

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Thème

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
ACADEMIQUE EN SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

SPECIALITE: PHYTOPHARMACIE APPLIQUEE

Etude de l'entomofaune opophage des agrumes et de son
complexe ennemis naturels. Perspectives de lutte

Présenté par : BOUALAM Lina

Mme. BABA AISSA K.	M.A.A	U.S.D.B	Présidente
Mr. AROUN M.E.F.	M.C.B	U.S.D.B	Promoteur
Mr. DJAZOULI Z.E.	PR	U.S.D.B	Co-promoteur
Mme. AMMAD F.	M.C.B	U.S.D.B	Examinatrice

Année Universitaire : 2015/2016

Remerciements

Je tiens à remercier avant tout dieu الله le tout puissant de m'avoir accordé la force, la patience, la santé et le courage pour accomplir ce modeste travail.

*Je tiens à témoigner toute ma gratitude et tout mon respect à mon promoteur Monsieur **AROÛN M.E.F.** pour son aide, sa dynamique, ces conseils précieux et sa disponibilité. Mes sincères remerciements.*

*Je tiens à remercier aussi monsieur **DJAZOULI Z.E.D.** de bien vouloir de guider mon travail.*

*Mes vifs remerciements s'adressent aux membres de jury Mme **AMMAD F.** l'examinatrice, Mme **BABA AISSA K.** la présidente qui ont accepté de consacrer de leur temps précieux pour juger ce travail*

*J'adresse également mes sincères remerciements à tout qui m'ont aidé pour réaliser ce travail, Mme **GUESMI F.** technicienne de labo de zoologie, Mme **DJEMAI Y.***

Et enfin je remercie de tout mon cœur tous mes amis et mes proches qui m'ont aidé pendant les périodes difficiles.



Dédicace :

Je dédie ce travail à toute âme qui croit en la noblesse de la quête du savoir, à toute personne qui a pris ce pénible chemin d'apprendre et de transmettre la connaissance car c'est celles-ci sans doute, qui en donne du sens et du mérite à la valeur d'être humain

A tous mes profs sans exception, à toute personne chère à coté de mon cœur, à ma mère, la lumière de ma vie, à mon père la force de volonté, à mon trésor, mes trois chères frères, à mon prince Adam Abderrahmane, à ma grande sœur, ma fierté et mon leader, à toutes mes cousines et ma grande famille.

*A l'incarnation de la diligence et du sérieux, à
Mr DJAZOULI*

A la personne que je considère comme deuxième père, comme source infinie d'inspiration et du respect, Mr AROUN MOHAMED EL FOUJHIL.

LMA



Etude de l'entomofaune opophage des agrumes et de son complexe ennemis naturels. Perspectives de lutte.

Résumé

L'agrumiculture algérienne fait face à de nombreux défis endommageant la production végétale. Des dégâts imposants sont directement liés à l'entomofaune opophage.

Notre travail c'est basé sur l'étude de l'entomofaune opophage et de son complexe ennemis naturels dans un verger d'agrumes dans la Mitidja. Le suivi a duré trois mois afin d'estimer le ravageur le plus répondeur et d'évaluer l'effet insecticide du produit synthétique préconisé. Les résultats montrent que l'agrumiculture comprend une importante entomofaune où l'abondance de *Parlatoria zizyphus* et *Aphis spiraecola* (espèces proies) est prédominante, ce qui permet d'assurer une ressource alimentaire aux différents consommateurs secondaires. L'application du traitement prototype sur *Parlatoria zizyphus* montre que l'application double du produit prototype exprime une importante efficacité par rapport à l'application unique en vers les individus du premier stade larvaire L₁ et les femelles adultes de *Parlatoria zizyphus*.

Mots clés : consommateurs secondaires; insecticide ; *Parlatoria zizyphus* ; produit prototype ; statut écologique

Study of citrus opophagous entomofauna and its complex circle of its natural enemies. A perspective of fight.

Abstract

The citrus agriculture in Algeria faces a number of challenges which inflicts its vegetable production. Severe damages are caused by the entomophagous sap feeding insects.

Our work revolves around studying the entomophagous sap feeding insects and the circle of its natural enemies in a citrus orchard located in the Metija. The follow up covers a span of three months in order to localise the most dominant opophagous sap feeding insect and to assess the utilised synthetic pesticide's impact on it . The results show that the citrus agriculture comprises an important entomofauna where the *Parlatoria zizyphus* and *Aphis spiraecola* (prey species) are abundant species assuring a nutritional resource to different secondary consumers. The double application of the prototype insecticide on the *Parlatoria zizyphus* displays a significant toxic effect on the first larval stage individuals L1 as well as on the adult females of the *Parlatoria zizyphus* when compared to a single application of the same product.

Keywords : secondary consumers ; insecticide ; *Parlatoria zizyphus* ; prototype product ; ecological status.

دراسة الحشرات المتغذية على النسغ و أعداءها الطبيعية في منظور مكافحة

الملخص

تواجه زراعة الحمضيات في الجزائر عدد من التحديات التي تؤثر سلبا على الإنتاج الزراعي، حيث تتسبب الحشرات المتغذية على النسغ في أضرار كبيرة.

تتمحور دراستنا حول الحشرات المتغذية على النسغ و فئة أعداءها الطبيعية في حقل للحمضيات بالمتيجة . المتابعة الميدانية دامت ثلاثة أشهر من اجل التعرف على النوع الأكثر انتشارا ضمن هذه الفئة و تقييم نجاعة المبيد الحشري التجريبي. أظهرت النتائج أن حقل الحمضيات يحوي عددا هاما من الحشرات حيث تنصدر حشرة المن *Aphis spiraecola* والقزميات *Parlatoria zizyphus* الأغلبية من حيث الهيمنة العددية موفرة بذلك المصدر الغذائي للمستهلكين الثانويين. كما اظهر أن استعمال المبيد الحشري التجريبي بمعدل الضعف علي الحشرات القرمية يمتلك مفعولا ساما أكثر نجاعة من استعماله المفرد. وذلك بتأثيره على الأفراد التالية : اليرقات خلال المرحلة الاولى وكذا الإناث البالغة

الكلمات المفتاحية : المستهلكين الثانويين ; مبيد حشري , *Parlatoria zizyphus* ; مبيد تجريبي , التوقع البيئي .

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : les interactions trophiques	1
Introduction	1
1	
1. Relations plantes, insectes phytophages et ennemis naturels.....	1
1.1. Le réseau trophique.....	1
1.2. Les interactions multitrophiques.....	2
1.3. Les différents types d'interactions dans l'écosystème	2
1.3.1. Le mutualisme.....	2
1.3.2. Le commensalisme.....	3
1.3.3. L'amensalisme.....	3
1.3.4. Le neutralisme	3
1.3.5. La compétition.....	4
1.3.6. La prédation.....	4
1.3.7. Compétition- prédation intragilde.....	4
1.3.8. Le parasitisme.....	5
1.4. La cascade trophique.....	6
1.5. La régulation des populations dans les réseaux trophiques.....	7
1.6. La communication entre les insectes (interaction insectes-insectes)...	7
1.6.1. Les substances allélochimiques	8
1.6.1.1. Les phéromones	8
1.7. Les interactions plantes hôtes-insectes phytophages.....	9
1.7.1. La sélection de la plante hôte.....	10
1.7.2. Fonctions des composés chimiques olfactifs libérés par les plantes.....	11
1.8. Communication plantes-plantes par les composés organiques volatiles.....	12

1.9. Communication plantes-ennemis naturels.....	13
1.10. Communication insectes phytophages-ennemis naturels.....	13
2. La défense des plantes.....	14
3. Le contrôle des cultures.....	16
3.1. La lutte chimique.....	18
3.1.1 Les pesticides.....	18
3.1.1.1. Les insecticides.....	19
3.1.1.2. Les avantages des insecticides.....	19
3.1.1.3. Les désavantages des insecticides.....	20
4. Nouvelles matières actives.....	22
5. Les agrumes, ravageurs et leurs ennemis.....	22
5.1. Agrumes.....	22
5.2. Les ravageurs des agrumes et leurs ennemis.....	22
CHAPITRE II : Matériel et méthodes.....	25
Objectif.....	25
1. Présentation de la région d'étude.....	25
1.1. Situation géographique.....	25
1.2. Présentation de station d'étude.....	26
1.3. Présentation de verger d'agrumes.....	26
2. Matériels utilisés.....	27
2.1. Matériel biologique végétal.....	27
2.2. Matériel biologique animal.....	28
3. Méthode d'étude.....	29
3.1. Avant traitement.....	29
3.1.1 Echantillonnage.....	29
3.1.2 Identification au laboratoire.....	30
3.2. Application du traitement.....	30
3.2.1. Dispositif expérimentale.....	31
3.2.2. Echantillonnage.....	32
4. Exploitation des résultats.....	32
4.1. Indices écologiques.....	32
4.1.1. La richesse du peuplement.....	32
4.1.2. Constance.....	32

5. Indices de diversités.....	33
5.1. Indice de diversité de Shannon (H).....	33
5.2. indice de diversité de Shannon-Wiener.....	33
6. Analyses statistiques.....	34
6.1. Analyses uni variées multi variées.....	34
6.2. Analyses multi variées (PAST vers. 1.37, Hammer et <i>al.</i> , 2001).....	34
6.3. Test cross corrélation (Logiciel PAST 2,11; Hammer et <i>al.</i> , 2001).....	34
6.4. Test de Wilcoxon.....	34
CHAPITRE III : Résultats et interprétation.....	35
1. Résultats.....	35
1.1. Diversité de l'entomofaune associé aux agrumes.....	35
1.2. Structure écologiques des communautés de l'entomofaune.....	36
1.3. Analyse de la diversité globale des groupes fonctionnels.....	37
1.4. Pyramide de la cascade trophique dans l'agroagrumicole.....	38
1.5. Les indices de diversités.....	40
1.6. Estimation de l'effet de produit synthétique sur la population résiduelle de <i>Parlatoria ziziphus</i>	40
1.6.1. Présence des effectifs selon les stades biologiques.....	40
1.6.2. Distribution des effectifs dans les deux blocs avant traitement	41
1.7. Evolution temporelle de la population globale de <i>Parlatoria ziziphus</i> sous l'effet de traitement dans les deux blocs traités en fonction des stades biologiques.....	42
1.7.1. Evolution temporelle de la population globale de <i>Parlatoria</i> <i>ziziphus</i> L1 sous l'effet de traitement dans les deux blocs traités.....	42
1.7.2. Evolution temporelle de la population globale de <i>Parlatoria</i> <i>ziziphus</i> des femelles sous l'effet de traitement dans les deux blocs traités.....	43
CHAPITRE IV : Duscution.....	45
1. Diversité entomologique des écosystèmes.....	45
2. Analyse de la diversité globale des groupes fonctionnels.....	46
3. Cascade des niveaux trophiques.....	46

4. Evaluation de l'effet insecticide d'un produit synthétique sur <i>Parlatoria</i>	
zizyphus.....	47
CONCLUSION.....	50
Référence bibliographique	

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Abréviation	Signification
AFC	analyse factorielle des correspondances
al	collaborateurs
C	la constance
COVs	Composés Organiques Volatiles
CI	Consommateurs primaires
CII	consommateurs secondaires
EBF	(E)- β -farnésène
Fem	femelle
Fig	figure
g	gramme
ha	hectare
HCN	l'acide cyanhydrique
HIPVs	Herbivore Induced Plant Volatiles/ composés volatiles induits par l'attaque d'herbivores
Hyp	hyperparasitoïde
IGP	prédation intragilde
IPM	integrated pest management/ la lute intégrée
km	kilomètre
L₁	premier stade larvaire
L₂	deuxième stade larvaire
m	mètre
ml	millilitre
mol	mole
N°	numéro
Nym	nymphe
Par	parasitoïde
Pre	prédateur

Prénym	prénympe
Rop	ravageur opophage
S.D	sans date
Sp.	espèce
T	temps
Tab	tableau
TD	Traitement Double
TU	Traitement Unique
°	degré

Liste des tableaux

Tableau 1: Quelques familles chimiques de pesticides et leurs cibles principales.....	18
Tableau 2: Principaux ravageurs des agrumes.....	24
Tableau 3: Abondance et richesse de la biocénose de l'entomofaune des agrumes.....	35
Tableau 4: Structure écologiques de l'entomofaune.....	36
Tableau 5: Les indices de diversité.....	40
Tableau 6: Variation de distribution des effectifs de différents stades biologiques dans les blocs traités avant traitement.....	41
Tableau 7: Variation de l'effet du traitement sur les effectifs larves du premier stade L ₁ dans les blocs traités.....	43
Tableau 8: Variation de l'effet du traitement sur les effectifs femelles de la population résiduelle dans les blocs traités.....	44

Liste des figures

Figure 1: Chaîne alimentaire.....	1
Figure 2: Système de la prédation intragilde IGP.....	5
Figure 3: Aphelinus (parasitoïde) pondant dans un puceron.....	6
Figure 4: Emergence de <i>Lysiphlebus testaceipes</i> (parasitoïde) d'une momie de puceron.....	6
Figure 5: Présentation schématique d'une cascade trophique plante-phytophage-prédateur.....	6
Figure 6: Les signaux chimiques de communication (sémiochimiques).....	7
Figure 7: Effets des phéromones de déclenchement et d'amorçage.....	9
Figure 8: Etapes de la sélection de la plante hôte par l'insecte phytophage....	11
Figure 9: Les quatre grandes familles de composés organiques volatils et leurs voies de biosynthèse.....	12
Figure 10: Schéma des interactions des plantes avec leur environnement via les COV.....	13
Figure 11: Catégories de défense chez plantes contre les herbivores.....	15
Figure 12: Les grands principes de la protection intégrée des cultures.....	17
Figure 13: Voies de dispersion et de transfert des insecticides dans l'environnement.....	20
Figure 14: Synthèse des interactions ravageurs-auxiliaires-flore en verger d'agrumes.....	23

Figure 15: Situation géographique de la Mitidja.....	25
Figure 16: Plan parcellaire de la station expérimentale.....	26
Figure 17: Matériel biologique végétale " Thomson".....	27
Figure 18: Ravageurs opophage.....	28
Figure 19: Les cochenilles.....	28
Figure 20: Ennemis naturels.....	29
Figure 21: Schéma récapitulatif de la logique de traitement appliqué.....	30
Figure 22: Dispositif expérimental du produit appliqué.....	31
Figure 23: Projection des groupes fonctionnels d'insectes sur le plan d'ordination de l'AFC de Janvier à Avril.....	38
Figure 24: Pyramide de cascade trophique dans l'arboriculture d'agrumes.....	39
Figure 25: La présence moyenne des effectifs de <i>Parlatoria ziziphus</i> en fonction des stades biologiques avant traitement dans les deux blocs traités...	41
Figure 26: Evolution temporelle de la population globale de <i>Parlatoria</i> <i>ziziphus</i> stade larvaire L ₁ sous l'effet de traitement dans les deux blocs.....	42
Figure 27: Evolution temporelle de la population globale de <i>Parlatoria</i> <i>ziziphus</i> des femelles sous l'effet de traitement dans les deux blocs.....	44

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale à travers le monde entier. Les agrumes en particulier ont une grande importance dans le développement économique et social des pays producteurs, ils constituent des produits d'exportation et de transformation en divers dérivés tels que les boissons, confitures, essences, comme ils peuvent être une source d'emplois **(Loussert, 1989)**.

La culture des agrumes est confrontée à des contraintes biotiques et abiotiques croissantes dans les principales régions de production **(Homon et al., 1999)**. L'Algérie, par sa situation géographique et son climat faisait partie des grands pays producteurs d'agrumes du bassin méditerranéen, cependant, elle a dû faire face aux mêmes contraintes qui ont affecté sa production considérablement. En effet les insectes constituent une part non négligeable de cette baisse de rendement **(Biche et al., 2011)**.

Parmi les insectes dommageables des agrumes, les insectes opophages (cochenilles, aleurodes, pucerons...) qui affaiblissent l'arbre à cause de leurs piqûres et leurs prélèvements continus de sève entraînant ainsi la réduction de la surface photosynthétique des feuilles suite à l'installation de la fumagine qui provoque des pertes de rendement **(Biche et al., 2011)**. Ce groupe d'insecte peut être aussi la cause d'une gamme de maladies virales telle que la tristeza ; la psorose et la gommosse dans les vieilles plantations, c'est pour cette raison que la lutte est nécessaire **(Sahraoui et Hemptinne, 2009)**.

Dans ce contexte de protection et de préservation de la culture, nous nous sommes intéressés à étudier d'une part l'entomofaune opophage des agrumes et son complexe ennemis naturels. D'autre part nous nous sommes posés la question de savoir si le produit prototype synthétique choisi pour cette étude a un impact toxique sur l'insecte opophage le plus abondant dans le verger d'agrumes expérimental.

CHAPITRE I: PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: Les interactions trophiques

Introduction

Les écosystèmes correspondent aux niveaux d'intégration que déterminent les interactions entre populations animales, végétales et milieu. Ces interactions sont essentiellement réalisées par les liaisons trophiques: connections entre producteurs primaires; consommateurs successifs; dérivores et décomposeurs (**Frontier, 1977**). Ces interactions trophiques sont liées à la complexité et à la diversité de l'entomocénose (**Aroun, 2015**).

Les agrosystèmes sont des écosystèmes maintenus artificiellement par l'homme dans un état juvénile (non équilibre) (**Sutu, 2015**). Dans lesquels, le réseau trophique est souvent simplifié et centré sur les plantes cultivées et leurs bios agresseurs. Il se réfère à une réduction du nombre des interactions trophiques comparé à un écosystème naturel. De ce fait, et sans intervention de l'homme pour contrôler les populations d'organismes nuisibles, ce réseau trophique est rarement dans un état équilibré naturellement (**Mollot, 2012**).

1. Relations plantes, insectes phytophages et ennemis naturels

1.1. Le réseau trophique

Les réseaux trophiques sont composés de chaînes alimentaires (fig. 1) qui représentent le passage de l'énergie d'un producteur primaire vers une série de consommateurs à des niveaux trophiques progressivement plus élevés (**Ricklefs et Miller, 2005**). Ces réseaux trophiques sont créés par les interactions multiples entre des guildes d'espèces utilisant les mêmes ressources (**Pinel-Alloul et al., 1998**).

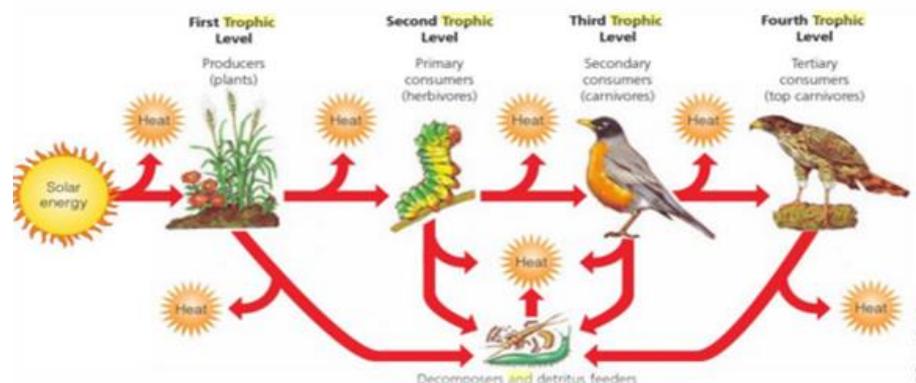


Figure 1: Chaîne alimentaire (Miller et Spoolman, 2014)

1.2. Les interactions multitrophiques

Les interactions multitrophiques régissent les relations entre les organismes des différents niveaux trophiques (**Laurin-Lemay, 2010**). Dans ce système d'interactions, les relations sont basées sur au moins trois interagissants niveaux trophiques, les plantes, les herbivores et les ennemis naturels des herbivores "relations tritrophiques" (**Price, 1980**). C'est pour quoi **Price et ses collaborateurs (1980)** intègrent le troisième niveau trophique dans les interactions plantes-insectes en particulier les insectes prédateurs, les parasites et les parasitoïdes participants à la défense de la plante.

