65% permethrin products *J. am. Vet. Med. Assoc.*, vol. (2), 198-203.
196. **FRANCIS F., HAUBRUGE E., GASPARD Ch., 1998** – les pucerons sont-ils résistants aux insecticides en Belgique ?, *Uni. Zoo. Gén. et App., Parasitica* 54 (4) : 151-161.
197. **HARRINGTON R., BARTLETT., RILEY D.K., FFRNCH-CONSTANT R.H. et CLARK S.J., 1989** Resurgence of insecticide-résistance *Myzus persicae* on potatoes treated repeatedly with cypermethrin and mineral oil. *Crop Protection*, **8**:340 – 348.
198. **NANDIHALLI B.S., PATIL B.V., HUGAR P., 1992** - Influence of synthetic pyrethroid usage on aphid resurgence in cotton. *Karnataka J. Agric. Sci.* 5, 234–237.
199. **PRIESTER TM., GEORGHIOU GP., 1980**- Cross-resistance spectrum in pyrethroid-resistant *Culex quinquefasciatus*. *Pest. Sci.* **11**, p. 617–624.
200. **OMER SM., GEORGHIOU GP., IRVING SN., 1980** - DDT/pyrethroid resistance inter-relationships in *Anopheles stephensi*. *Mosq. News* **40**, p. 200–209.

- 201. CHEROUX ,1980** – Incidence des parasites *Aphiduis matricariae*, HAL. (Hym : Aphidiidae) sur la fécondité de son hôte *Myzus persicae* (SULZ) (*Homoptera* : *Aphididae*) à différentes températures. Ann. Zool. Ecol. Anim. 11(3), pp: 359-369.
- 202. KWAN W. H. et GATEHOUSE A. G., 1978** - The effects of low doses of three insecticides on activity, feeding, mating, reproductive performance and survival in *Glossina morsitans morsitans* (Glossinidae). Ent. Exp. Appl., 2.3 : 201-221.
- 203. ROCHEFORT S., LALANCETTE R., LABBE R. B., BRODEUR J., 2006** - Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement, Rapport final – Volet Entomologie, M. D. D. E. P., Québec, 80p.
- 204. BOURG S.P., 2006** – abeille et insecticides phytosanitaires, Thés. Doc. Vete., Univ. Paul-Sabtier, Toulouse, 125p.
- 205. NOBLE-NESBITT J., 1970** - Structural aspects of penetration through insect cuticles. Pestic. Sci. Vol 1, Is 5, pp :169–224.
- 206. BURT P.E., LORD K.A., FORREST J.M. & GOODCHILD R.E., 1971** - The spread of topically applied pyrethrin I from the cuticle to the central nervous system of the cockroach *Periplaneta americana*. Entomol. Exp. Appl. 14. 255-269.
- 207. ATKINS, E.L., KELLUM, D., ATKINS, K.W. 1981** Reducing pesticide hazards to honey bees : mortality prediction techniques and integrated management strategies. *University of California, Leaflet*, , **2883**. 23p.
- 208. JOHANSEN C.A., MAYER DF., EVES J.D., KIOUS C.W., 1983** - Pesticides and bees. *Environ. Entomol.*, **12**, 1513-1518.