1.3. Les différents types d'interactions dans l'écosystème

Dans les écosystèmes, différents types d'interactions peuvent avoir lieu. Ces interactions peuvent être à effet négatif ou bénéfique réciproques ou à effet bénéfique pour l'un et néfaste pour l'autre, comme elles peuvent être bénéfiques pour l'un et neutres pour l'autre. (**Grangier, 2008**).

1.3.1. Le mutualisme

Dans ce cas, les deux espèces interagissantes encourent un bénéfice net (**Pringle et al., 2013**). **Kearns et Inouye (1997)** donnent l'exemple du mutualisme plantes-insectes pollinisateurs. Lorsque les insectes ont commencé à acquérir la nourriture des fleurs. Ils ont contribué par leur effet sur le mouvement de pollen à une réussite plus élevée de la reproduction.

En 2013, **Pringle et al.** ajoutent que les interactions mutualistes entre les espèces sont souvent plus fortes lorsque les ressources sont limitées.

Lorsque le mutualisme nutritionnel est obligatoire, il devient parmi les formes sophistiquées de symbiose, dans laquelle l'hôte et le symbiote sont intégrés dans une entité biologique cohérente et incapable de survivre sans le partenariat (**Nikoh et al., 2014**).

A cet égard, des études ont pu montrer que la capacité des pucerons à utiliser la sève du phloème, avec une faible teneur en acides aminés essentiels, a été attribuée à leurs bactéries symbiotiques, *Buchnera aphidicola*, qui peut synthétiser ces nutriments. Une étude fournit la première démonstration quantitative que la symbiose bactérienne peut répondre à la demande nutritionnelle équilibrée

d'acides aminés des pucerons, a été réalisée par **Akman Gundum et Douglas (2009)** sur la sève du phloème obtenu à partir des stylets coupés des pucerons du pois *Acyrtosiphon pisum* qui s'alimentent sur les plants de *Vicia faba* et qui fournissent généralement des quantités insuffisantes d'au moins un acide aminé essentiel pour soutenir la croissance des pucerons.

Comme le mutualisme peut être un mutualisme de pollinisation, de nutrition, il peut être également de protection. L'un des partenaires fournit en échange de nourriture une protection contre un organisme antagoniste du second (prédateur ou compétiteur). Ceci est l'exemple de mutualisme cité par **Styrsky et Eubanks (2007)** entre les fourmis et leurs partenaires d'hémiptères, où les fourmis sont supposées fournir une protection contre les ennemis naturels en échange du miellat nutritif.

1.3.2. Le commensalisme

D'après la synthèse faite par **Brince (2013)**, le commensalisme est une association biologique qui porte un avantage au commensal (qui ne vit pas aux dépens de son hôte mais qui exige un gîte ou son superflu) et l'absence d'avantage ou désavantage pour l'hôte.

1.3.3. L'amensalisme

L'amensalisme, à l'inverse du commensalisme, est une situation où une population B est perturbée par une population A, sans que la population A y trouve un avantage particulier (**Davet, 1996**).

1.3.4. Le neutralisme

Le neutralisme correspond à l'indifférence. C'est une situation proche de celle d'une absence de rapport (**Pictet, 2014**). Les interactions neutralistes considèrent que les espèces sont des entités indépendantes dont la présence ou l'absence sera sous la dépendance de paramètres propres à chacune de ces espèces, et non sous la dépendance des autres espèces présentes dans l'écosystème (**Beisel et Lévêque, 2010**). Dans ces interactions, les espèces participantes au neutralisme n'ont aucun effet positif ou négatif, l'une sur l'autre, soit dans son ensemble ou par rapport à une ressource ou d'une fonction précise. Comme, il peut avoir lieu même si les différentes espèces utilisent une ressource

universelle, mais à des moments différents ou bien des lieux différents. C'est l'exemple des différentes espèces de plantes qui absorbent l'eau à partir des différents horizons du sol (**Jacke et Toensmeier, 2005**).

1.3.5. La compétition

La compétition est une interaction entre deux ou plusieurs individus essayant d'utiliser une ressource commune essentielle, souvent en quantité limitée (un aliment, un abri ou un espace vital) (**Raven et al., 2008**) et qui ont un effet négatif l'un sur l'autre (**Cain et al., 2006**). **Raven et al. (2008)** ajoutent qu'il peut y avoir compétition entre espèces différentes (compétition interspécifique) ou entre les individus d'une même population (compétition intraspécifique).

1.3.6. La prédation

La prédation est une relation trophique entre organisme hétérotrophes. Dans laquelle un partenaire (prédateur) mange l'autre (la proie) (**Gobat, 2010**). Cette action ne laisse pas de trace au sein de la population hôte, au contraire du parasitisme (**Boissy et al., 2009**).

Michel et Bournier (1997) montre que les insectes prédateurs incluent aussi bien des formes larvaires que des formes adultes. Comme il existe chez certaines espèces, un seul stade du cycle biologique qui est carnivore (adulte de fourmis, larves de syrphes par exemple). Chez d'autres, larves et imagos sont prédateurs (punaise prédatrices, chrysopes, carabes, coccinelles).

1.3.7. Compétition- prédation intragilde

L'intragilde est une combinaison de deux relations "compétition, prédation/parasitisme" qui veut dire tué et mangé les espèces utilisant les mêmes ressources qui sont souvent limités et sont ainsi des compétiteurs potentiels. L'intragilde (fig. 2)

se distingue du concept traditionnel par les gains énergétiques immédiats pour un participant (prédateur) et elle se différencie de la prédation classique car l'acte réduit le potentiel de la compétition (**Polis et al., 1989**).

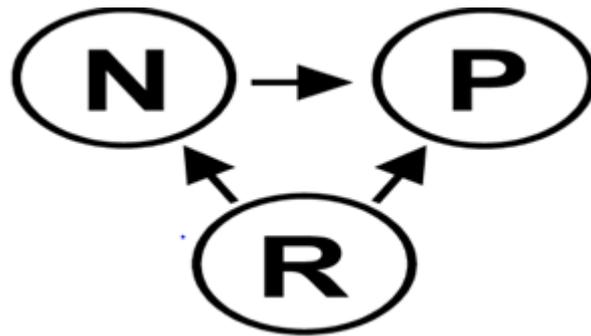


Figure 2: Système simple de la prédation intraguilde IGP (Okuyama et Ruyle, 2003). P (prédateur supérieur), N (prédateur intermédiaire) et R (proies basale: commune). Le sens des flèches indique le flux d'énergie (exp: P mange R)

1.3.8. Le parasitisme

Courtine (2012) définit le parasitisme comme une interaction interspécifique entre deux organismes, par laquelle le parasite se nourrit aux dépens de son hôte, ou se sert de son hôte pour se reproduire (**Suty, 2015**). Cette interaction ne fournit aucun avantage à l'hôte qui est affaibli et endommagé (**Gordh et al., 1999**).

Les parasitoïdes sont les insectes dont les larves se développent aux dépens d'hôtes (**Urban et Urban, 2010**). Ils se différencient d'après **Olkowski et al. (1995)** des parasites qui ne tuent généralement pas leurs hôtes, alors que les parasitoïdes sont toujours mortels pour leurs hôtes. C'est pour quoi, ils sont efficaces dans la lutte contre les populations des ravageurs contrairement aux parasites qui peuvent les affaiblir, mais ne peuvent pas les réguler.

Les parasitoïdes peuvent se développer selon deux modes de parasitisme: les endoparasitoïdes (fig. 3) (se développent à l'intérieur de l'hôte), et les ectoparasitoïdes (se développent à l'extérieur de l'hôte) de façon solitaire (un seul individu par hôte) ou bien d'une façon grégaire (plusieurs individus pour un seul hôte). Ils sont également classés suivant leur type de vie: les idiobiontes, qui entraînent la paralysie et / ou l'arrêt du développement de l'hôte. Le deuxième type est les koinobiontes, qui permettent à l'hôte de continuer et / ou développer, de telle sorte que est tué seulement à un stade ultérieur (fig. 4) (**Mills, 2009**).

Une autre relation trophique peut exister entre les parasitoïdes: l'hyperparasitisme, qui se produit quand un parasitoïde secondaire parasite un parasitoïde primaire (**Mills, 2009**). Dans ce type de relation l'hyperparasitoïde adulte (ou parasitoïdes secondaires) pond sur ou dans un hôte parasitoïde primaire qui a attaqué un autre

insecte (généralement herbivore) et dont la progéniture larvaire cause la mort du parasitoïde primaire (**Sullivan, 2009**).



Figure 3: Aphelinus (parasitoïde) pondant dans un puceron (**Michel et Bournier, 1997**)



Figure 4: Emergence de *Lysiphlebus testaceipes* (parasitoïde) d'une momie de puceron (**Geslin, 2013**)

1.4. La cascade trophique

Le phénomène de "cascade trophique" (fig.5) est un effet indirect qui peut se produire le long d'une chaîne trophique, composée au moins de trois niveaux ou plus. Dans cette relation, chaque consommateur de la chaîne alimentaire est en mesure d'exercer un effet négatif sur les espèces de la population en dessous. Lors d'une augmentation de l'abondance des espèces de haut niveau, aura un effet positif indirect sur les espèces de fond (**Baird et al., 1996**).

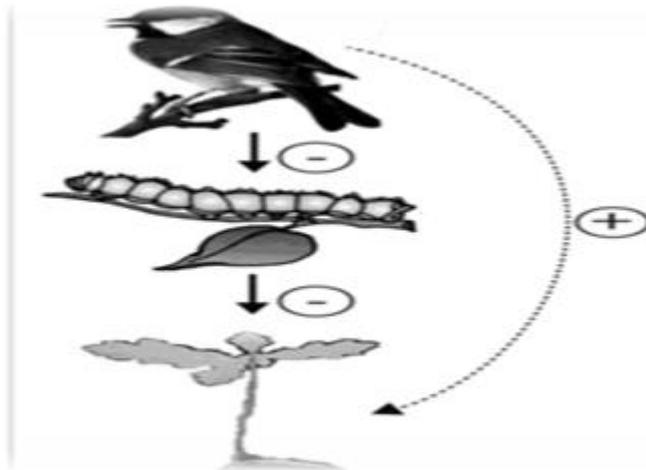


Figure 5: Présentation schématique d'une cascade trophique plante-phytophage-prédateur. (**Corcket et al., 2013**) (-: effet négatif ; +: effet positif)

1.5. La régulation des populations dans les réseaux trophiques

D'après **Miller (2008)**, la régulation d'une population relève essentiellement de deux processus interspécifiques différents : le contrôle par les ressources nutritives disponibles (régulation "bottom up") et le contrôle par la prédation (régulation "top down").

1.6. La communication entre les insectes (interaction insectes-insectes)

La communication est une fonction indispensable à la survie de tous les êtres vivants. Elle peut être par des stimuli de nature chimique (olfaction, gustation); acoustique (audition) visuelle (perception de la lumière); mécanique (toucher) ou électrique. (**Passera et Aron, 2005**). Chez les insectes, la communication chimique est la plus largement utilisée, généralement à plusieurs avantages distincts. A un très faible coût d'émission, elle peut être reçue par un grand nombre d'individus. Comme, elle peut être transmise dans le sombre et dans certains cas, peut durer pendant un laps de temps considérable (**Pawliszyn, 1999**). Cette communication par des signaux chimiques (ou les sémiouchimiques) (fig. 6) (**Mercier et al., 2013**), de volatiles peuvent être échangés soit entre congénères (phéromone); soit entre deux espèces différentes (substances allélochimiques) (**Tanzarella et Mamecier, 2006**).

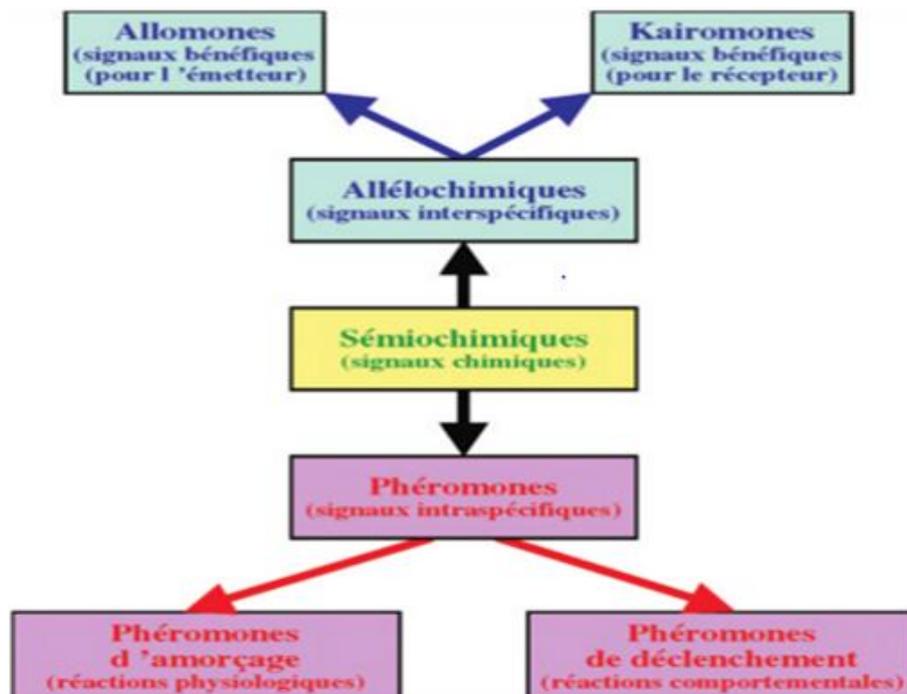


Figure 6: Les signaux chimiques de communication (sémiouchimiques) (**Passera et Aron, 2005**)

1.6.1. Les substances allélochimiques

Ces substances qui interviennent dans de nombreuses relations interspécifiques: prédation, parasitisme, symbiose, mutualisme, sont classées en trois catégories: les allomones, les kairomones et les synomones (**Tanzarella et Mamecier, 2006**).

Blaiey et al. (2010) définissent les trois catégories en fonction des effets qu'ils ont sur l'émetteur et le récepteur. Les allomones sont bénéfiques pour l'organisme qui les a émis, mais préjudiciables à l'organisme de réception. Par contre, les kairomones sont bénéfiques pour le récepteur et préjudiciable à l'émetteur, et en dernier les synomones sont attrayantes à la fois à l'émetteur et le récepteur.

1.6.1.1. Les phéromones

Ces substances chimiques secrétées à l'extérieur par un organisme émetteur, affectent le comportement ou la physiologie d'un autre individu (récepteur) de la même espèce (**Bailey et al., 1978; Champman, 2013; Hardik et Priyanshee, 2014**).

Les phéromones sont elles mêmes divisées en deux groupes: les phéromones d'amorçage (ou "modificatrices" ou "primer pheromones") et les phéromones de déclenchements (ou "incitatrices" ou "releaser pheromones") (**Passera et Aron, 2005**)

Les phéromones d'amorçage (fig. 7) stimulent les changements physiologiques fondamentales dans le récepteur qui le reprogramme pour une réponse altérée, agissant directement sur le système nerveux ou d'un autre système physiologique. La réaction peut ne pas être immédiate pour le déclencheur (à long terme tels que la maturation ou la détermination des castes). Comme, elle peut être une nouvelle réponse qui n'a pas été exprimée précédemment pour ce même stimulus. Ces phéromones sont généralement médiés par des hormones et ne sont pas réversibles, principalement utilisés par des insectes sociaux pour réguler une variété d'interactions sociales (**Klowden, 2007; Capinera, 2010**).

Les phéromones de déclenchement stimulent une réponse comportementale immédiate et réversible qui est médiée par le système nerveux, aussitôt qu'il les perçoit (**Klowden, 2007**).

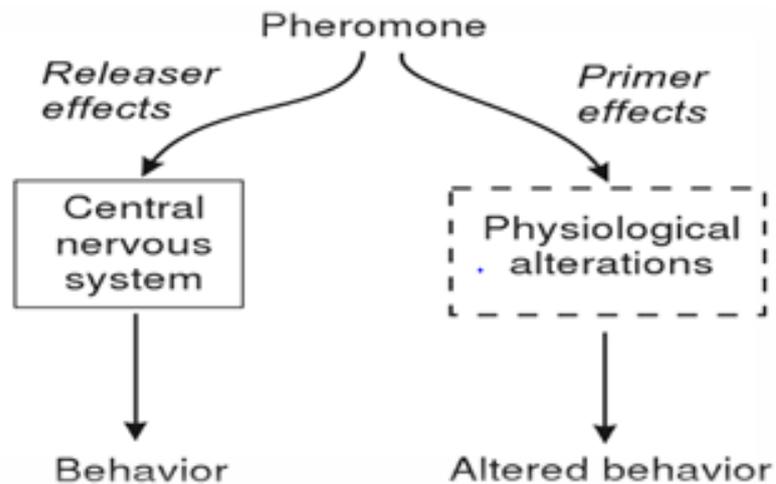


Figure 7: Effets des phéromones de déclenchement et d’amorçage (Klowden, 2007). Les phéromones de déclenchement agissent sur le système nerveux central et provoquent la libération immédiate d’un comportement. Les phéromones d’amorçage modifient l’état physiologique du récepteur en provoquant un autre comportement à exprimer

D’après **Tanzarella et Mamecier (2006)**, plusieurs catégories de phéromones incitatrices sont distinguées selon leur effet comportemental: les phéromones sexuelles, phéromones d’agrégation, phéromones de piste, phéromones territoriales, phéromones d’alarme, phéromones d’identité et les phéromones d’espacement.

1.7. Les interactions plantes hôtes-insectes phytophages

Les insectes herbivores font partie intégrante des écosystèmes terrestres. Ils fournissent de la nourriture essentielle pour les niveaux trophiques supérieurs et de l’aide dans le cycle nutritif (White, 2013). Ces insectes montrent des habitudes alimentaires spécifiques, en plus chaque espèce limite ses plantes hôtes particulières (Visser, 1986). En général, la recherche de l’hôte tend à relier chaque espèce d’insecte herbivore à accueillir l’identité de la plante, où l’espèce indique la préférence d’une plante hôte à une autre (White, 2013).

Selon **Prager et al. (2014)**, plusieurs facteurs contribuent à la pertinence globale de la sélection de la plante hôte par les insectes phytophage, en plus cette théorie prédit que les insectes herbivores doivent pondre leurs œufs sur les plantes d’une manière assurant la réussite du développement larvaire, d’autres facteurs de choix

de la plante hôte sont pris en considération tels que la prédation, l'abondance de la plante hôte, l'habitat et les sites d'alimentation des adultes

Vu que la sélection du site de ponte chez les insectes est un processus crucial, une étude expérimentale a été réalisée en 2014 par **Damodaram** et son équipe sur un système modèle d'interaction d'oviposition entre le ver à soie "*Bombyx mori*" (domestiqué) et son hôte, le murier. Dans cette expérience, trois sites ont été utilisés: les feuilles de murier; le papier filtre traité avec le valencène et α -humulène (deux composés volatiles extraits parmi les sept composés volatiles détectés par *B. mori* à partir des feuilles de murier. Les résultats des études électrophysiologiques des composés volatiles actifs montrent que les femelles de *B. mori* ont une préférence de ponte pour le valencène et α -humulène par rapport aux autres composés détectés) et papier filtre seul (non traité).

La première étape de l'expérience est l'évaluation de la préférence de ponte de *B. mori* domestiqué entre le choix binaire: feuilles de murier ou papier filtre non traité. Les résultats montrent que les femelles de *B. mori* domestiqués pondent sur les feuilles de murier.

Dans la deuxième étape, les trois sites de ponte sont exposés pour les femelles de *B. mori*. Les résultats statistiques montrent qu'il n'existe pas de différence entre les œufs pondus sur papier traité par le valencène et α -humulène et les œufs pondus sur les feuilles de murier. Donc, les femelles ont montré la préférence de ponte pour certains composés volatiles de l'hôte (leur présence est nécessaire pour l'augmentation du taux de ponte), alors que la texture des feuilles n'est pas un critère de sélection de site de ponte.

1.7.1. La sélection de la plante hôte

Lorsque les insectes sont spécifiques à une ou plusieurs plantes, ils doivent mettre au point un système leur permettant de trouver rapidement leur site d'alimentation ou de reproduction (**Marie-Claude, 2002**). **Robert (1986)** a montré que la sélection de la plante hôte par l'insecte phytophage se déroule selon les trois étapes suivantes: premièrement, la découverte à distance de la plante-hôte (la localisation de la plante hôte), l'identification rapprochée et/ou au contact de l'hôte (la reconnaissance au contact) et la dernière étape est l'acceptation de l'hôte qui consiste au fait de l'alimentation et/ou l'oviposition de l'insecte.

Lors de la localisation de leur plante hôte (fig. 8), les insectes utilisent plus particulièrement la vision, l'olfaction et le goût. La localisation visuelle de l'hôte permet aux insectes de retrouver les plantes seulement sur de courtes distances. Par contre, la localisation sur les très longues distances nécessite les stimuli chimiques (localisation par l'olfaction) (Marie-Claude, 2002).

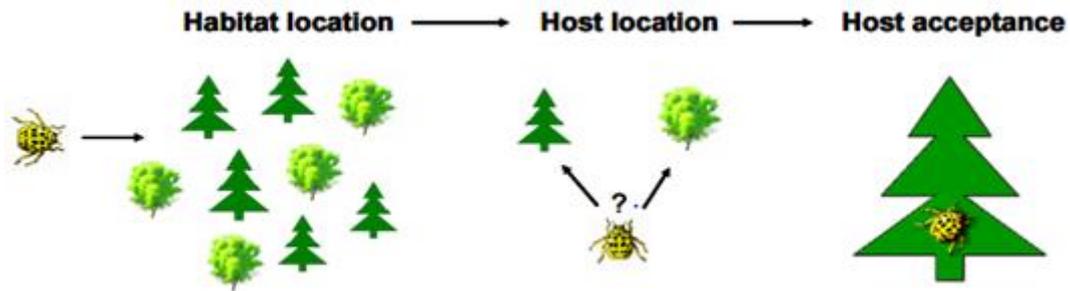


Figure 8: Etapes de la sélection de la plante hôte par l'insecte phytophage (Andersson, 2007).

1.7.2. Fonctions des composés chimiques olfactifs libérés par les plantes

Les plantes produisent et émettent une grande variété de composés organiques volatils (COVs) qui jouent un rôle clé dans les interactions (Farré-Armengol et al., 2012). Ces composés sont des métabolites secondaires des plantes, qui gèrent un rôle dans la protection des plantes au stress (exp: à haute température), ainsi que l'intervention dans la médiation de la communication plantes-plantes et plantes-insectes (plante hôte-phytophage/plante hôte-ennemis naturels) (Materic et al., 2015).

Selon Dudareva et al. (2006), un total de 1700 composés volatils ont été isolés et identifiés à partir de plus de 90 familles de plantes. Ces composés volatiles sont libérés à travers plusieurs organes: des feuilles, des fleurs ou des fruits dans l'atmosphère et à partir des racines dans le sol.

Kergunteuil (2013) donne la possibilité de regrouper l'ensemble de ces COVs en quatre grandes familles (fig. 9) en fonction de leurs natures chimiques et de leurs voies de biosynthèses: les terpénoïdes; les composés verts; phenylpropanoïdes et benzenoïdes et les composés soufrés

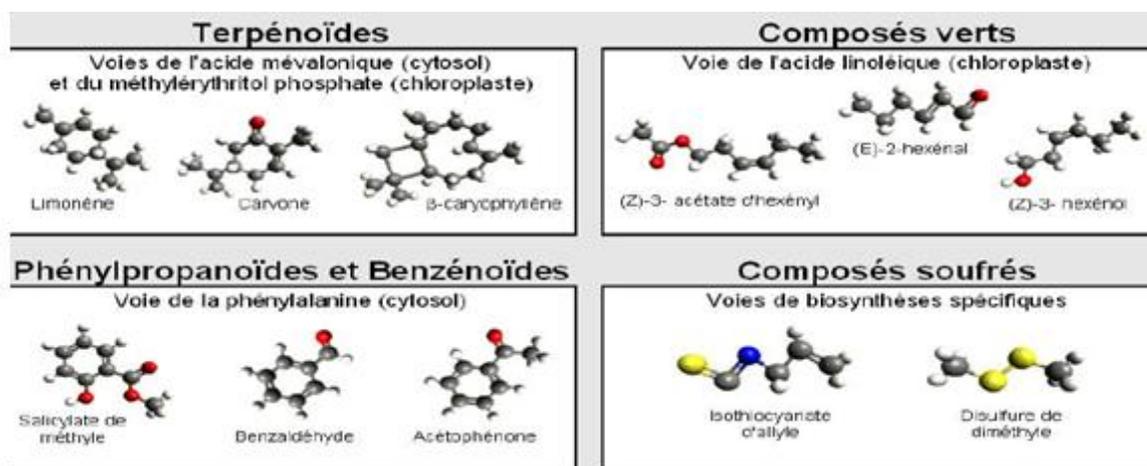


Figure 9: Les quatre grandes familles de composés organiques volatils et leurs voies de biosynthèse (**Kergunteuil, 2013**)

1.8. Communication plantes-plantes par les composés organiques volatiles

Les plantes sont sessiles et ne peuvent donc pas se déplacer en réponse à une attaque biotique ou abiotique (**Vivanco, 2012**). Les plantes libèrent des molécules organiques volatiles comme une réponse aux attaques des phytophages. Ces COVs peuvent également être perçus par les plantes voisines pour ajuster leur phénotype défensif en fonction du risque actuel de l'attaque (fig. 10). Les COVs libérés par une feuille attaquée peuvent induire une réponse chez les autres feuilles de la même plante (entre propres organes de la plante), ainsi que pour les feuilles des plantes voisines (**Heil et Bueno, 2007**).

Les COVs n'ont pas seulement ce rôle dans la communication plante-plante. Ils peuvent intervenir dans des relations nuisibles pour les autres espèces de plantes à proximités en limitant leur croissance, leur dominance, leur succession et leur culmination. Ce phénomène est nommé l'allélopathie (**Chou, 1999**).

1.9. Communication plantes-ennemis naturels

Les métabolites secondaires des végétaux jouent un rôle important dans la médiation des interactions avec les insectes herbivores et leurs ennemis naturels (fig. 10) (Gols, 2014). Au moment des attaques, les insectes herbivores déclenchent diverses modifications biochimiques dans les plantes, et en conséquence, affectent d'autres organismes qui sont associés à ces plantes. Ces effets végétaux indirects impliquent souvent la libération des composés volatiles induits par l'attaque d'herbivores (HIPVs: herbivore induced plant volatiles), les HIPVs fonctionnent comme un far localisant des ennemis naturels cherchant une proie c'est ce que on appelle une défense indirecte induite (Desurmont et al., 2014)

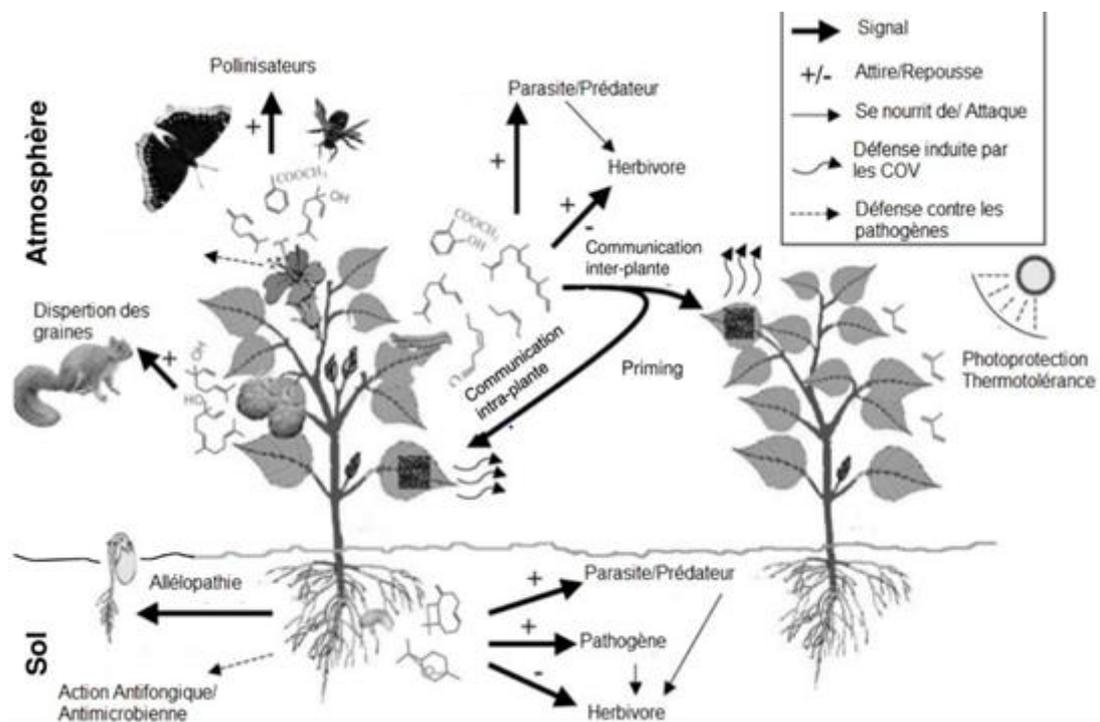


Figure 10: Schéma des interactions des plantes avec leur environnement via les COV modifié d'après (Dudareva et al., 2006 in Guitton, 2010)

1.10. Communication insectes phytophages-ennemis naturels

La communication chimique entre l'hôte et leur parasite est importante et souvent étudié (Rajchard, 2013). Cette communication régule également le

comportement de prédation ou de parasitisme des insectes phytophages par d'autres par d'autres insectes dits entomophages (**Boissy et al., 2009**)

Une étude conçue en 2010 par **Durieux** et son équipe, a montré lorsqu'il est perturbé, un puceron sécrète via ses cornicules des gouttelettes contenant une phéromone d'alarme, ce qui provoque la fuite de ses congénères, la molécule constitutive principale de cette phéromone est d'(E)- β -farnésène (EBF), la coccinelle prédatrice peut détecter cette molécule, en même temps elle peut la différencier de celle sécréter par les plantes.

2. la défense des plantes:

Dans tous les habitats naturels, les plantes sont entourées d'un nombre énorme d'ennemis potentiels (biotique) et divers types de stress environnementaux abiotiques (**Mazid et al., 2011**). Les plantes agissent aux insectes herbivores avec des réponses largement connues sous le nom de défense directe, défense indirecte, et la tolérance (**Chen, 2008**). Ces différents types de défense surgissent des produits chimiques de défense synthétisée par les plantes (métabolites secondaires), ou certains de ces composés sont constitutives par contre les autres sont induits après attaque (fig. 11) (**Mithöfer et Boland, 2012**).

La défense directe incluent la limitation de l'offre alimentaire, la réduction de la valeur nutritive, ce qui réduit la préférence, perturbant les structures physiques, et l'inhibition des voies chimiques de l'insecte attaquant (**Chen, 2008**), a cause d'effet toxique, répulsif ou antiappétant des composés secondaires sur les herbivores, parmi les exemples de ces substances, les glycosides cyanogéniques, glucosinolates, alcaloïdes, et terpénoïdes et d'autres substances qui sont macromolécules et comprennent des inhibiteurs de latex ou de protéases. Leurs modes d'action comprennent la perturbation membranaire, l'inhibition du transport des nutriments et de l'ion, l'inhibition des processus de transduction du signal, l'inhibition du métabolisme ou la perturbation de la régulation hormonale de processus physiologiques (**Mithöfer et Boland, 2012**).

La défense indirecte des plantes représentée par l'attraction des organismes d'autres niveaux trophiques qui, à son tour protègent la plante (**Mithöfer et Boland, 2012**). Cette défense est médiée par les différentes voies de transduction

des signaux tels que l'acide jasmonique, l'acide salicylique et les trajectoires des signaux d'éthylène, la réponse à ces signaux se réalise par l'attraction des ennemis naturels qui trouvent leur proies en limitant les dégâts des herbivores (**Bruinsma et Dicke, 2008**).

D'après **Fornoni (2011)**, la tolérance des plantes aux herbivores a été acceptée comme un mécanisme de défense qui peut être exprimée conjointement avec la résistance des plantes en diminuant les effets négatifs des dégâts sur la fitness des plantes.

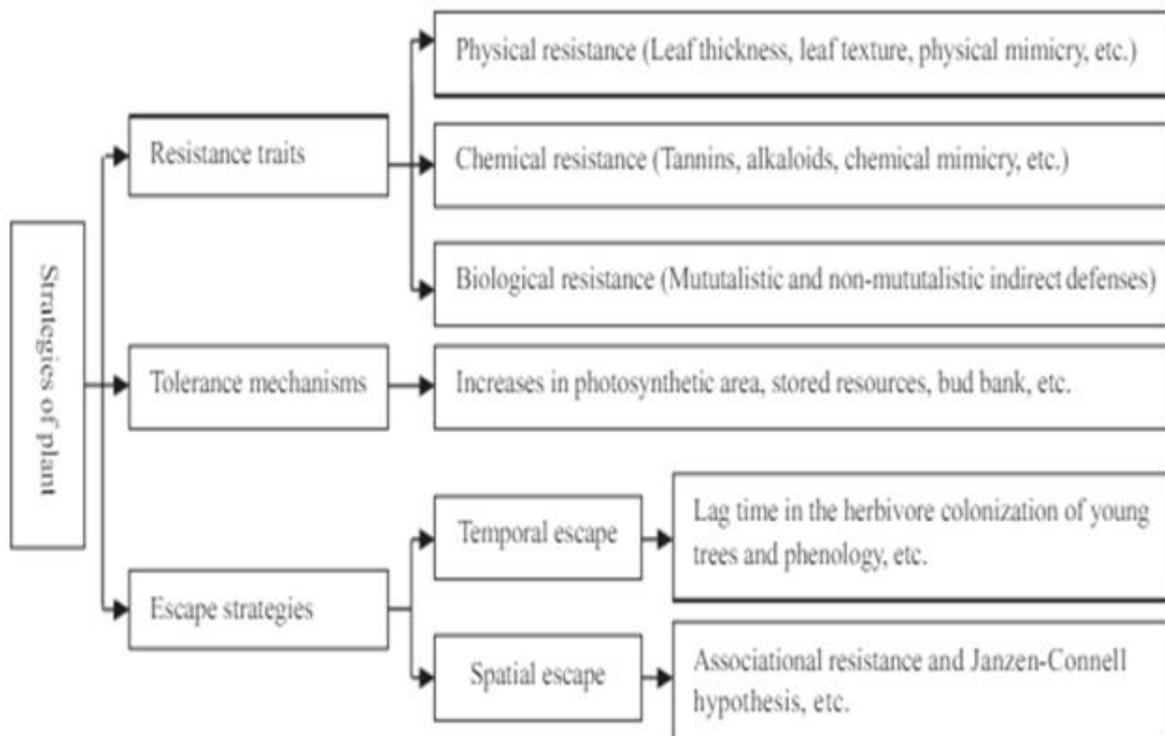


Figure 11: Catégories de défense chez plantes contre les herbivores (**Basset, 1994 in Bin et Guangfu, 2014**)

Basset et Zhang (2014) comptent en plus de défense directe, défense indirecte, et la tolérance, les stratégies de fuite qui réduisent la probabilité d'être repérer par les herbivores. Ces stratégies ont été étudiées sur différents niveaux: génétique moléculaire, génomique, à la chimie et la physiologie, à la communauté jusqu'à l'écologie de l'écosystème.

Les mêmes auteurs dans leur étude divisent les stratégies de fuite en évasion temporelle et évasion spatiale. L'évasion spatiale dépend de la distance entre

plantes, à titre d'exemple, chez certaines espèces de plantes la germination et la poussée des semis ne se fait que près des plantes bien défendues qui leur fournissent une défense physique et chimique contre les herbivores, ces plantes adultes sont appelées les plantes infirmières et la résistance consécutivement formée est nommée résistance associative des voisins «ce phénomène se produit généralement entre individus d'espèces différentes». Ainsi que la distance spatiale entre les individus de la même espèce est aussi importante, car chez certaines espèces la poussée des semis à proximité des plantes adultes peut avoir la tendance de mortalité plus élevée des jeunes plantes que les plantes adultes. Dans certains cas, les jeunes plantes peuvent avoir une tendance élevée de survie à proximité des adultes conspécifiques car les plantes adultes peuvent produire une progéniture génétiquement variable et donc les semis ont des composants chimiques différents des plantes conspécifiques adultes ou les herbivores n'arrivent à reconnaître que les jeunes plantes à des composants chimiques similaires à celle des plantes adultes.

L'évasion temporelle peut servir les plantes à diminuer les dégâts des herbivores, tel que les changements dans la phénologie des feuilles: l'expansion précoce des feuilles, l'expansion rapide des feuilles ou bien l'expansion synchrone des feuilles.

Cette pléthore de différentes défenses développées par les plantes représente un obstacle majeur aux herbivores (**Mithöfer et Boland, 2012**). Pour cette raison, les herbivores ont évolué diverses stratégies pour diminuer les effets négatifs des défenses des plantes afin de maximiser la conversion du matériel végétal dans la progéniture. De nombreuses adaptations ont été exploitées par les herbivores leur permettant la démantelation ou la dérivation des barrières défensives afin d'éviter les tissus avec des niveaux relativement élevés de produits chimiques défensifs ou les niveaux de synthèse de ces produits chimiques, une fois ingérées, ainsi que certains herbivores interfèrent avec le début ou la fin de défenses des plantes induites, ce qui entraîne la résistance de la plante étant partiellement ou totalement supprimée (**Kant et al., 2015**).

3. Le contrôle des cultures:

Les cultures doivent être contrôlées pour maintenir l'abondance et la qualité de la nourriture. Dans ce cadre, plusieurs approches de prévention et de lutte

peuvent être utilisées afin de contrôler et atténuer les maladies des plantes (**Pal et McSpadden, 2006**). La protection intégrée des cultures est un terme de plus en plus à la mode en agriculture résultant des préoccupations des consommateurs et écologistes face aux problèmes engendrés par l'application répétitives de pesticides (**Firlej et Vanoosthuyse, 2001**).

Guillebeau (2004) défini la protection intégrée (Integrated Pest Management: IPM) comme une combinaison d'une variété de tactiques pour un système complet de gestion des populations de ravageurs autant que possible. Il est important d'utiliser des composants qui sont compatibles les uns avec les autres si non (fig. 12), le programme de lutte est pas IPM.

L'utilisation des pesticides dans un programme d'IPM est perméable car de nombreux programmes de lutte dépendent de l'utilisation des pesticides (**Guillebeau, 2004**), mais seulement après un suivi systématique des populations de ravageurs et les facteurs naturels de contrôle qui indiquent un besoin d'une lutte chimique. Idéalement, un programme d'IPM inclue l'évaluation du potentiel d'interaction entre les différentes tactiques de contrôle, les pratiques culturelles, la météo, les autres ravageurs et la culture à protéger (**Flint et Van Den Bsck, 1981**).