- 209. TAYLOR K.S., WALLER G.D., CROWDER L.A., 1987** - Impairment of a classical conditioned response of the honey bee (*Apis mellifera* L.) by sublethal doses of synthetic pyrethroid insecticides. *Apidologie*, **18**, 3, 243-252.
- 210. MILES M., DUTTON R., 2000** - Spinosad—a naturally derived insect control agent with potential for use in integrated pest management systems in greenhouses. In: Proceedings of the BCPC Conference—Pests and Diseases, 13–16 November 2000, Brighton, UK. British Crop Protection Council, Farnham, Surrey, UK, pp: 339–344.
- 211. WILLIAMS T., VALLE J., VINUELA E., 2003** - Is the naturally derived insecticide Spinosad compatible with insect natural enemies? *Biocontrol Sci. Technol.* **13**, 459–475.
- 212. GALVAN T.L., KOCH R.L., HUTCHISON W.D., 2005** - Toxicity of commonly used insecticides in sweet corn and soybean to the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Econ. Entomol.* (in press).
- 213. PROVOST C. CODERRE D., LUCAS E., CHOUINARD G., ET BOSTANIAN N. J., 2002** -Impact d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine sur les prédateurs intraguilides d'acariens phytophages en vergers de pommiers, Conférence internationale francophone d'entomologie - Montréal, 9p.
- 214. EDMUNDS M., 1974** - Defence in animals. A survey of anti-predator defences. Longman, New York. 357 pp.
- 215. LUCAS É., CODERRE D. ET BRODEUR J., 1997** - Instar-specific defense of *Coleomegilla maculata lengi* (Col.: Coccinellidae): influence on attack success of the intraguild predator *Chrysoperla rufilabris* (Neur.: Chrysopidae). *Entomophaga* **42** : 3-12.

- 216. SIH A., 1987** - Predators and prey lifestyles: an evolutionary and ecological overview. Pages 203-224 in W.C. Ketfoot et A. Sih (éds.), Predation. Direct and indirect impacts on aquatic communities. University Press of New England, London.
- 217. BINNS E.S., 1971** - The toxicity of some soilapplied systemic insecticides to *Aphis gossypii* (Hom. Aphididae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acarina : Phytoseiidae) on cucumbers. Ann. Appl. Biol. 67 : 211-222.
- 218. MCCLANAHAN, R.J. 1967** - Food-chain toxicity of systemic acaricides to predacious mites. Nature 215 : 1001.
- 219. KIRITANI K., ET KAWAHARA S., 1973** - Foodchain toxicity of granular formulations of insecticides to a predator, *Lycosa pseudoannulata*, of *Nephotettix cincticeps*. Bochu Kagaku 38 : 69-75.
- 220. OLSZAK R.W., 1999** - Influence of some pesticides on mortality and fecundity of the aphidophagous coccinellid *Adalia bipunctata* L. (Col., Coccinellidae). J. Appl. Entomol. 123: 58-63.
- 221. LORD F.T., 1962** - The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. XI. Effects of low dosages of DDT on predator populations. Can. Entomol. 94 : 204-216.
- 222. DEMOLIS C., 1992** - Abeilles et Deltaméthrine. Bull. Tech. 23. 85-87.
- 223. MESTRES R. et MESTRES G., 1992.** Deltamethrin : Uses and environmental safety. Rev. Environ. Contam. Toxicol. **124** : 1-17
- 224 KRESPI L., 1990** - Etude de la biocénose parasitaire des pucerons des céréales dans le bassin de Rennes : cas particulier d'*Aphidius uzbekistanicus* Luz. Thèse de doctorat, l'Université de Rennes I, pp : 80-105.

- 225. GUERRIERI E., POPPY G.M., POWELL W, TREMBLAY E. & PENNACCHIO F., 1999** - Induction and systemic release of herbivore induced plant volatiles mediating in-flight orientation of *Aphidius ervi*. J. Chem. Ecol. 25. 1247-1261.
- 226. LONGLEY M. & STARK J. D., 1996** - Analytical techniques for quantifying direct, residual and oral exposure of an insect parasitoid to an organophosphate insecticide. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 57 : 683-690.
- 227. E.P.A., 1997.** Spinosad Pesticide Fact sheet No. 501C. Environmental Protection Agency, Office of Pesticides and Toxic substances. Available from: <www.epa.gov>.
- 228. WORTHING C.R., 1979** - The pesticide manual. A world compendium. 6th edition. British crop Protection Council. 119 ; 137 ; 432.
- 229. CLUZEAU S. & PATERNELLE M.C., 2000.** - Index phytosanitaire. 36ème édition. ACTA. 73 ; 78- 79 ; 117 pp.
- 230. PAP L., 2003** - Pyrethroids. Encyclopedia of Agrochemicals. Agro-Chemie Ltd., Budapest, Hungary Published Online: 15 APR 2003.
- 231. DARRIET F., GUESSAN R. N., HOUGARD J.-M., TRAORE-LAMIZANA M. & CARNEVALE P., 2002** - Un outil expérimental indispensable à l'évaluation des insecticides: les cases-pièges. *bull. soc. patho. exot.*, **95**, 4, 299-303.
- 232. OZTURK S., 1997** - Pesticides. Istanbul, Turkey: Ak Publisher. 551p.
- 233. NABI A.L., HILAL S., NIMET S. G. et and MEHMET O.G. 2009** - resistance to chlorpyrifos and lambda-cyhalothrin along with detoxifying enzyme activities in field-collected female populations of European red mite, *Phytoparasitica* Vol. 37, N.1, pp : 7-15.

- 234. KIYINDOU A., 1990** - étude biologique de *diomus hennesseyi fürsch* (coleoptera, coccinellidae) détermination de ses aptitudes prédatrices pour lutter contre la cochenille du manioc *phenacoccus manihoti* mat. ferr. (homoptera, pseudococcidae).Dip. Uni. de Rech., NICE, 136p.
- 235. WEHLING A., HEIMBACH U., 1991** - Untersuchungen zur Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Spinnen (Araneae) am Beispiel einiger Insektizide. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 43, 24–30.
- 236. MALONEY D., 2002** - The ecology of wolf spiders (Lycosidae) in lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*) agroecosystems. M.Sc. Dissertation, U. of Maine, Maine, USA. Krause, U., Pfaff, K., Dinter, A., Poehling, H.M., 1993. Nebenwirkungen von Insektiziden, vor allem Pyrethroiden, auf epigaäische Spinnen bei der Bekämpfung von Getreideblattläusen. Agrarökologie 9, 1–147.
- 237. EPSTEIN D.R., ZACK R., BRUNNER J., GUT L., BROWN J., 2000** - Effects of broad-spectrum insecticides on epigeal arthropod biodiversity in Pacific Northwest apple orchards. Environ. Entomol. 29, 340–348.
- 238. GREENSTONE M.H., 1999** - Spider predation: how and why we study it. J. Arachnol. 27, 333–342.
- 239. SUNDERLAND, K.D., 1999** - Mechanisms underlying the effects of spiders on pest populations. J. Arachnol. 27, 308–316.
- 240. BOZSIK A., 2009** - Response of various lacewing species (neuroptera: chrysopidae) to some pyrethroid insecticides, *Fascicula: Protecția Mediului* Vol. XIV, 5p

241. **MEDINA P., BUDIA F., DEL ESTAL P., VIÜELA E., 2003** - Effects of three modern insecticides, pyriproxyfen, spinosad and tebufenozide, on survival and reproduction of *Chrysoperla carnea* adults. *Ann. Appl. Biol.* 142, 55–61.
242. **CISNEROS J., GOULSON D., DERWENT L. C., PENAGOS D. I., HERNÁNDEZ O. et WILLIAMS T., 2002** - Toxic Effects of Spinosad on Predatory Insects. *Biological Control* 23, 156–163.
243. **LUDWIG S.W., OETTING R.D., 2001** - Effect of spinosad on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) when used for *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) control on greenhouse pot chrysanthemums. *Fla. Entomol.* 84, 311-313.
244. **THOEMING G., POEHLING H.-M., 2006** - Integrating soil-applied azadiractin with *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Hypoaspis miles* (Acari: Laelapidae) for the management of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Environ. Entomol.* 35, 746-756.
245. **SCHNEIDER M.I., SMAGGHE G., PINEDA S., VIÜELA E., 2004** - Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third-instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. *Biol. Control* 31, 189–198.
246. **TILLMAN PG, MULROONEY JE., 2000** - Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology* 93: 1638-1643.
247. **DELORME R., 1976** - Evaluation en laboratoire de la toxicité pour *Diaeretiella rapae* (Hym : Aphidiidae) des pesticides utilisés en traitement des parties aériennes des plantes. *Entomophaga.* 21. 19-29.