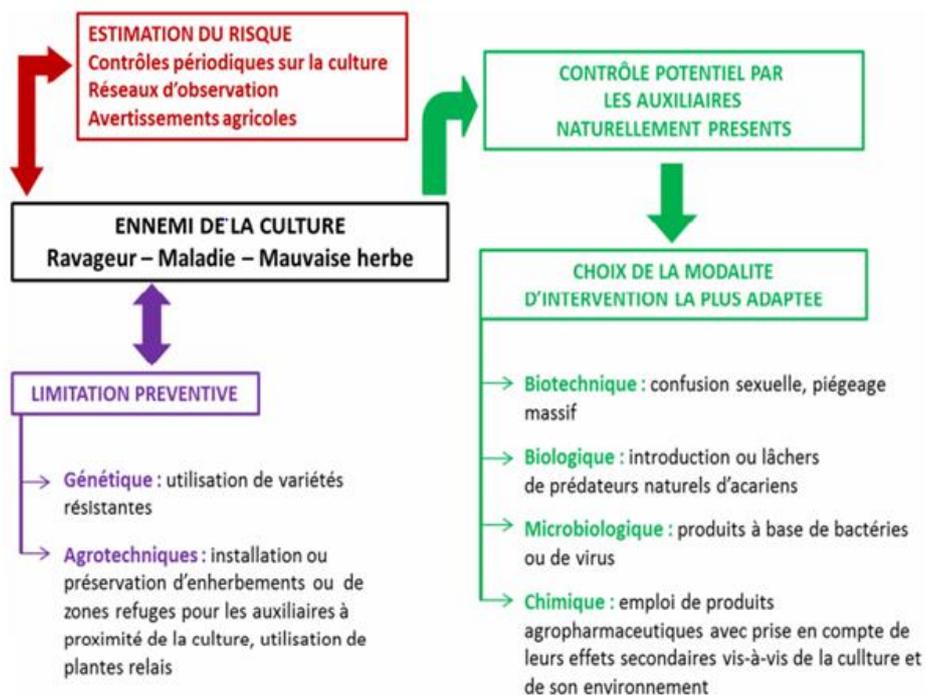


Figure 12: Les grands principes de la protection intégrée des cultures (**Plaideau et Plaideau, 2013**)

3.1 La lutte chimique:

Actuellement, c'est le moyen le plus utilisé pour la défense des végétaux, elle consiste à effectuer des traitements à base des produits chimiques (pesticides) pour défendre les végétaux contre leurs ennemis (**Anonyme, 2010 ; Clos, 2012**).

3.1.1. Les pesticides

Les pesticides sont des produits chimiques souvent complexes destinés à la lutte contre les végétaux et les animaux indésirables. La classification la plus classique des pesticides (tab. N° 1). se fait en fonction de la cible par exemple: les herbicides; les fongicides; les algicides; les insecticide...(Amiard, 2011)

Tableau 1: Quelques familles chimiques de pesticides et leurs cibles principales (**Anonyme, 2013**)

Familles chimiques	Exemples de substances actives	Classement selon cible
Organochlorés	DDT, Chlordane, Lindane, Dieldrine, Heptachlore	Insecticides
Organophosphorés	Malathion, Parathion, Chlorpyrifos, Diazinon	Insecticides
Pyréthriinoïdes	Permethrine, Deltaméthrine	Insecticides
Carbamates	Aldicarbe, Carbaryl, Carbofuran, Méthomyl	Insecticides
	Asulame, Diallate, Terbutcarbe, Triallate	Herbicides
	Benthiavalicarbe	Fongicides
Dithiocarbamates	Mancozèbe, Manèbe, Thirame, Zinèbe	Fongicides
Phtalimides	Folpel, Captane, Captafol	Fongicides
Triazines	Atrazine, Simazine, Terbutylazine	Herbicides
Phénoxyherbicides	MCPA, 2,4-D, 2,4,5-T	Herbicides
Chloroacétamides	Alachlore, Métolachlore	Herbicides
Pyridines-bipyridiliums	Paraquat, Diquat	Herbicides
Aminophosphonates glycine	Glyphosate	Herbicides

Chimiquement trois classes de pesticides sont distinguées: les substances minérales, les pesticides d'origine végétale et les produits organiques (**Amiard, 2011**). Ils sont représentés par plus d'un millier de substances actives ayant des

caractéristiques physico-chimiques très diverses. Celles ci sont habituellement classées par famille en fonction de leur structure chimique: organochlorés, organophosphorés, carbamates, thiocarbamates, pyréthrinoides, urées substituées, phénoxyherbicides, triazines, phtalimides, pyridines (**Anonyme, 2013**).

3.1.1.1. Les insecticides

Ce sont les substances actives ayant la propriété de tuer les insectes, leurs larves ou leurs œufs, mais aussi plus généralement les arthropodes (**Eyraud, 2014**). Les insecticides se distinguent suivant leur mode d'action: les quatre voies d'intoxication pour les insectes sont l'ingestion; le contact; l'inhalation et la voie systémique (**Hoyoux, 2002**).

3.1.1.2. Les avantages des insecticides

Plusieurs auteurs fluctuent les insecticides entre des avantages et des désavantages. **Chelliah et Bharathi (1994)** dans leur article signalent les avantages suivants des insecticides:

Les insecticides offrent la seule mesure de contrôle pratique pour les populations d'insectes nuisibles approchant ou au seuil économique.

Ils ont une action curative rapide dans la prévention des dommages économiques, comme ils offrent une large gamme de propriétés, les usages et les méthodes d'application.

Les insecticides sont généralement facilement disponibles pour la lutte antiparasitaire ainsi que le ratio avantages / coûts pour l'utilisation d'insecticides généralement favorable.

Par ces propriétés **Miller et Spoolman (2012)** voient que les insecticides nous ont aidés à accroître les approvisionnements alimentaires en réduisant les pertes alimentaires aux ravageurs, pour certaines cultures dans certaines régions.

3.1.1.3. Les désavantages des insecticides

L'utilisation incontrôlée et le déversement des insecticides dans l'environnement (fig. 13) ont entraîné une situation alarmante.

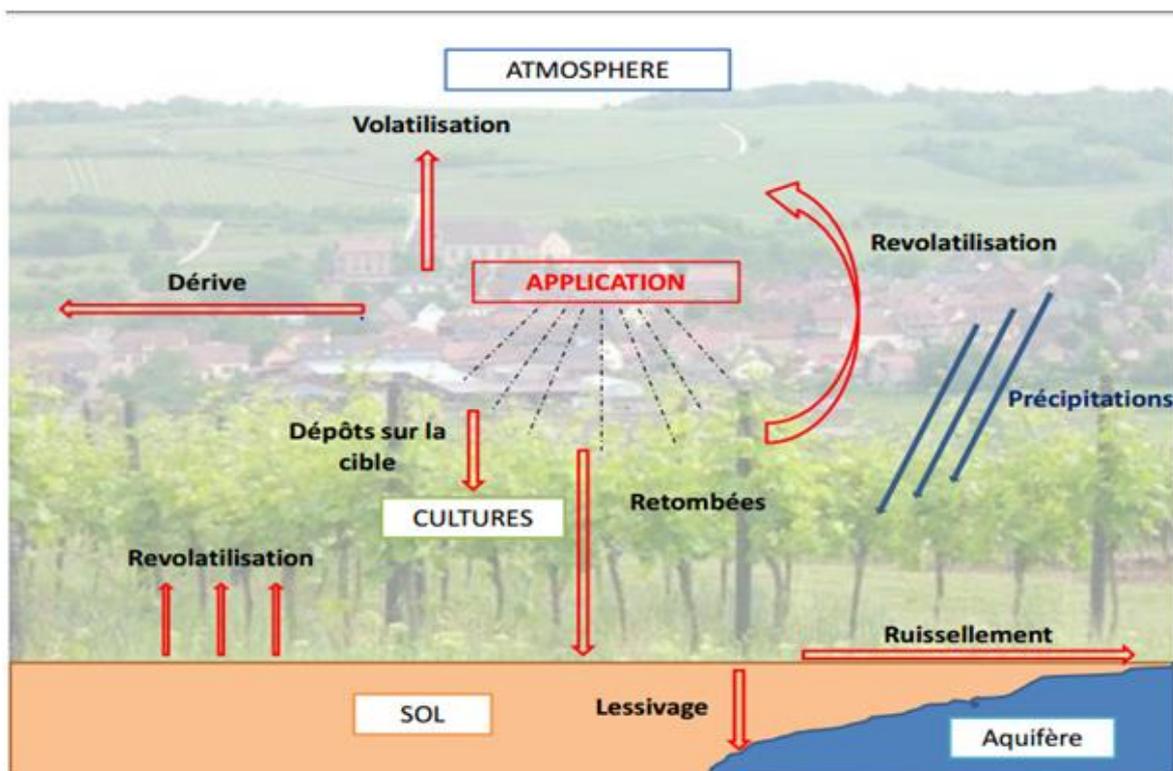


Figure 13: Voies de dispersion et de transfert des insecticides dans l'environnement (**Druart, 2011**)

Des préoccupations plus graves sont prises en compte en raison de leur persistance dans les matrices environnementales telles que l'air, le sol et l'eau qui entraînant une exposition continue de ces produits chimiques nocifs pour les êtres humains et les animaux (**Swaran, 2016**).

L'apparition des souches résistantes aux insecticides, l'éruption des ravageurs secondaires et les effets néfastes sur les organismes non cibles peut être l'inconvénient majeur d'utilisation des pesticides (**Mishra, 2009**)

Miller et Spoolman (2012) donnent un aperçu statistique sur le développement de la résistance génétique des organismes nuisibles aux insecticides, ou les insectes se reproduisent rapidement entre 5-10 ans (beaucoup plus tôt dans les régions tropicales), ils peuvent développer une immunité aux insecticides largement utilisés et qui se fait par la sélection naturelle, de ce fait les insectes deviennent plus forts que jamais en face aux insecticides. Depuis 1945, environ

1000 espèces d'insectes et de rongeurs (principalement rats) et 550 types de mauvaises herbes et maladies des plantes ont développé une résistance génétique à un ou plusieurs pesticides. En raison de cette résistance, les agriculteurs peuvent être sur un tapis roulant financier. Ils peuvent se trouver avoir à payer de plus en plus pour un programme de lutte antiparasitaire qui peut devenir moins efficace.

Mishra (2009) explique le phénomène de l'éruption des ravageurs secondaires (sont des parasites qui n'atteignent pas le statut de ravageur principal et leurs nuisance est n'est pas considérable) par leurs dominations au détriment de ravageurs primaires. Ils saisissent l'occasion de l'élimination des ravageurs primaires par les pesticides pour pulluler et envahir l'agroécosystème.

Les effets néfastes d'application des insecticides sur les organismes non cibles peut se reflètent sur les prédateurs, les parasitoïdes et même sur les pollinisateurs. Certains insecticides tuent les prédateurs et parasites naturels (des agents de lutte biologique) qui contrôlent les populations de ravageurs (**Miller et Spoolman, 2012; Mishra, 2009**)

Les pollinisateurs tels que les abeilles, sont fréquemment détruits par les insecticides. De la faune, en particulier les oiseaux et les poissons sont tués parfois par le contact direct avec des insecticides ou en mangeant des insectes contaminés par les insecticides. Les effets négatifs des pesticides ne s'arrêtent pas à ces points, elles peuvent même induire un changement physiologique dans la plante hôte qui peut stimuler la reproduction des autres ravageurs (**Mishra, 2009**).

Au fil des années, plusieurs effets toxiques liés aux pesticides menaçant la santé humaine ont été identifié. Une étude réalisée en 2013 par **Ming et al.** a prouvé que certains nombres de symptômes et de maladies respiratoires telles que l'asthme, la bronchite chronique et le cancer du poumon ont été associés à l'exposition professionnelle aux pesticides. Une deuxième étude synthétique faite par **Wnif et al. (2011)** montre que les pesticides ont un effet perturbateur endocrinien qui modifie le fonctionnement normal du système endocrinien de la faune et des êtres humains.

4. Nouvelles matières actives:

Vu les risques humains et environnementaux mentale causés par la majorité des pesticides chimiques synthétiques, l'identification de nouveaux composés efficaces comme insecticides pour la gestion des ravageurs, avec moindre de danger pour l'environnement et pour la santé humaine ont été présenté comme alternatives aux pesticides chimiques tel que les pesticides botaniques (à base de plantes) ou bien à base des 'huiles essentielles de plantes (**EI-Wakeil, 2013**).

5. les agrumes, ravageurs et leurs ennemis

5.1. Agrumes

On désigne sous le terme d'agrumes les arbres fruitiers de la famille des rutacées qui regroupent le genre *Citrus*, *Poncirus* et *Fortunella* (**Biche, 2012**), qui sont originaires d'Extrême-Orient. Leur culture s'étend des zones tempérées chaudes aux zones tropicales entre 40 degrés de latitude Nord et de latitude Sud (**Bénaouf, 2005**). Dans le Bassin méditerranéen, ils sont cultivés sur de grandes surfaces. Les agrumes sont très sensibles aux maladies cryptogamiques et aux ravageurs (**Takarli et al., 2015**).

5.2. Les ravageurs des agrumes et leurs ennemis :

Les agrumes sont la cible d'une large communauté de ravageurs (fig. 14) qui peuvent altérer la plante hôte à différents stades phénologiques (**Quilici et al., 2003 in Le Bellec et Le Ralec, 2014**)

Le Bellec et Le Ralec (2014), dans leur travail regroupent les ravageurs des agrumes en deux catégories: les insectes phytophages qui interviennent à différents stades de la plante et sont représentés par les coléoptères du genre *Cratopus* , la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella*, et les chenilles de lépidoptères *Prays citri* et *Cryptophlebia leucotreta* et la deuxième catégorie est des insectes piqueurs suceurs et qui comprennent, entre autres, les cochenilles, les pucerons, les aleurodes, les cicadelles, le psylle asiatique, les acariens, les thrips, et à l'approche de la maturité, les fruits subissent les attaques de mouches des fruits *Ceratitis capitata*.

Légende : \longrightarrow effet direct \dashrightarrow effet indirect $\cdots\blacktriangleright$ effet hypothétique

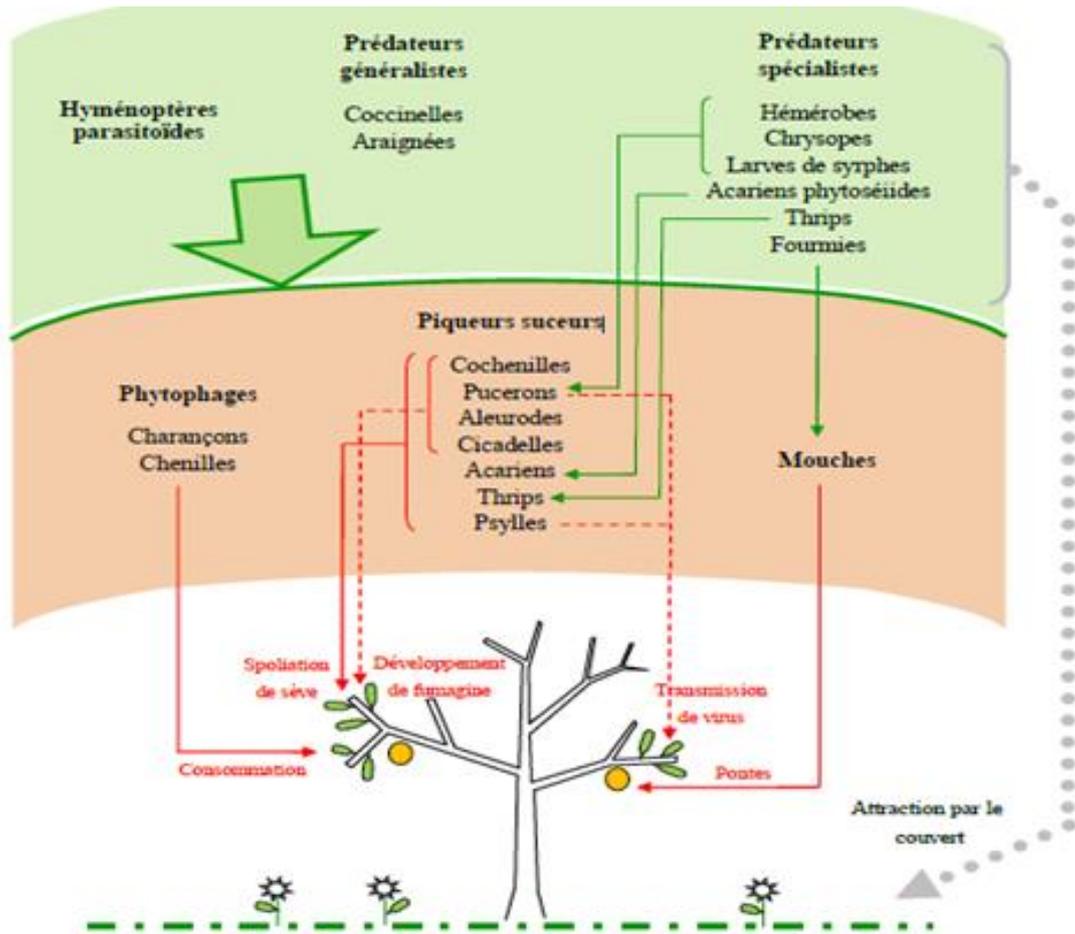


Figure 14: Synthèse des interactions ravageurs-auxiliaires-flore en verger d'agrumes (Le Bellec et Le Ralec, 2014)

Les principaux ravageurs des agrumes en Algérie sont signalés par **Biche en 2012** (tableau N°2)

Le Bellec et Le Ralec (2014) recensent une gamme d'espèces de prédatrices des familles des Coccinellidae, des hémérobes, des chrysopes (Nevroptera), des larves de syrphes (Diptera), des acariens phytoséiides, des thrips, ainsi que des parasitoïdes représenté par différentes familles parmi les hyménoptères tels que les Aphelinidae, les Encyrtidae, les Pteromalidae et les Eulophidae.

Tableau 2 : Principaux ravageurs des agrumes

Ravageurs	Nom		Dégâts
	Scientifique	Commun	
Insectes	<i>Aonidiella aurantii</i>	Pou de Californie	Attaquent les feuilles, les rameaux et les fruits. Développement de la fumagine, chute des feuilles et dépérissement des fruits.
	<i>Lepidosaphes beckii</i>	La cochenille moule	
	<i>Lepidosaphes glowerii</i>	La cochenille virgule	
	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i>	Pou rouge de Californie	
	<i>Parlatoria ziziphi</i>	Pou noir de l'oranger	
	<i>Parlatoria pergandei</i>	Cochenille blanche	
	<i>Saissetia oleae</i>	Cochenille H	
	<i>Icerya purchasi</i>	La cochenille australienne	
	<i>Coccus hesperidum</i>	Cochenille plate	
	<i>Ceroplastes sinensis</i>	Cochenille chinoise	
	<i>Pseudococcus citri</i>	La cochenille farineuse	
	<i>Aphis spiraeicola</i>	Puceron vert des citrus	Avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles. Développement d'abondantes colonies de pucerons sur les parties jeunes des arbres.
	<i>Aphis gossypii</i>	Puceron vert du cotonnier	
	<i>Toxoptera aurantii</i>	Puceron noir des agrumes	
<i>Myzus persicae</i>	Puceron vert du pêcher		
	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	L'aleurode floconneux	Provoque des souillures importantes ainsi que le développement de la fumagine.
	<i>Dialeurodes citri</i>	L'aleurode des citrus	Provoque des nuisances et développe de la fumagine.
	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Mineuse des agrumes	Attaque les feuilles et les jeunes pousses.
	<i>Ceratitis capitata</i>	Mouche méditerranéenne des fruits	Provoque la pourriture des fruits.
Nématodes	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	Nématode des agrumes	Croissance ralentie des arbres ; Pas de symptômes spécifiques de cette espèce
Acarieus	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Acarie tisserand	Provoquent des nécroses, décoloration et chute des feuilles, des fruits et des bourgeons.
	<i>Hemitarsonemus latus</i>	Acarie ravisseur	
	<i>Aceria sheldoni</i>	Acarie des bourgeons	

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

Objectif

L'objectif visé dans ce travail, est d'étudier l'entomofaune opophage des agrumes et de son complexe ennemis naturels dans un verger de Thomson dans la Mitidja. A la faveur des résultats des observations réalisées au niveau du terrain, du laboratoire, et des analyses statistiques, nous essayeront d'apprécier la biodiversité entomologique associée à cette culture et de noter le ravageur le plus répondeu dans cet agroagrumicole, dans l'intention d'une perspective de lutte chimique par l'utilisation d'un produit prototype synthétique.