APPENDICE A

Les travaux d'entretien et de protection pour le verger d'agrume

Mois	Entretien			Traitement	
	Travail	Irrigation	Fertilisation	Produit	Dose/ha
Février	taille	-----	15/15/15	Huile blanc	20 L/ha
				Cuivre	6kg/ha
Mars	-----	-----	-----	Cymidon	1kg
Avril	-----	-----	-----	Elite	1Kg
Mai	-----	Chaque 15 jour	-----	Drisbon	2 L/ha
Juin	-----	Chaque 15 jour	Urée 64%	Abamictine	1L
Juillet	Travail de sol	Chaque 15 jour	-----	Mondial	1L
Aout	-----	Chaque semaine	-----	-----	-----
Septembre	Installation des pièges à phéromone pour la cératite	Chaque 15 jour	NPK 15-15-15	-----	-----

APPENDICE B

Les travaux d'entretien et de protection pour la culture de tomate

mois	Entretien			Traitement	
	Travail de sol	Irrigation	Fertilisation	Produit	Dose/ha
Avril	–	–	NPK 15/30/15	Diazain	1,25L
Mai	Plantation				
	binage buttage	–	-----	Cleaner	1L
				Medomil	3,5kg
				Ghazal	300g
	binage			Medacol	3Kg
installation des piège à phéromone pour la mineuse de tomate	Chaque 3 à 4 jour	Impala		0,5L	
Juin	–	Chaque 3 à 4 jour	NPK 15/15/15_	–	–
Juillet	–	Chaque 3 à 4 jour	–	–	–

APPENDICE C₁

Les espèces recensées dans le verger d'Agrume.

Abréviation	Ordre	Famille	Espèce
A.bip	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Adalia bipunctata</i> (Lin., 1758)
A.cit	Hemiptera	Aphidae	<i>Aphis citricola</i> (Patch. 1914)
A.floc	Hemiptera	Aleurodidae	<i>Aleurothrocsus, floccosus</i> (Mas., 1867)
A.gos	Hemiptera	Aphidae	<i>Aphis gossypii</i> (Glov., 1877)
Adonia	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Adonia</i> sp
Aphaen	Hymenoptera	Formida	<i>Aphaenogaster</i> sp
Aphis	Hemiptera	Aphidae	<i>Aphis</i> sp
Beth	Hymenoptera	Bethylidae	<i>Bethylidae</i> sp
Brac1	Hymenoptera	Braconidae	<i>Braconidae</i> sp1
Brac2	Hymenoptera	Braconidae	<i>Braconidae</i> sp2
Brac3	Hymenoptera	Braconidae	<i>Braconidae</i> sp3
C.bic	Hymenoptera	Formida	<i>Cataglyphis bicolor</i> (Fab., 1793)
C.bip	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Chilocorus bipestulatus</i> (Leach, 1815)
C.cap	Diptera	Trepetidae	<i>Ceratitis capitata</i> (Wied., 1824)
C.sep	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i> (Lin., 1758)
Chal1	Hymenoptera	Chalcidae	<i>Chalcidae</i> sp1
Chal2	Hymenoptera	Chalcidae	<i>Chalcidae</i> sp2
Chrys1	Nevroptera	Chrisopidae	<i>Chrysopidae</i> sp1
Chrys2	Nevroptera	Chrisopidae	<i>Chrysopidae</i> sp2
D.citri	Hemiptera	Coccidae	<i>Dialeurodes citri</i> (Ash., 1885)
Gnaph	Araneae	Gnaphosidae	<i>Gnaphosidae</i>
I.pur	Hemiptera	Coccidae	<i>Icerya purchasi</i> (Maskell, 1878)
Ichneu1	Hymenoptera	Ichneumonidae	<i>Ichneumonidae</i> sp1
Ichneu2	Hymenoptera	Ichneumonidae	<i>Ichneumonidae</i> sp2
L.beck	Hemiptera	Coccidae	<i>Lepidosaphes beckii</i> (Newman, 1887)
Lepty	Araneae	Linyphiidae	<i>Lepthyphantes</i> sp
Lyco1	Araneae	Lycosidae	<i>Lycosidae</i> sp1
Lyco2	Araneae	Lycosidae	<i>Lycosidae</i> sp2
Mess	Hymenoptera	Formidae	<i>Messor</i> sp
Mycet1	Diptera	Mycetophilidae	<i>Mycetophilidae</i> sp1
Mycet2	Diptera	Mycetophilidae	<i>Mycetophilidae</i> sp2
Némato1	Diptera		<i>Nématocéra</i> sp2
Némato2	Diptera		<i>Nématocéra</i> sp3
Némato3	Diptera		<i>Nématocéra</i> sp4
Némato4	Diptera		<i>Nématocéra</i> sp5
P.citri	Hemiptera	Coccidae	<i>Planococcus citri</i> (Risso, 1886)