1. Présentation de la région d'étude

1.1 Situation géographique

La Mitidja est une vaste plaine littorale, située à une latitude Nord moyenne de 36 à 48 degré et une altitude moyenne de 30 et 50 m (mètres), ou elle ne s'ouvre que sur quelques kilomètres sur la mer Méditerranée. Cette plaine s'étend sur une longueur de 100 km (kilomètre) et une largeur de 5 et 20 km. Elle couvre une superficie de 150.000 ha qui correspond à une dépression allongée d'Ouest en Est. Les limites géographiques de cette zone sont réparties entre l'Oued Nador à Ouest, l'Oued Boudouaou à l'Est. Comme, elle est bordée par deux zones élevées: le Sahel au Nord et l'Atlas Tellien au Sud (Fig. 15) (Loucif et Benafonte, 1977).



Figure 15: Situation géographique de la Mitidja (Anonyme a, 2016)

1.2 Présentation de la station d'étude

L'étude de l'entomofaune opophage des agrumes et de son complexe ennemis naturels a été réalisée dans la région de Soumaa, située dans le sublittoral, au piémont de l'Atlas Blidéen à 7 km de la ville de Blida, à une altitude de 80 à 260 m, une longitude de 2°45' et une latitude de 36° 35' (**Loucif et Bonafonte, 1977**).

Le site d'étude de la station expérimentale de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie est adossée au piedmont de l'Atlas Blidéen est à une altitude de 200 m et d'exposition sud. Elle s'étale sur une superficie totale de 42,85 ha (Fig. 16), dont 40, 35 ha de superficie agricole utile comprenant 31, 25 ha de terre nue cultivable à vocation fourragère et 9, 10 ha de plantations pérennes d'arbres fruitiers Rosacées à noyaux et à pépins, d'olivier et d'agrumes. Les cultures annuelles sont les graminées à grains (orge, blé) et fourrages (vesce à avoine). Les cultures saisonnières maraichères de plein champs et sous abri (**Aroun, 2015**).

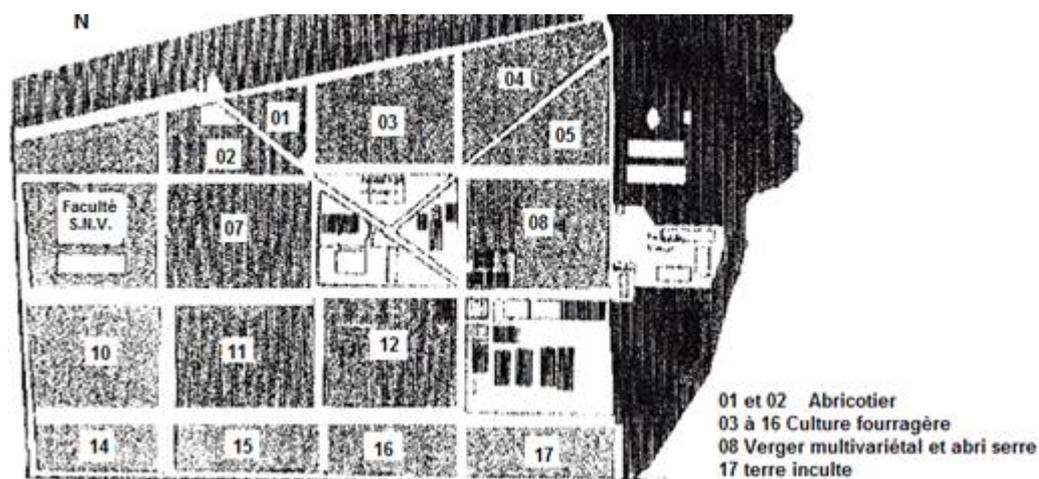


Figure 16: Plan parcellaire de la station expérimentale (**Anonyme b, 2016**)

1.3. Présentation de verger d'agrumes

Le verger se situe dans la parcelle N° 08 (Fig. 16). Il est limité au Sud par un verger de poirier/pommier, à l'Ouest par une culture fourragère (orge, avoine). A la limite Nord est installé un rucher d'une dizaine de ruche, à l'Est un brise-vent de Casuarina et une haie de Romarin. La variété d'agrumes cultivée ayant fait l'objet de notre présente étude est la Thomson, installée en 2002, après un précédent cultural de Trèfle. Ce verger de 108 arbres, occupe une superficie 0,75 ha, dont la

distance de plantation entre les lignes et les arbres est d'environ 4×5m. Ce verger non entretenu, comprend également 5 arbres de Bigaradier.

2. Matériels utilisés

2.1. Matériel biologique végétal

Le matériel végétal qui a été utilisé dans cette étude est la variété Thomson navel (Fig.17). Cette variété d'agrumes fait partie des oranges douces Navels (Washington, Thomson, Navelina et Navelate) (Handaji et al., 2013), qui se caractérisent par une excroissance plus ou moins prononcée (Anonyme, 1999). Comme tous les agrumes, elle est cultivée pour son importance économique et les nombreuses vertus qu'elle possède: telles que sa teneur élevée en vitamines, son faible apport calorique et son potentiel antioxydant, qui ont fait d'elle un aliment très demandé au niveau mondial (Bouthiba et al., 2014)



Figure 17: Matériel biologique végétale " Thomson" (Originale, 2016)

2.2. Matériel biologique animal

Le matériel biologique animal ayant fait l'objet de notre étude est la disponibilité temporelle entomologique opophage des agrumes et son complexe ennemis naturels avant et après le traitement chimique pesticide (Fig. 18, 19, 20).

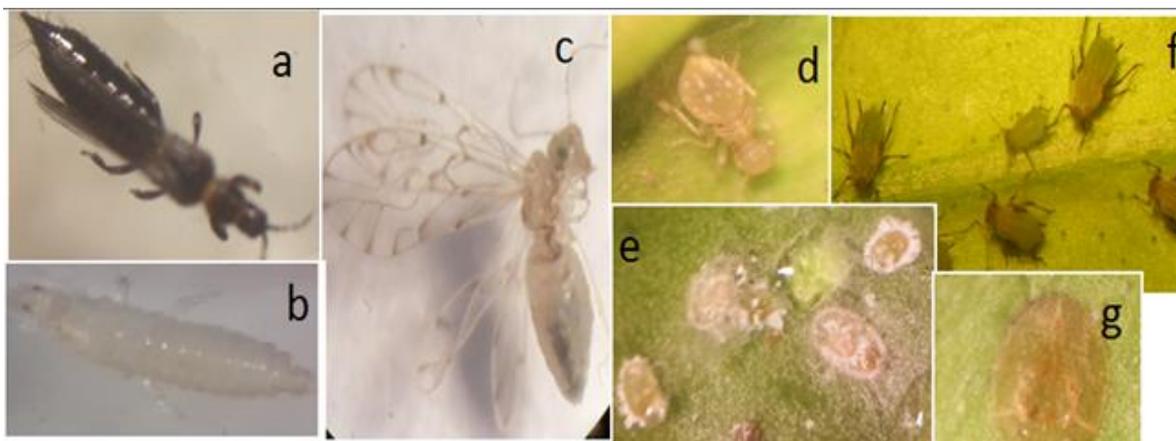


Figure 18 : Ravageurs opophage (original, 2016)

(a): Thrips adulte, (b): larve thrips, (c): *Ectopsocus briggsi* Mc Lac adulte, (d): *Ectopsocus briggsi* Mc Lac larve, (e): colonie d'*Aleurothrixus floccosus*, (f): colonie d'*Aphis spiraecola*, (g): *Dialeurodes citri*



Figure 19: les cochenilles (original, 2016)

(a): femelle *Aonidielle aurantii*, (b): mal *Aonidielle aurantii*, (c): femelle *Coccus hesperidum*, (d): femelle *Parlatoria pergandii*, (e): bouclier femelle *Parlatoria zizyphus*, (f): femelle *Parlatoria zizyphus* avec des œufs, (g): mal *Parlatoria zizyphus*

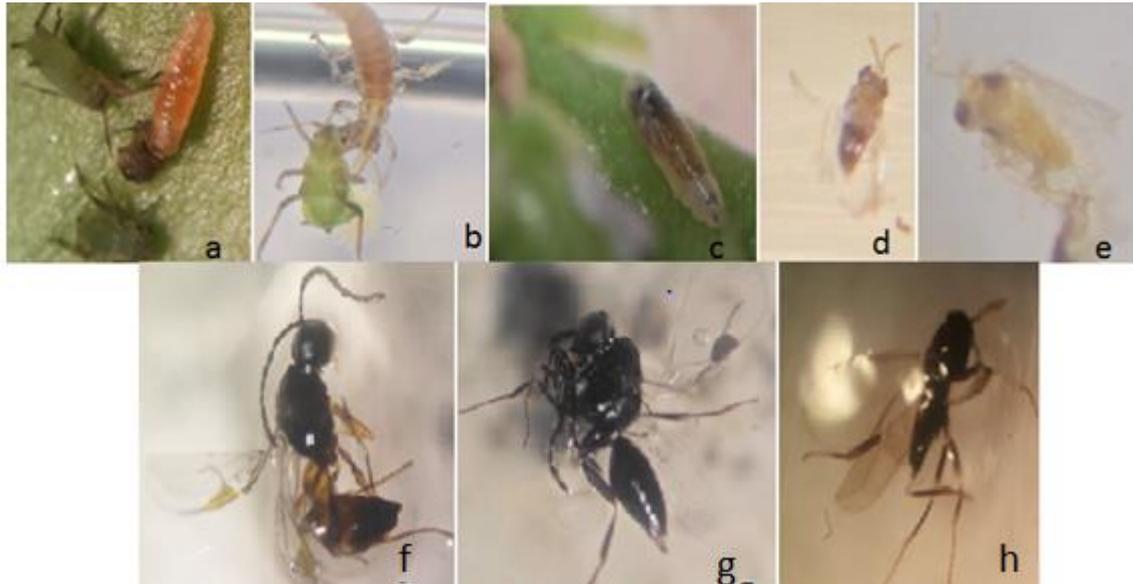


Figure 20: Ennemis naturels (original, 2016)

a): larve de Cécidomyie dévorant un puceron, b): larve de Chrysope dévorant un puceron, c): larve de Syrphe, d): *Encarsia* sp. Adulte, e) *Aphis* sp. Adulte, f): *Lysiphlebus fabarum*, g): *Pnigalio mediterraneus*, h): Pteromalidae

3. Méthode d'étude

3.1. Avant traitement

3.1.1. Echantillonnage

L'approche d'échantillonnage que nous avons suivi est celle que nous avons jugé augmenté la probabilité de recenser la plus large gamme de l'entomofaune associé aux agrumes. Elle consiste à réaliser tous les 10 jours, un échantillonnage aléatoire sur cinq arbres, en prélevant sur chacun d'eux, deux rameaux de 15 cm situé chacun en exposition Nord et Sud de chaque arbre.

Les rameaux prélevés sont conservés dans des sacs en papier étiquetés, portant la date de prélèvement, le N° de l'arbre, la direction Nord ou Sud et les conditions climatiques.

Les prélèvements avant traitement ont été effectués du 25 Janvier 2016 au 24 Avril 2016.

3.1.2. Identification au laboratoire

Les échantillons entomologiques ont été identifiés et dénombrés sous la loupe binoculaire aux grossissements $\times 2$, $\times 4$ et $\times 8$, selon les stades larvaires, les états biologiques ainsi que les caractères taxonomiques de l'identification des familles et des espèces parmi les Hemiptera opophoges, ainsi que les Hymenoptera parasitoïdes et hyperparasitoïdes, en nous basant sur des clés de détermination, et grâce à l'aide de **Mr Aroun M.E.F** et **Mme Guesmi F**.

3.2. Application du traitement

Le produit prototype de synthèse utilisé est préparé sur la base d'une synergie entre deux produits chimiques de synthèse. Deux volume d'un tensioactif anionique et non ionique et mélangé à un volume d'un solvant ($\geq 99,7$ GC & MW : 32,04 g./mol) dans les conditions ambiantes. Le produit prototype de synthèse obtenu (30ml/15ml) est dilué dans un litre d'eau pour l'application au champ.

Le traitement a été appliqué par pulvérisation foliaire du pesticide, sur 5 arbres dans deux blocs, dont les arbres du premier bloc ont subi deux applications intercalées de 3 jours et le second, une seule application (fig. 21).

L'efficacité temporelle du produit a été évaluée par l'estimation de la mortalité résiduelle avant traitement, ainsi que 3 heures et toutes les 24 heures pendant cinq jours, après le traitement.

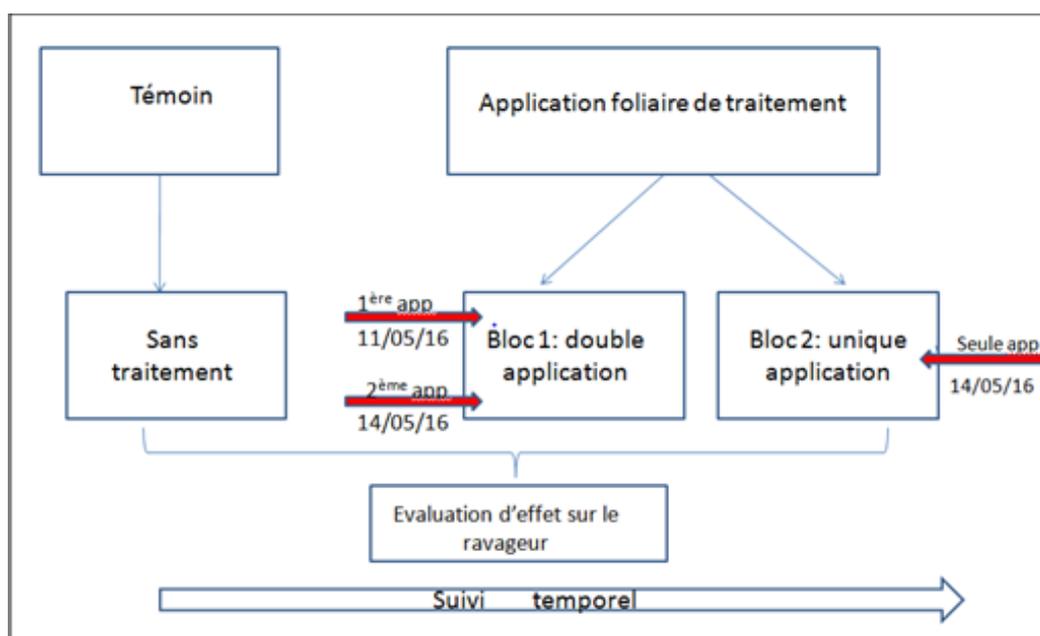


Figure 21: Schéma récapitulatif de la logique de traitement appliqué

3.2.1. Dispositif expérimentale

Dans l'esprit de vérifier l'activité insecticide du produit prototype, nous avons retenu 3 unités expérimentales relatives à 3 transects végétal constitués respectivement d'un arbre pour le bloc témoin qui va recevoir une pulvérisation à l'eau courante, 5 arbres pour le bloc qui va recevoir le traitement unique et 5 arbres pour le bloc qui va recevoir le traitement double (Fig. 22).

Au moment du choix des blocs nous avons évité les bordures de verger à fin d'assurer une bonne qualité d'échantillonnage. Ainsi on les a séparés pour empêcher l'interférence entre les effets des différents traitements.

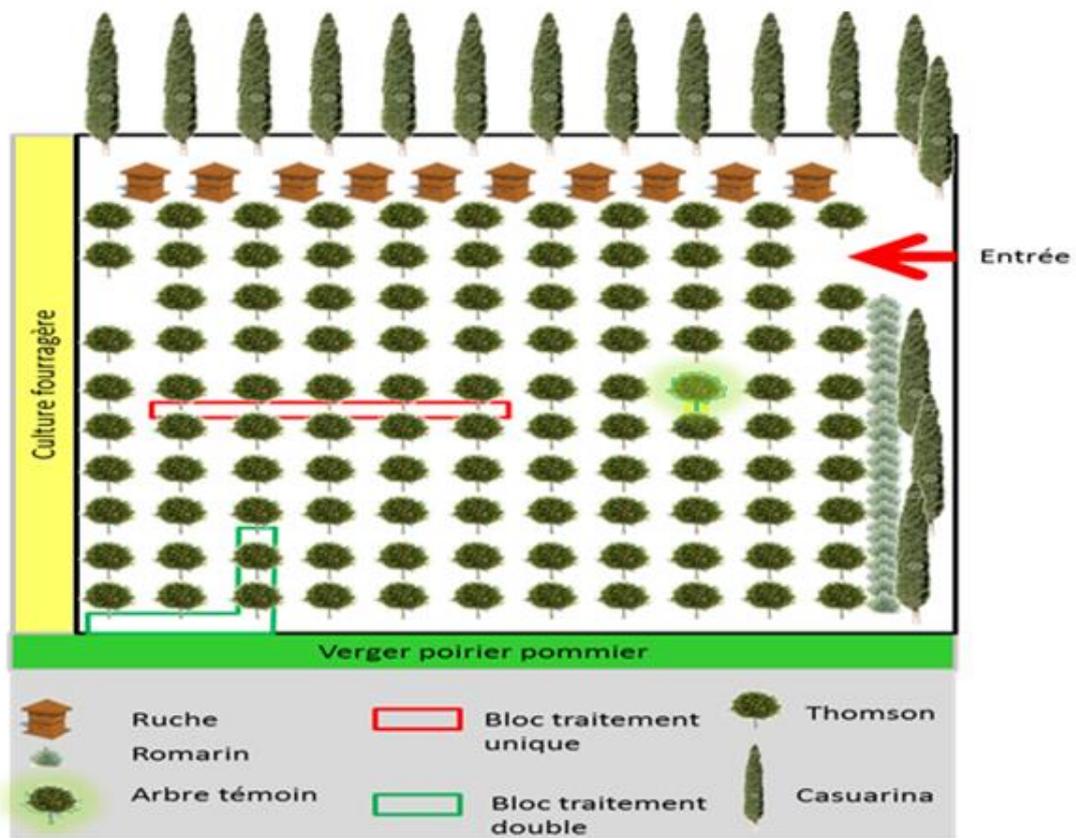


Figure 22 : Dispositif expérimental du produit appliqué

3.2.2. Echantillonnage

Après traitement, la procédure d'échantillonnage effectuée est de prélever 10 feuilles aléatoirement de chaque arbre des deux blocs traités et même pour le témoin.

Les échantillons feuilles sélectionnés ont été conservés dans des sacs en papier étiquetés maintenant toutes les informations nécessaires (date de prélèvement, N° d'arbre, et le bloc) et transféré au laboratoire, afin d'évaluer l'efficacité de traitement.

4. Exploitation des résultats

Les résultats relatifs aux dénombrements sur feuilles des différentes espèces sont exploitées selon la méthode des indices écologiques et par une analyse statistique afin de déterminer la diversité entomologique.