APPENDICE C₂

Les espèces recensées dans le verger d'Agrume.

Abréviation	Ordre	Famille	Espèce
P.ziz	Hemiptera	Coccidae	<i>Parlatoria zizyphi</i> (Lucas, 1853)
Ph.citre	Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Phyllocnistis citrella</i> (Stainton, 1889)
Salt	Araneae	salticidae	<i>Salticidae</i>
Strat1	Diptera	Stratiomyidae	<i>Stratiomyidae sp1</i>
Strat2	Diptera	Stratiomyidae	<i>Stratiomyidae SP2</i>
Tetram	Hymenoptera	Formidae	<i>Tetramorium sp</i>
T.aur	Hemiptera	Aphidae	<i>Toxoptera aurantii</i> (B.D.F. 1841)
Tach1	Diptera	Tachinidae	<i>Tachinidae sp1</i>
Tach2	Diptera	Tachinidae	<i>Tachinidae sp1</i>
Tetrasp	Acari	Tetranychidae	<i>Tetranychus sp</i>
Thom	Araneae	Thomisidae	<i>Thomisidae sp</i>
Tricho	Hymenoptera	Trichogrammatidae	<i>Trichogrammatidae</i>

APPENDICE D₁

Les espèces recensées dans la parcelle tomate.

Abréviation	Ordre	Famille	Espèce
A.bip	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Adalia bipunctata</i> (L., 1758)
A.dec	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Adalia decempunctata</i> (L., 1758)
And	Hymenoptera	Andrenidae	<i>Andrena</i> sp
Aph	Hymenoptera	Braconidae	<i>Aphidius</i> sp
Apho	Coleoptera	Aphodiidae	<i>Aphodius</i>
A.mel	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (L., 1758)
Bet1	Hymenoptera	Bethylidae	<i>Bethylidae</i> sp1
Bet2	Hymenoptera	Bethylidae	<i>Bethylidae</i> 02
Calo	Coleoptera	Carabidae	<i>Calosoma</i> sp
Caps1	<i>Heteroptera</i>	Miridae	<i>Capsidae</i> sp1
Caps2	<i>Heteroptera</i>	Miridae	<i>Capsidae</i> sp2
Carp	Coleoptera	Carpophilidae	<i>Carpophilus</i>
C.bic	Hymenoptera	Formicidae	<i>Cataglyphis bicolor</i> (Fabricius, 1793)
Cec	Diptera	Cecidomyiidae	<i>Cecidomyiidae</i> sp
Chir	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomidae</i> sp
Chlo	Diptera	Chloropidae	<i>Chloropidae</i> sp
chrys1	Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysopidae</i> sp1
Chrys2	Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysopidae</i> sp2
C.spem	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i> (L., 1758)
Empis	Diptera	Empididae	<i>Empis</i> sp
Gnap1	Araneae	Gnaphosidae	<i>Gnaphosidae</i> sp1
Gnap2	Araneae	Gnaphosidae	<i>Gnaphosidae</i> sp2
Gnap3	Araneae	Gnaphosidae	<i>Gnaphosidae</i> sp3
Hali	Hymenoptera	Halictidae	<i>Halictidae</i> sp
Jas	Hemiptera	Jassidae	<i>Jasside</i> sp
Lasio	Hymenoptera	Halictidae	<i>Lasioglossum</i> sp
Lept1	Araneae	Linyphiidae	<i>Lepthyphantes</i> sp1
Lept2	Araneae	Linyphiidae	<i>Lepthyphantes</i> sp2
Lyco1	Araneae	Lycosidae	<i>Lycosidae</i> sp1
Lyco2	Araneae	Lycosidae	<i>Lycosidae</i> sp2
Lyco3	Araneae	Lycosidae	<i>Lycosidae</i> sp3
Macr	Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Macrothorax</i>
Macro	<i>Heteroptera</i>	Capsidae	<i>Macrolophus</i> sp
Man	Mantodea	Mantodae	<i>Mantis</i> sp
Mcro	Hemiptera	Aphididae	<i>Macrosiphum</i> sp
Mes	Hymenoptera	Formicidae	<i>Messor barbarus</i> (L., 1767)
Mus1	Diptera	Muscidae	<i>Muscidae</i> sp1

APPENDICE D₂

Les espèces recensées dans la parcelle tomate

Abréviation	Ordre	Famille	Espèce
Mus2	Diptera	Muscidae	<i>Muscidae sp2</i>
Mus3	Diptera	Muscidae	<i>Muscidae sp 3</i>
Mus4	Diptera	Muscidae	<i>Muscidae sp4</i>
Mus5	Diptera	Muscidae	<i>Musidae sp5</i>
Mus6	Diptera	Muscidae	<i>Musidae sp6</i>
Myce1	Diptera	Mycetophilidae	<i>Mycetophilidae sp</i>
Myce2	Diptera	Mycetophilidae	<i>Mycetophilidae sp2</i>
Myce3	Diptera	Mycetophilidae	<i>Mycetophulidae sp3</i>
Myz	Hemiptera	Aphididae	<i>Myzus sp</i>
Oxy	Coleoptera	Staphylinidae	<i>Oxytelus sp</i>
Phil	Coleoptera	Staphylinidae	<i>Philonthus sp</i>
phlu	Diptera	Psychodidae	<i>phlebotomus sp</i>
Phor	Diptera	Phoridae	<i>Phoridae sp</i>
Plur	Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Pleurophorus sp</i>
Rhop	Hemiptera	Aphididae	<i>Rhopalosiphum sp</i>
salt	Araneae	salticidae	<i>Salticidae</i>
Sci	Diptera	Sciaridae	<i>Sciaridae</i>
Scy	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Scyminus sp</i>
Stra	Diptera	Stratiomyidae	<i>Stratiomyiidés sp</i>
Synt	Coleoptera	Carabidae	<i>Synthomus sp</i>
Tach1	Diptera	Tachinidae	<i>Tachinidae sp 1</i>
Tach2	Diptera	Tachinidae	<i>Tachinidae sp 2</i>
Tach3	Diptera	Tachinidae	<i>Tachinidae sp 3</i>
Tap	Hymenoptera	Formicidae	<i>Tapinoma nigerrimum (Nylander, 1856)</i>
Tetra	Acari	Tetranychidae	<i>Tetranychus sp</i>
Thom1	Araneae	Thomisidae	<i>Thomisidae sp1</i>
Thom2	Araneae	Thomisidae	<i>Thomisidae sp2</i>
Thrip	Thysanoptera	Thripidae	<i>Thripidae sp</i>
Tria	Hemiptera	Aleyrodidae	<i>Trialeurodes sp</i>
T.abs	Lepidoptera	Gelechiidae	<i>Tuta absoluta (Meyrick, 1917)</i>
V.vul	Hymenoptera	Vespidae	<i>Vespula vulgaris (L., 1758)</i>