4.1. Indices écologiques

Les indices écologiques notamment la constance et la richesse totale ont été utilisées pour l'exploitation des résultats de la diversité entomologique recensée à l'échelle des ordres et des familles, ainsi qu'au niveau des espèces.

4.1.1. La richesse du peuplement

Elle représente le nombre total d'individus du peuplement confondu (**Dajoz, 1985**).

4.1.2. Constance

La constance est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total de relevés (**Dajoz, 1985**). La constance est calculée par la formule suivante:

$$C \% = P_i \times 100 / P$$

Avec:

P_i = Nombre de relevés contenant l'espèce étudiée

P = Nombre total de relevés effectués.

On considère qu'une espèce est:

- **Accidentelle:** si $C\% < 25\%$: dans ce cas l'espèce arrive par accident ou par hasard. Elle n'a aucun rôle dans le peuplement.
- **Accessoire:** si $25\% \leq C\% < 50\%$. Celle-ci appartient au peuplement et sert à son fonctionnement.
- **Régulière:** si $50\% \leq C\% < 75\%$
- **Constante:** si $75\% \leq C\% < 100\%$
- **Omniprésente:** si $C\% = 100$

Les espèces constantes et omniprésentes sont les plus dominantes, car elles ont plus de nourriture et sont d'étendue plus vaste (**Dajoz, 1985**).

5. Indices de diversités

Les indices de diversité (Shannon H Richesse, Equitabilité), qui permet de vérifier la significativité de la distribution de l'entomofaune.

5.1. Indice de diversité de Shannon (H)

L'indice de diversité de Shannon permet d'évaluer la diversité d'un peuplement dans un biotope (**Pihan, 1975**). Il est calculé comme suit :

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Avec:

p_i : Fréquence relative des espèces)

5.2. Indice de diversité de Shannon -Wiener

L'indice de diversité de Shannon–Wiener ou équitabilité correspond au rapport de la diversité observée (H') à la diversité maximale (H'_{\max}) (**Weesi et Belemsobgo, 1997**). Il est calculé par la formule suivante:

$$E = H' / H'_{\max} \quad (H'_{\max} = \log_2 S).$$

Avec :

H'_{\max} = Diversité totale.

6. Analyses statistiques

6.1. Analyses uni variées multi variées

Les résultats présentés sous forme de courbes, réalisées par un logiciel Excel représentent les ravageurs opophages des agrumes.

6.2. Analyses multi variées (PAST vers. 1.37, Hammer *et al.*, 2001)

Dans le cas de variables qualitatives de type présence - absence, ou de variables semi quantitatives (indices de recouvrement, abondances moyennes), nous avons eu recours à une A.F.C. (Analyse factorielle des Correspondances). La classification hiérarchique des facteurs lignes ou colonnes se fait en considérant les coordonnées sur les premiers axes, de telle sorte que plus de 50 % de la variance cumulée soit observée. La distance euclidienne des points a été prise en compte avec le logiciel PAST.

6.3. Test cross corrélation (Logiciel PAST 2,11; Hammer *et al.*, 2001)

Les barycentres ou abondances maximales des variations temporelles des espèces et/ou des familles ont été calculés comme dans le travail de **Djazouli *et al.* (2009)**. Le barycentre temporel se déduit de la formule suivante :

$$B = \Sigma (RGi \times ABi) / \Sigma ABi$$

Avec:

RGi = rang du mois,

ABi = abondance de l'espèce au mois i.

L'ordre d'arrivée écologique des espèces et/ou des familles des deux groupes fonctionnels (phytophages et entomophages) a été évalué par le test de cross-corrélation en se basant sur les barycentres calculés.

6.4. Test de Wilcoxon

La succession écologique de population ont été étudiées en calculant le barycentre ou l'abondance maximale. Le temps d'apparition d'induction (ou lag) qui estime la succession a été évalué par le test de crosscorrelation. Le déroulement de la procédure est réalisé par le logiciel (Past vers.9 .1)

CHAPITRE III: RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Chapitre III: Résultats et interprétation :

1. Résultats :

1.1. Diversité de l'entomofaune associé aux agrumes :

Les résultats qualitatifs et quantitatifs de l'inventaire de l'entomofaune associé à l'agroagrumicole reporté dans le tableau 3 montrent une diversité fonctionnelle de cet écosystème. L'entomofaune des agrumes est représentée par un total de 12 familles appartenant à 6 ordres, dont l'abondance totale en individus est 16 436 (tabl. 3).

Tableau 3 : Abondance et richesse de la biocénose de l'entomofaune des agrumes.

Ordres	Familles	Espèces	Effectif
Psocoptera	Psocidae	<i>Ectopsocus briggsi</i>	5
Hemiptera	Diaspididae	<i>Parlatoria ziziphus</i>	14 359
		<i>Parlatoria pergandii</i>	193
		<i>Aonidiella aurantii</i>	103
	Coccidae	<i>Coccus hesperdum</i>	11
	Aeyrodidae	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	301
		<i>Dialeurodes citri</i>	10
Aphididae	<i>Aphis spiraecola</i>	1255	
Thysanoptera	Thripidae	Thripidae	24
Diptera	Syrphidae	Syrphidae	9
	Cecidomyiidae	Cecidomyiidae	2
Nevroptera	Chrysopidae	Chrysopidae	7
Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Lysiphlebus fabarium</i>	4
		<i>Encarsia sp</i>	113
		<i>Aphytis sp.</i>	37
		<i>Calas noackii</i>	1
	Eulophidae	<i>Pnigalio mediterraneus</i>	1
Pteromalidae	Pteromalidae	1	
Total			16 436

L'étude ainsi faite dont les résultats sont reportés sur le tableau (3), révèle la présence de 16 436 individus répartis en 06 ordres, dont les Hemiptera sont les plus représentés (16 232), suivi par les Hymenoptera (157), les Thysanoptera (24), les Diptera (11) et les Nevroptera (7), alors que les Psocoptera (5) sont les moins

représentés en individus. Parmi les Hemiptera, les Diaspididae sont les plus représentés (14 655) et les Aphididae (1255).

1.2. Structure écologiques des communautés de l'entomofaune

En termes d'abondance relative, les espèces les plus représentées sont *Parlatoria ziziphus* (14359) et *Aphis spiraecola* (1255), dont respectivement la constance est de 100% montrent qu'elles sont omniprésentes, par rapport à *Aonidiella aurantii* et *Aleurothrixus floccosus* qui sont constantes. Les espèces dont la présence est régulière sont *Coccus hesperidum* et *Syrphidae sp.*, *Lysiphlebus fabarum*, alors que celles dont la présence est accessoire sont, *Parlatoria pergandii*, *Dialeurodes citri*, *Ectopsocus briggsi*, *Thripidae sp.*, *Cecidomyiidae sp.*, *Chrysopidae sp.* et *Aphytis sp.* Les espèces dont la présence est accidentelle sont *Cales noackii* et *Pteromalidae sp.* (tab.4)

Tableau 4: Structure écologiques de l'entomofaune

Espèces	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	C %	Statut écologique
<i>Parlatoria ziziphus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	Omniprésente
<i>Parlatoria pergandii</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	1	44,00%	Accessoire
<i>Aonidiella aurantii</i>	1	1	1	1	0	1	0	1	1	79,00%	Constante
<i>Coccus hesperidum</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	0	56%	Régulière
<i>Aphis spiraecola</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	Omniprésente
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	89%	Constante
<i>Dialeurodes citri</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0	44%	Accessoire
<i>Ectopsocus briggsi</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	0	33%	Accessoire
<i>Thripidae sp</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	33%	Accessoire
<i>Syrphidae sp</i>	0	0	1	0	1	1	1	1	0	56%	Régulière
<i>Cecidomyiidae sp</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	22%	Accessoire
<i>Chrysopidae sp</i>	0	0	1	0	1	0	0	1	1	44%	Accessoire
<i>Lysiphlebus fabarium</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	56%	Régulière
<i>Aphytis sp</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	1	33%	Accessoire
<i>Encarsia sp</i>	0	1	0	0	1	0	0	1	1	44%	Accessoire
<i>Pnigalio mediterraneus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	11%	Accidentelle
<i>Calas noackii</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11%	Accidentelle
<i>Pteromalidae sp</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	11%	Accidentelle

1.3. Analyse de la diversité globale des groupes fonctionnels

Cette étude est basée sur la connaissance du régime alimentaire est donc la place trophique des espèces capturées. L'examen des relevés du terrain relatif à l'entomocénose du verger d'agrumes fait apparaître plusieurs groupes distincts représentés principalement par des ravageurs opophages, des prédateurs généralistes, des parasitoïdes et hyperparasitoïdes.

La diversité globale des groupements fonctionnels analysée par une AFC (Analyses Factorielle des Correspondances) effectuée avec PAST vers 1,95 (**Hammer et al., 2001**) est satisfaisante dans la mesure où plus de 80 % de la variance est exprimée sur les 2 premiers axes (Fig.23). D'après les projections, la répartition des espèces apparaît dispersée, indiquant que globalement la biocénose de cet agro-écosystème semble réagir différemment et individuellement aux caractères saisonniers.

Cette variation saisonnière révèle que la période au cours de laquelle l'entomocénose est la plus riche et abondante se situe de janvier au début du mois de mars correspondant à la saison printanière (Fig.23).

La biocénose (Groupe1) est un peu précoce, elle s'installe le mois de janvier et s'étale jusqu'au mois de mars. Elle est composée principalement de ravageurs opophages représentés par *Parlatoria zizyphus* et *Aphis spiraecola*. Au début de la période printanière, on assiste à l'installation d'une entomofaune (Groupe 2) qui affiche une abondance relative des parasitoïdes, de prédateurs, mais également la présence de ravageurs-opophages et d'hyperparasitoïdes. Le groupe 3, dont l'activité s'étale durant le mois d'avril est représenté par les ravageurs opophages et des parasitoïdes.

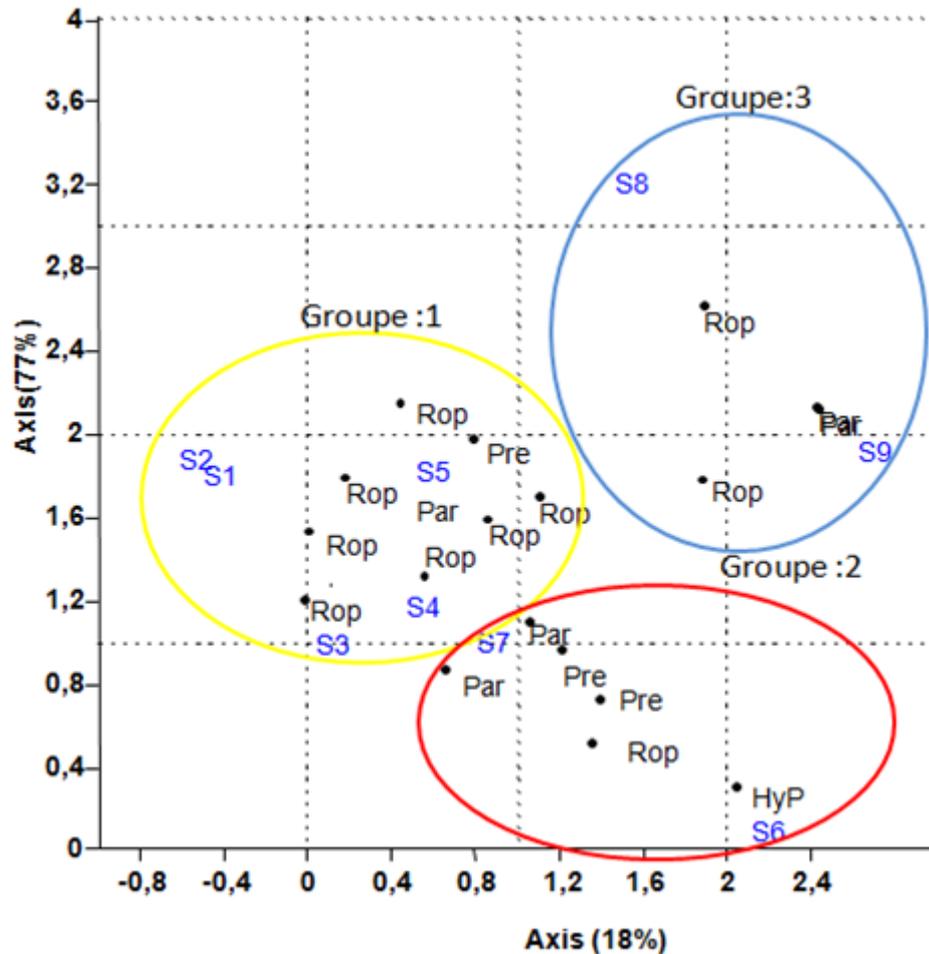


Figure 23 : Projection des groupes fonctionnels d'insectes sur le plan d'ordination de l'AFC de Janvier à Avril.

(Rop : Ravageur opophage ; Pre : Prédateur ; Par : Parasitoïde ; Hyp : Hyperparasitoïdes.

1.4. Pyramide de la cascade trophique dans l'agroagrumicole

Les résultats des interactions trophiques dans la chaîne alimentaire, représentée par les espèces opophages, les prédateurs et les parasitoïdes, et les hyperparasitoïdes dans l'arboriculture d'agrumes décrites dans la figure (24) montre un enchainement linéaire d'organismes qui se consomment successivement, formant les trois niveaux trophiques, les consommateurs primaires (opophages), consommateurs secondaires représentés par les prédateurs et les parasitoïdes, et les consommateurs tertiaires qui sont les hyperparasitoïdes.

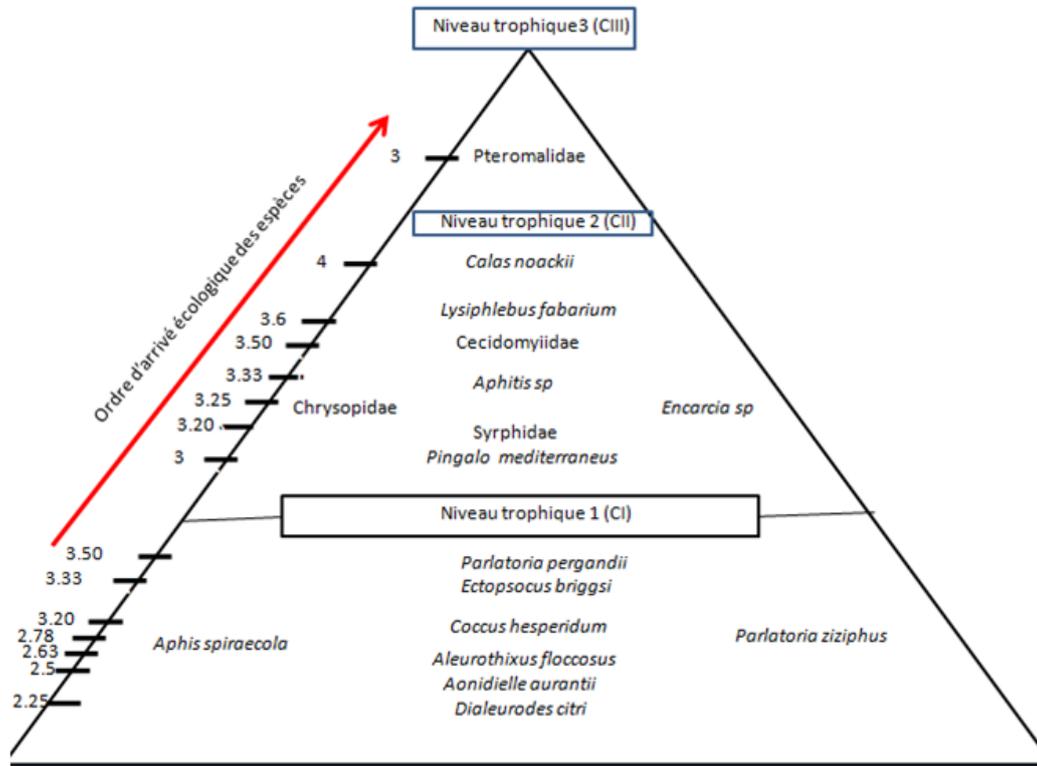


Figure 24 : Pyramide de cascade trophique dans l'arboriculture d'agrumes.

Les résultats montrent que l'activité des opophages en succession est très précoce avec des décalages temporels très courts (*Dialeurodes citri* suivi par *Aonidiella aurantii* en suite par *Aleurothrixus floccosus*, et *Parlatoria ziziphus* été au même temps que *Aphis spiraecola* ou ils manifestent leur présence de mi-février au mi-mars). La fin du mois de mars été signalé par installation *Parlatoria pergandii*. Pour le deuxième niveau trophique des consommateurs (les prédateurs et parasitoïdes) on assiste à une installation avec des décalages temporels courts a la fin de mars dans l'ordre suivant : les Syrphidae, les Chrysopidae en même temps que l'*Encarcia sp.*, en suite *Aphis sp*, les Cecidomyiidae, les *Lysiphlebus fabarum* et en dernier *Clas noackii*. Les consommateurs tertiaires (les hyperparasitoïdes) qui sont présentés par les Pteromalidae qui se sont installé au Mars.

Selon ces résultats, l'ordre d'arrivée des consommateurs secondaires ne précède pas les consommateurs primaires (cas de *Parlatoria ziziphus* et ses parasitoïdes : *Encarcia sp* en suite *Aphis sp*). Pour *Aphis spiraecola* et ses prédateurs qui sont apparu en premier (Syrphidae ; Chrysopidae et les Cecidomyiidae) précédant ses

parasitoides (*Lysiphlebus fabarium*). Ce qui explique que l'apparition de l'enchaînement des niveaux trophiques se concrétise grâce à la disponibilité alimentaire.

1.5. Les indices de diversités

Les valeurs élevées de l'indice de Shannon H (1,138) et de l'équitabilité (0,47) indiquent une bonne équi-répartition des individus entre les différentes familles.

Tableau 5 : Les indices de diversité :

Taxa_S	Shannon_H	Equitability_J
18	1,38	0,4774

1.6. Estimation de l'effet de produit synthétique sur la population résiduelle de *Parlatoria ziziphus*

1.6.1. Présence des effectifs selon les stades biologiques

L'histogramme (fig. 25) présente la présence des effectifs *Parlatoria ziziphus* en fonction des stades biologiques avant traitement dans les deux blocs traités. Selon la présentation graphique, les stades biologiques les plus abondants sont les larves du premier stade L₁ et les femelles adultes, en raison de la succession rapides des générations. Vu le nombre faible des effectifs des autres stades biologiques (L₂, prénymphé, nymphe et les males) ne seront pas pris en considération dans l'évaluation de l'efficacité du traitement appliqué.

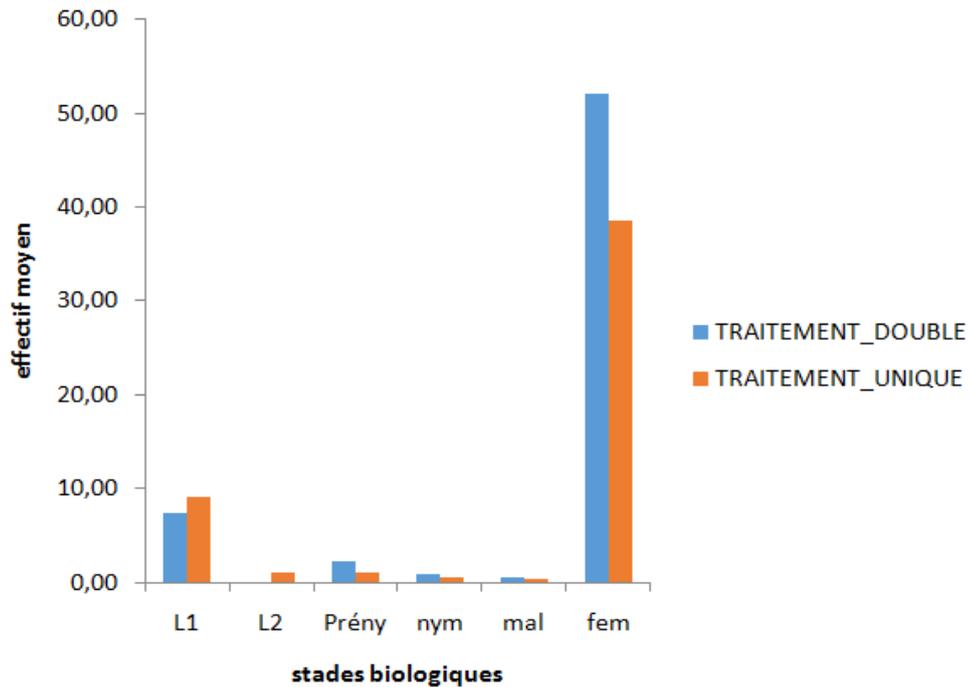


Figure 25 : La présence moyenne des effectifs de *Parlatoria ziziphus* en fonction des stades biologiques avant traitement dans les deux blocs traités.

L₁ : stade larvaire 1, L₂ : stade larvaire 2, Prény : Prénympe, Nym : Nympe, mal : male, fem : femelle

1.6.2. Distribution des effectifs dans les deux blocs avant traitement

Le test de Wilcoxon est avancé dans le but d'apprécier la variation de distribution des effectifs de *Parlatoria ziziphus* selon les stades biologiques avant traitement dans les deux blocs. Le test confirme l'absence de différence significative entre les effectifs des stades dominants de *Parlatoria ziziphus* au niveau des deux blocs (Tab. 6).

Tableau 6 : Variation de distribution des effectifs de différents stades biologiques dans les blocs traités avant traitement

	Traitement double (DT)	Traitement unique (TU)
N:	6	
Moyenne	10,533	8,4333
Médiane	1,5	1
WILCOXON TEST	0,60018 ^{NS}	
Monte Carlo	0,68807 ^{NS}	

1.7. Evolution temporelle de la population globale de *Parlatoria ziziphus* sous l'effet de traitement dans les deux blocs traités en fonction des stades biologiques

1.7.1. Evolution temporelle des populations globales de *Parlatoria ziziphus* L1 sous l'effet du traitement dans les deux blocs traités

Les résultats présentés graphiquement dans la figure 26, montrent l'évolution temporelle des populations globales larvaires du premier stade (L_1) de *Parlatoria ziziphus* sous l'effet des traitements. Le produit prototype de synthèse appliqué a donné lieu à l'apparition d'un effet choc dans le bloc traitement double que le bloc de traitement unique, mais avec une certaine stabilité de la population globale résiduelle dans le bloc traitement double et une reprise en effectif des populations globales résiduelles des larves L_1 à partir de la troisième heure après traitement dans le bloc à traitement unique.

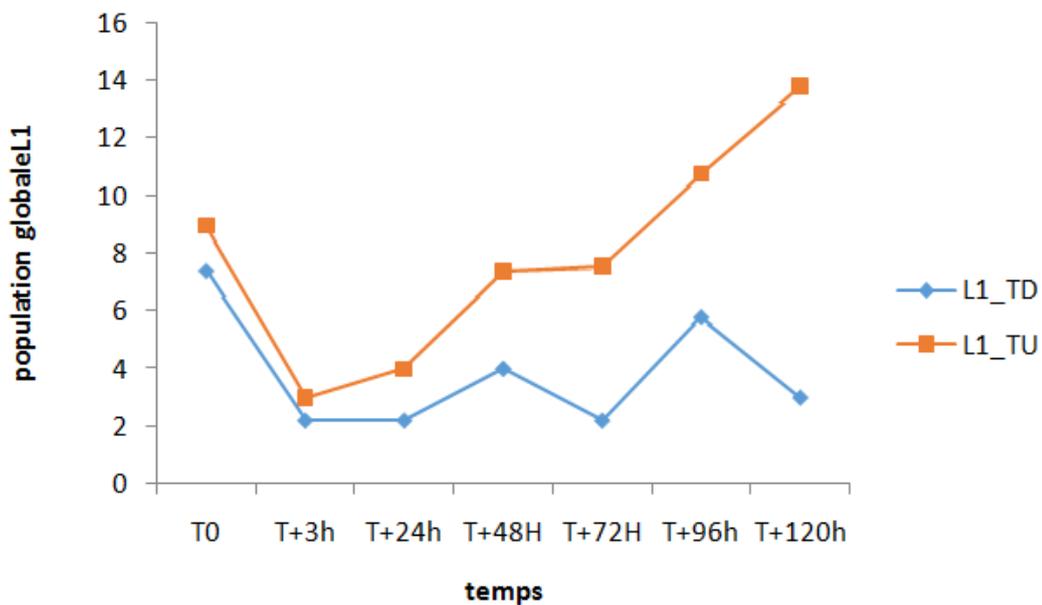


Figure 26 : Evolution temporelle de la population globale de *Parlatoria ziziphus* stade larvaire L_1 sous l'effet de traitement dans les deux blocs. (L_1 : premier stade larvaire, TD : Traitement Double, TU : Traitement Unique).

Le test de Wilcoxon est avancé dans le but d'apprécier la variation de la population globale résiduelle des larves L_1 de *Parlatoria ziziphus* dans les deux

blocs traités (Tab.7). La valeur obtenue par ce test est de 0.01, elle montre que la comparaison des effectifs de la population résiduelle L_1 dans les deux blocs présente une différence significative entre le bloc traitement double et le bloc traitement unique, ou l'application double s'est avérée plus efficace que l'application unique du traitement.

Tableau 7 : Variation de l'effet du traitement sur les effectifs larvaires du premier stade L_1 dans les blocs traités

	Traitement double (TD)	Traitement unique (TU)
N:	7	
Moyenne	3.8268	7.9429
Médiane	3	7.6
Test de Wilcoxon	0,01796*	
Test de Monte Carlo	0,0159*	

* : Significative à 5%

1.7.2 Evolution temporelle de la population globale de *Parlatoria ziziphus* des femelles sous l'effet de traitement dans les deux blocs traités

Les résultats présentés graphiquement dans la figure 27, montrent l'évolution temporelle des populations globales des femelles de *Parlatoria ziziphus* sous l'effet du produit prototype de synthèse. L'application du traitement a provoqué un effet choc dans la population globale des femelles dans les deux blocs traités ainsi qu'une continuation de diminution de cette population jusqu'à 24h après la deuxième application de traitement dans le bloc traitement double, puis une stabilisation de la population globale résiduelle des femelle. Par contre, le graphe du bloc traitement unique montre une remontée de la population globale des femelles à partir du deuxième jour après l'application du traitement.

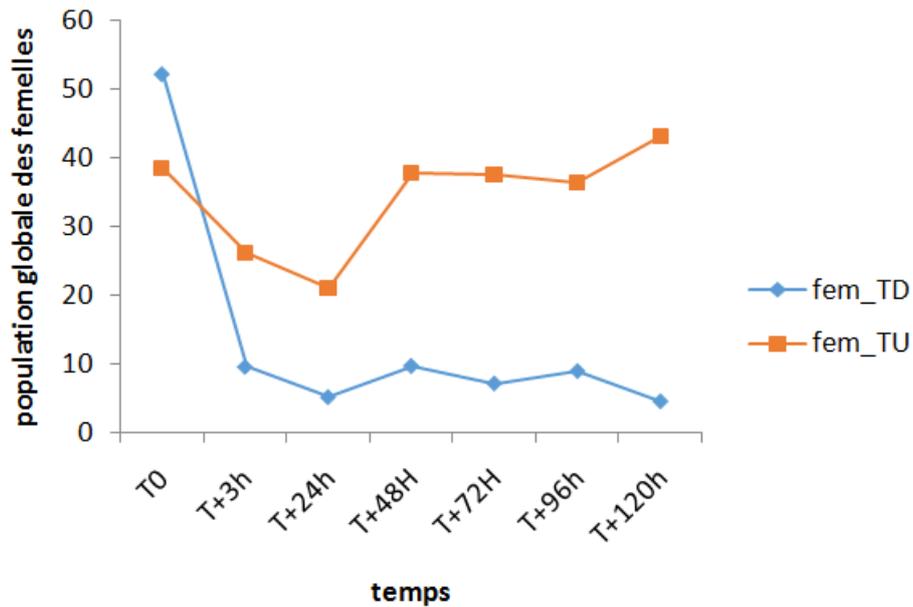


Figure 27 : Evolution temporelle des populations globales des femelles de *Parlatoria ziziphus* sous l'effet de traitement dans les deux blocs (fem : femelle, TD : Traitement Double, TU : Traitement Unique)

Le test de Wilcoxon est avancé dans le but d'apprécier la variation des populations globales résiduelles des femelles de *Parlatoria ziziphus* dans les deux blocs traités (Tab. 8). Les valeurs des probabilités obtenues par ce test sont de l'ordre de 0.02, elles montrent que la comparaison des effectifs de la population résiduelle des femelles dans les deux blocs présente une différence significative entre le bloc traitement double et le bloc traitement unique, où l'application double s'est avérée plus efficace que l'application unique du traitement.

Tableau 8 : Variation de l'effet du traitement sur les effectifs femelles de la population résiduelle dans les blocs traités

	Traitement double (TD)	Traitement unique (TU)
N	7	
Moyenne	13,93	34,4
Médiane	9	37,6
Test Wilcoxon	0,0279*	
Test Monte Carlo	0,0306*	

* : Significative à 5%

CHAPITRE IV: DISCUSSION

CHAPITRE IV : Discussion

1. Diversité entomologique des écosystèmes

A l'échelle du paysage ou d'un biome, les habitats favorables et défavorables pour une espèce s'alternent et peuvent grandir, diminuer ou disparaître avec le temps. Au sein de ces écosystèmes, les êtres vivants ont une valeur intrinsèque liée à leur existence et assurent un certain nombre de processus écologiques. Comme la structure fonctionnelle des communautés influence les processus écosystémiques, il est donc primordial de comprendre la structuration des communautés dans l'espace et dans le temps.

Dans un écosystème donné, les chaînes alimentaires ou réseaux trophiques sont les plus importantes relations entre les êtres vivants car elles représentent la seule façon de transférer de la matière et de l'énergie (**Feron, 2002**). Les insectes font partie de toute la gamme des processus naturels essentiels au maintien des systèmes biologiques (**White et al., 1985 ; Faurie et al., 2012**). L'étude de l'évolution des populations entomofauniques dans divers biotopes présente un intérêt en termes d'effet sur la biodiversité (**Finnamore, 2000**). L'entomofaune dans un verger cultivé se limite le plus souvent à une association agrobiocoenotique groupant les phytophages, strictement inféodés à la plante cultivée, souvent nombreux due à l'attraction que représente une monoculture, suscitant les entomophages à s'installer. L'autre partie de l'entomofaune est constituée par d'autres insectes erratiques qualifiés de "foule" guidés par des taxies variées et très souvent cycliques comme pour la recherche des fleurs par les insectes butineurs au printemps, ou le cas des Calliphoridae dont les possibilités d'installation dans des biotopes variés sont très grandes (**Clarke, 1993**)

2. Analyse de la diversité globale des groupes fonctionnels

Nous avons montré à travers nos résultats d'échantillonnage durant quatre mois d'observation dans un verger agrumicole en Mitidja centrale, l'occurrence spatiotemporelle de quatre groupes fonctionnels dont les traits écologiques relatifs à leur structure et leur installation. Les ravageurs opophages, les prédateurs, les parasitoïdes et hyperparasitoïdes. Chaque communauté n'est pas structurée de la même façon selon la saison et les mois, on peut remarquer la présence des ravageurs opophages coïncidant avec l'apparition des bourgeons axillaires sur la plante hôte, en plein florescence, on retrouve tous les parasitoïdes et les prédateurs. Toutes les études sur l'organisation des communautés s'accordent sur le fait que la structure des communautés et leur diversité dépend fortement de l'histoire évolutive des espèces impliquées (**Webb et al., 2004**). En effet les processus écologiques qui régissent les relations entre les espèces sont la compétition, la prédation, le parasitisme ou le mutualisme (**Denno et al., 1995**). Où la dynamique des populations et les interactions entre les espèces se déroulent forcément dans un contexte spatial (**Ricklefs, 1987**)

3. Cascade des niveaux trophiques

Nos résultats ont montré un ordre d'arrivée différent dans chaque assemblage trophique. Les ravageurs opophages des agrumes se composent de trois communautés hétérogènes regroupant 4 espèces de cochenilles *Parlatoria zizyphus*, *Parlatoria pergandii*, *Aonidiella aurantii*, *Coccus hesperidum*. Selon **Panis (S.D)** la cochenille noire (*Parlatoria zizyphus*) se développe facilement sur les feuilles et les arbres adultes alors que la cochenille plate (*Coccus hesperidum*) préfère des jeunes feuilles ou les arbres peu touffus. les aleurodes regroupant *Aleurothrixus floccosus* et *Dialeurodes citri* et une seule espèce de puceron : *Aphis spiraecola*. Dans ce verger, les prédateurs et les parasitoïdes forment des communautés très diversifiées se composant de 4 et 6 taxons respectivement, L'activité des ravageurs opophages (Cochenilles et aleurodes) est très précoce, ils manifestent leur présence de Février a la fin du mois de Mars .Au mois de Mars on assiste à une installation des consommateurs secondaire et tertiaires

principalement des prédateurs et parasitoïdes, dans un décalages temporels très courts d'une valeur plus ou moins égale à quinze jours entre les consommateurs secondaires et les consommateurs tertiaires, la plupart des Arthropodes rencontrés possèdent un nombre plus au moins important d'ennemis naturels qui vivent à leur dépens (**Benassy, 1990**).

Nos résultats renseignent que l'abondance des *Parlatoria ziziphus* et *Aphis spiraecola* (espèces proies) est très importante, ce qui permet d'assurer une ressource alimentaire aux différents consommateurs secondaires installés entre Février et Avril. Le monde des entomophages apparait comme une ressource naturelle d'une valeur exceptionnelle en matière de protection des cultures puisque, elle est gratuite, omniprésente, renouvelable et même autogouvernable. **Jourdheuil (1984)**, indiquent que les caractéristiques de l'habitat sont considérées comme des filtres pour les traits biologiques et écologiques des espèces ce qui permet de relier entre eux traits et gradients environnementaux.

Nous avons montré que par comparaison des niveaux trophiques CI et CII, il apparait que la disponibilité des consommateurs secondaires est assez conséquente par rapport à la ressource alimentaire. De nombreuses études montrent que l'augmentation de la diversité de la végétation a effectivement pour conséquence une augmentation de la diversité du peuplement animal qu'elle héberge, le nombre d'espèces végétales influence directement en premier sur le nombre d'espèces phytophages dont les différentes guildes peuvent se nourrir sur les feuilles, les rameaux, les bourgeons, les fleurs et les fruits, le concept de guildes peut être utile pour découvrir des différences fonctionnelles dans les communautés d'insectes pendant que les ressources changent avec le temps (**Chaubet, 1992**).

4. Evaluation de l'effet insecticide d'un produit synthétique sur *Parlatoria ziziphus*

Les résultats des essais montrent que le traitement synthétique à un effet toxique sur les larves du premier stade (L₁) et les femelles adultes de *Parlatoria ziziphus* dans les deux blocs traités.

Les applications foliaires réalisées ont enregistré un effet choc dans les deux blocs traités signalé à travers le taux de la population globale résiduelle des larves du premier stade et les femelles adultes de *Parlatoria ziziphus* à partir des trois premières heures.

Cette toxicité se diffère entre les deux blocs traités pour les larves du premier stade ainsi que les femelles adultes de *Parlatoria ziziphus*. Les larves L₁ dans le bloc à traitement unique ont connue une reprise dès les 24 heures suivant l'application du traitement, par contre les L₁ dans le bloc à traitement double montrent une stabilité qui s'est étendue pendant une durée de trois jours et la reprise des larves dans ce bloc n'apparaît qu'après le troisième jour.

Concernant les femelles dans le bloc traitement unique, une remontée dans la population globale résiduelle est constatée après les 24 heures qui suivent. Dans le second bloc, cette population résiduelle reste stable sans connaître aucune reprise tout au long le suivi temporel du traitement.

En déduit que la fréquence de l'application du produit synthétique agit comme un facteur déterminant l'effet toxique du produit synthétique ainsi que sa rémanence. Ces résultats d'évaluation d'efficacité insecticide de notre traitement synthétique sont comparés à celle des insecticides chimiques utilisés dans la lutte contre les cochenilles.

Selon **Jeppson et Carman (1960)**, les cochenilles sont responsables de certains des problèmes entomologiques les plus graves rencontrés dans la culture des agrumes dans les régions productrices du monde. Les pratiques chimiques de contrôle de ces insectes sont limitées à, la fumigation de l'acide cyanhydrique (HCN) ou bien la pulvérisation de l'huile de pétrole). Les cochenilles sont difficile à lutter, leur carapace les protège contre nombre produits chimiques (**Menou, 2006**). Le stade généralement le plus sensible aux traitements insecticides est le premier stade larvaire (**Staubli et Hohn, SD**), c'est ce qui été pareillement observé dans notre étude.

Selon l'étude réalisée par **Panis (S.D)** dans les vergers français, les huiles blanches sont souvent préconisées pour détruire les cochenilles, en effet, elles

détruisent les Chalcidiens Encyrtidae (parasitoïdes) qui sont les plus efficaces contre *S. oleae* et *Coccus hesperidum*. En outre les huiles blanches peuvent parfois entraîner des brûlures et des chutes de feuilles, si elles sont appliquées en période de fortes chaleurs (**Jacquemond et al., 2013**).

Panis (S.D) indique que parmi les insecticides organophosphorés utilisé dans la lutte contre les cochenilles, le méthidation qui assure une bonne efficacité avec le moins préjudiciable aux Chalcidiens, mais l'utilisation de ce produit à montrer qu'après l'arrêt d'intervention chimique, il y a un repeuplement progressif du ravageur.

Comme les insectes se nourrissent de la sève, les cochenilles peuvent être luttées par les insecticides systémiques transportés dans la sève des plantes (**Alford et al., 1994**), mais ces insecticides sont plus dangereux pour le consommateur (**Girling et al.,1992**)

Dans le cadre d'une étude mené par **Fanou et al. (2014)** sur l'efficacité de trois extrais aqueux botaniques : du piment (*Capsicum frutescens*) ; du neem (*Azadirachta indica*) ; d'hyptis (*Hyptis suaveolens*) et d'un insecticide chimique Cydim super dans la lutte contre la cochenille farineuse (*Dysmicoccus brevipes*) sur culture ananas au Bénin à montré qu'après l'application des produits, la densité des cochenilles à chuté dans toutes les parcelles. Les résultats ont montré que la parcelle traitée avec Cydim super a représenté la densité des cochenilles la plus basse marquant son efficacité étant la plus haute, puis celle traitée par l'extrait du hyptis, et en dernier les deux parcelles traitées par du neem et du piment. Les auteurs de cette étude ont conclu que l'action destructive rapide des cochenilles si comparé aux extraits aqueux botaniques est due a son double mode d'action : contacte et systémique étant l'essence de son efficacité.

CONCLUSIONS-PERSPÉCTIVES

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'entomofaune opophage des agrumes et de son complexe ennemis naturels dans un verger de Thomson dans la Mitidja, afin de noter le ravageur le plus réponde dans cet agroagrumicole, dans l'intention d'une perspective de lutte chimique par l'utilisation d'un produit prototype synthétique, nous pouvons dégager les résultats suivants

Nos résultats présentent que l'agrumiculture de la Mitidja illustre une importante entomofaune de groupes trophiques différents (des consommateurs primaires, des consommateurs secondaires et des consommateurs tertiaires), par un ordre d'arrivée écologique différent dans chaque assemblage trophique, dont l'activité ravageurs opophages est très précoce avec l'installation des consommateurs secondaire et tertiaires principalement des prédateurs et parasitoïdes, dans un décalage temporels très courts d'une valeur plus ou moins égale à quinze jours entre les consommateurs secondaires et les consommateurs tertiaires, ainsi que différents niveaux trophiques apparaissent avec la disponibilité des ressources alimentaires.

L'abondance des *Parlatoria ziziphus* et *Aphis spiraecola* (espèces proies) est très importante, ce qui permet d'assurer une ressource alimentaire aux différents consommateurs secondaires installés entre Février et Avril.

Les résultats de traitement synthétique ont montré que le produit a un effet toxique sur les larves du premier stade (L_1) et les femelles adultes de *Parlatoria ziziphus* sous l'effet des traitements unique et double avec l'enregistrement d'un effet choc signalé à travers le taux de la population globale résiduelle des larves du premier stade L_1 et les femelles adultes de *Parlatoria ziziphus* à partir des trois premières heures d'exposition aux traitements. Ainsi, les résultats montrent que le nombre d'application de traitement présente une différence significative dans les populations résiduelles chez les individus du premier stade larvaire L_1 pareillement chez les femelles entre les deux blocs traités qui démontre que le traitement double est plus efficace que traitement unique.

En perspective, les résultats de ce travail nous ont permis de réaliser l'importance de détecter l'entomofaune opophage des agrumes et son complexe ennemis naturels dans un premier lieu précédant toute intervention de lutte. Par conséquence, la lutte envisagée sera d'une meilleure efficacité, qui enjoindra le moins risque sur l'environnement et la santé humaine, avec moins de dépenses.

Il serait souhaitable dans les études ultérieures de tester le produit prototype sur d'autres ravageurs et d'estimer la réaction de la dynamique ainsi que la structuration des populations.

**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

Références bibliographiques

- 1-Akman Gunduz E. & Douglas A.E. (2009)** Symbiotic bacteria enable insect to use a nutritionally inadequate diet. *Proc Biol Sci*, 276 (1658) : 987-991
- 2-Alford D.V., Cammeau M.F., Fraval A. & Coutin R. (1994)** Ravageurs des végétaux d'ornement-arbres, arbustes, fleurs : Atlas en couleurs. Ed. I.N.R.A, Paris, France, 464p.
- 3-Amiard J.C. (2011)** Les risques chimiques environnementaux : Méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes. Ed. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 782p.
- 4-Andersson M. (2007)** The effects of non host volatiles on habitat location. *Horticulture and Agricultural science*, 1 : 1-38.
- 5-Anonyme (1999)** les agrumes. Ed. S.E.V.E, France, 21p.
- 6-Anonyme (2010)** La defense des cultures. Ed. Educagri, France, 177p.
- 7-Anonyme (2013)** pesticides-effets sur la santé. Ed. Inserm, Paris, 146p.
- 8-Anonyme (2016 a)** **Google earth**, situation géographique de la Mitidja www.google earth maps.
- 9-Anonyme (2016 b)** Plan parcellaire de la station expérimentale de la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie. Université Blida 1, 1p.
- 10-Aroun M.E.F. (2015)** le complexe aphides et ennemis naturels en milieu cultivé et forestier en Algerie. Thèse de doctorat en protection des végétaux, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrache, Alger, 118p.
- 11-Bailey R.A., Clark H.M., Ferris J.P., Rause S.K. & Stong R.L. (1978)** Chemistry of the environnement. Ed. Academic Press INK, New York, 575p.

12-Bailey R.A., Chandler D., Grant W.P., Greaves J., Prince J. & Tatchell M. (2010) Biopesticides : pests management and regulation. Ed. CABI. Cambridge, USA, 239p.

13-Baird D.J., Douthett P.F. & Greig-Smith L. (1996) Ecotoxicology : Ecological Dimensions. Ed. Chapman & Hall, London, 89p.

14-Beisel J.N. & Lévêque C. (2010) Interaction d'espèces dans les milieux aquatiques : faut-il avoir peur des invasions biologiques ? Ed. Quae. Paris, 232p.

15-Benassy C. (1990) Les Arthropodes parasites de ravageur. Faune et flore auxiliaire en agriculture. Paris 4-5 Mai 1983. Acta, 16-17p.

16-Bénaouf G. (2005) Produire des agrumes en agriculture biologique. Ed. ITAB, France, 4p.

17-Bich M., Siafa A., Adda R & Gherbi R. (2011) Biologie de *Aonidiella aurantii* (Homoptera, Diaspididae) sur citronnier dans la région de Rouiba. Lebanese Science Journal, Special Issue, 2012 : 59-64.

18-Biche M. (2012) Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Institut national de la protection des végétaux, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et FAO, 36 p.

19-Bin G. & Guangfu Z. (2014) Interaction between plants and herbivores : A review of plant defense. Acta Ecologica Sinica, 34 : 325-336.

20-Boissy A., Pham-Delègue M.H & Baudoin C. (2009) Ethologie appliquée, comportements animaux et humains, questions de société. Ed. Quae, Paris, 264p.

21-Bouthiba A., Saadi A., Djelouah K., Benbouali E., Zeziane M., Nadji D., Bouthiba A. & Hamdani F. (2014) Journée méditerranéennes sur l'agrumiculture situation actuelle et perspective. Université Hassiba benbouali de Chlef, 9-11 Décembre 2014, Chlef, 4p.

22-Brice P. (2013) Le commensalisme un concept fondamental en écologie ? Springer Basel 21, 273-284.

23-Bruinsma M. & Dicke M. (2008) Herbivore-induced indirect defense : from induction mechanisms to community ecology. In : Schaller A. Induced plant resistance to herbivory, Springer, Allemagne, 462p.

24-Cain M.L., Damman H., Lue R.A & Yoon C.K. (2006) Découvrir la biologie. Ed. de boeck. Bruxelles, 728p.

25-Capinera J.L. (2010) Structure and function of insects. In : Insects and wildlife : arthropodes and their relationships with wild vertebrate animals. Ed. Wiley Blackwell, USA, 487p.

26-Champman F.R. (2013) The insects : structure and function. 5^{ème} édition. Ed. Cambridg University Press, New York, 929p.

27-Chaubet B. (1992) Diversité écologique, aménagement des agro-écosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. INRA Courrier de l'environnement, 18: 45-63.

28-Chelliah S. & Bharathi M. (1994) Insecticide management in rice insects. In : Heinrichs E.A. Biology and management of rice insects. Ed. Wiley Eastern Limited, New Delhi, India, 794p.

29-Chen S.C. (2008) Inducible direct plant defense against insect herbivores. Insect science, 5 (2) : 101-114.

30-Chou C.H. (1999) Roles of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture. Critical Reviews in Plant Sciences, 18 (5) : 609-636.

31-Clarke K. (1993) Guide de l'entomologiste. Ed. Boubee, Paris : Pp 59- 70.

32-Clos J. (2012) Immunité chez les animaux et les végétaux. Ed. Lavoisier, Paris, 418p.

33-Corcket E., Griffard B. & Sforza R. (2013) Complexité des interactions au sein de la biocénose. In : Sauvion N., Calatayud P.A., Thiery D & Marion-Poll F. interactions insectes plantes. Ed. Quae, Paris, 784p.

34-Courtine J.P. (2012) L'homme et les lois de la nature 2. Ed. Lulu. Com, 568p.

35-Dajoz R. (1985) Précis d'écologie, 5eme edition. Ed. Dunod Université, Paris, 505p.

36-Damodaram K.J.P., Kempraj V., Aurade R.M., Rajasekhar S.B., Venkataramanappa R.K., Nandagopal B. & Verghese A. (2014) Centturies of domestication has not impaired oviposition site selection function in the silkmoth, *Bombyx mori*. Scientific Report, 4 (7472) : 1-6.

37-Davet P. (1996) Vie microbienne du sol et production végétale. Mieux comprendre. Ed.I.N.R.A, France, 383p.

38-Denno R.F., McClure M.S. et Ott J.R. (1995) Interspecific interactions in phytophagous insects: Competition reexamined and resurrected. Annual Review of Entomology 40: 297-331

39-Desurmont G.A., Harvey J., Van Dam N.M., Cristescu S.M., Schiestl F.P., Cozzolino S., Anderson P., Larsson M.C., Kindlmann P., Danner H. & Turlings T.C. (2014) Alien interference : disruption of infochemical networks by invasive insect herbivores. Plant Cell Environ, 37 (8) : 1854-1865.

40-Djazouli Z.E.D., Doumandji Mitch B. & Petit D. (2009) Spatio-temporal variations of functional groups in *Populus nigra* L.entomocenosis in the Mitidja plan (Algeria). Science Direct, 332 : 848-860.

41-Druart C. (2011) Effet des pesticides de la vigne sur le cycle biologique de l'escargot dans divers contextes d'exposition. Thèse de doctorat en Sciences de la Vie et de l'Environnement, Université de Franche-Conté, 316p.

42-Dudareva N., Negre F., Nagegowda D.A. & Orlova I. (2006) Plant volatiles : Recent advances and future perspectives. *Critical reviews in plant sciences*, 25 (5) : 417-440.

43-Durieux D., Verheggen F.J., Vandereycken A., Joie E. & Haubruge E. (2010) Synthèse bibliographique : l'écologie chimique des coccinelles. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 14 (2) : 351-367

44-El Wakeil N.E. (2013) Botanical Pesticides and Their Mode of Action. *Gesunde Pflanzen*, 65 (4) : 125-149.

45-Eyraud V. (2014) Étude d'un insecticide naturel nommé PA1b : mécanisme d'action et expression hétérologue. Thèse de doctorat en Evolution Ecosystèmes Microbiologie Modélisation, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 189p.

46-Fanou A., Baimey H., Zandjanakou-Tachi M. & Lawouin L. (2014) Efficacité d'extraits botaniques et de Cydm super dans la lutte contre la cochenille (*Dysmicoccus brevipes*) associée à la maladie du wilt chez l'ananas. *Int.J.Biol. Chem. Sci*, 8 (5) : 2007-2014.

47-Farré-Armengol G., Filella I., Llusia J. & Peñuelas J. (2012) Floral volatile organic compounds: Between attraction and deterrence of visitors under global change. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 15 : 56-67.

48-Faurie C., Ferra C., Medori P. et Devaux J. (2012) Ecologie : approche scientifique et pratique. Ed. Tec & Doc, Paris, 239p.

49-Feron P. (2002) Bases écologiques de la protection des cultures gestion des populations et aménagement de leurs habitats. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 41: 12-17

50-Finnamore A.T. (2000) The advantages of using arthropods in ecosystem management. A brief from the Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods), 30p.

51-Firlej A. & Vanoosthuysse F. (2001) La lutte intégrée et l'exemple de la punaise translucide : Un auxiliaire prometteur pour la pomiculture au Québec. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [Online], 2 (2), consulté le 09 mai 2016 sur URL : <http://vertigo.revues.org/4098>.

52-Flint M.L. & Van Den Bosch R. (1981) Introduction to integrated pest management. Ed. Plenum Press, New York, 256p.

53-Fornoni J. (2011) Ecological and evolutionary implications of plant tolerance to herbivory. Functional Ecology, 25 :399-407.

54-Frontier S. (1977) Réflexion pour une théorie des écosystèmes. Bull. Ecol., 8(4), 445-464.

55-Geslin J.P. (2013) puceron, fourmis et coccinelles : étude d'une chaîne alimentaire, 14p.

56-Girling D.J., Markham R.H., Wodageneh A & Agboola S. (1992) Manuel de lutte biologique : deuxième tome, étude de cas de lutte biologique en Afrique. Ed. Institut International d'Agriculture tropicale, Benin, 144p.

57-Gobat J. M., Aragno M. & Malthey Willy. (2010) Les sols vivants : bases de pédologie-Biologie des sols. 3^{ème} édition. Ed. PPUR, 817p.

58-Gols R. (2014) Direct and indirect chemical defences againsts in a multitrophic framework. Plant Cell Environ, 37 (8) : 1741-1752.

59-Gordh G., Lenger E.F. & Caltagirone L.E. (1999) biology of parasitic hymenoptera. In : *Bellows T.S., Fisher T.W., Caltagirone L.E., Dahlsten D.L., Gordh G & Huffaker B.* Handbook of Biological Control. Ed. Academic press. San Diego, California, 355-381

60-Grangier J. (2008) Stabilité et évolutive d'un mutualisme plante-fourmis obligatoire et spécifique Thèse de doctorat en sciences de la vie, Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, 240p.

61-Guillebeau P. (2004) The Pesticide Paradox in IPM : Risk Benefit Analysis. In : Koul. O & Dhaliwal G. S. Integrated pest management : potential, constraints and challenges. Ed. CABI, USA, 329p.

62-Guitton Y. (2010) Diversité des composés terpéniques volatils au sein du genre *Lavandula* : aspects évolutifs et physiologique. Thèse de doctorat en biologie et physiologie végétales, Université de Saint-Etienne-Jean-Monnet, 253p.

63-Hammer O., Harper D.A.T., et Rya P.D. (2001) PAST : Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1), 9p.<http://palaeoelectronica.org/2001-1/past/issue1-01.htm>.

64-Handaji N., Benyahia H., Arsalane N., Ben Azouz A. & Gaboun F. (2013) Evaluation pomologique et organoleptique de 34 variants d'orangers (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) issus de semis apomictique en essai dans la région du Gharb. *ALAWAMIA*, 127 : 47-70p.

65-Hardik P.P. & Priyanshee G.V. (2014) P heromones in Animal World : Types, Detection and its Application. *Sch. Acad. J .Biosci*, 2 (1) : 22-26.

66-Heil M. & Bueno J.C.S (2007) Within-plant signaling by volatiles leads to induction and priming of an indirect plant defence in nature. *Proceedings of the national academy of sciences PNAS*, 104 (13) : 5467-5472

67-Homon P., Seguin M., Perrier X. & Christophe Glaszmann. (1999) Diversité génétique des plantes tropicales cultivées. Ed. Cirad, Montpellier, France, 387p.

68-Hoyoux J.M. (2002) Le vocabulaire de l'apiculteur : illustré d'extraits littéraires. Ed. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 279p.

69-Jacke D. & Toensmeier E. (2005) Edible Forest Gardens : ecological vision and theory for temperate climate permaculture. Vol (1). Ed.Chelsea Green. U.S.A, 378p.

70-Jacquemond C., Heuzet M. & Curk F. (2013) Les clémentinier et autres petits agrumes. Ed. Quae, Paris, 363p.

71-Jappon L.R. & Carman G.E.(1960) Citrus insects and mites. Ann Rev of Entomolo, 5 : 353-378.

72-Jourdheuil P. (1984) Le rôle des en entomophage. Faune et flore auxiliaires en agriculture. Paris, Acta, 39-48p.

73-Kant M.R., Jonckheere W., Knecht B., Lemos F., Liu J., Schimmel B.C.J., Villarroel C.A., Ataide L.M.S., Dermauw W., Glas J.J., Egas M. Janssen A., Van Leeuwen T., Schuurink R.C., Sabelis M.W & Alba J.M. (2015) Mechanisms and ecological consequences of plant defence induction suppression in herbivore communities. Aannals of Botany, 115 (7) : 1015-1051.

74-Kearns C.A. & Inouye D.W. (1997) Pollinators, Flowering Plants, and Conservation Biology : Much remains to be learned about pollinatorsand plants. bioScience. 47 (5), 297-306.

75-Kergunteuil A. (2013) Des odeurs pour protéger les cultures : utilisation de composés volatils pour modifier le comportement de la mouche du chou *Delia radicum* et de ses ennemis naturels. Thèse de doctorat en Science de la vie et l'environnement, Université de Rennes 1, 158p.

76-Klowden M.J. (2007) Communication systems. In : Physiological systems in insects. 2^{ème} édition. Ed. Elsevier Academic Press, USA, 688p.

77-Laurin-Lemay S. (2010) Phylogéographie comparé d'un système multitrophique : les parasitoïdes du genre *Horismenus* spp. ont-ils échappé au processus de domestication du haricot au Mexique ? Thèse de magistère en sciences biologiques, Université de Montréal, 75p.

78-Le Bellec F. & Le Ralec A. (2014) Caractérisation des communautés adventices des vergers d'agrumes de la Réunion et détermination d'espèces favorables à la mise en place de la lutte biologique par conservation. Ed. Cirad er Agro Campus, Réunion, France, 51p.

79-Loucif Z. et Bonafonte P. (1977) Observation des populations du pou de Saint-José dans la Mitidja. *Revue Fruits* 4, 253-261.

80-Loussert R. (1989) Les agrumes : Volume 2. Ed. Tec & Doc Lavoisier, Paris, France, 236p.

81-Marchetti M.P. & Moyl P.B. (2010) Protecting life on earth : An introduction to the science of conservation. Ed. Berkeley University of California Press, 232p.

82-Marie-Claude N. (2002) Les relation des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. *Antennae*, 9 (1) : 5-9.

83-Materic D., Bruhm D., Turner C., Morgan G., Mason N. & Gauci V (2015) Methode in plant foliar organic compounds research. *Application in Plant Sciences*, 3 (12) : 1-10

84-Mazid M., Khan T.A. & Mohammad F. (2011) Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. *Biology and Medicine*, 3 (2) : 232-249.

85-Menou. (2006) Le jardin fleuri. Ed. France Agricole, Paris, France, 223p.

86-Mercier J.L., Errard C. & Férot B. (2013) L'identité chimique des insectes. In : Sauvion N., Calatayud P.A., Thierry D & Marion-Poll F. interactions insectes plantes. Ed. Quae, Paris, 784p.

87-Michel B. & Bournier J.P. (1997) Les auxiliaires dans les cultures tropicales : Beneficials in tropical crops. Ed. Cirad, Montpellier, France, 88p.

88-Miller T.E.X. (2008) Bottom-up, top-down, and within-trophic level pressures on a cactus feeding insect. *Ecological Entomology* 33, 261-268.

89-Miller G.T. & Spoolman S.E. (2012) Living in the environment. 17^{ème} édition. Ed. Brooks/Cole Cenage Learning, London, 816p.

90-Miller G.T. & Spoolman S.E. (2014) Essentials ecology. 7^{ème} édition. Ed. Graphic world Inc. U S A, 416p.

91-Mills N. (2009) Parasitoids. In : Resh V. H & Cardé R. T. Encyclopedia of Insects. 2ème édition. Ed. Elsevier. U S A, 1168p.

92-Ming Ye., Jeremy B., Jonathan W.M. & Ambikaipakan S. (2013) Occupational Pesticide Exposures and Respiratory Health. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10 : 6442-6471.

93-Mishra S.R. (2009) Understanding Forest Biology. Ed. DHP, New Delhi, India, 332p.

94-Mithöfer A. & Boland W. (2012) Plant Defense Against Herbivores: Chemical Aspects. Annual Review of Plant Biology, 63: 431-450

95-Mnif W., Ibn Hadj Hassine A., Bouaziz A., Bartegi A., Thomas O. & Roig B. (2011) Effect of endocrine Disruptor Pesticides : A Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 8 (6) : 2265-2303.

96-Mollet G. (2012) Régulations biologiques de *Cosmopolites sordidus* dans le réseau trophique des bananeraies. Thèse de doctorat en sciences de la vie, Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, 118p.

97-Nikoh N., Hosokawa T., Moriyama M., Oshima K. & Hattori M. (2014) Evolutionary origin of insect-Wolbachia nutritional mutualism. Proc Natl Acad Sci USA, 111 (28) : 10257-10262

98-Okuyama T. & Ruyle R.L. (2003) Analysis of adaptive foraging in an intraguild predation system. Web Ecology, 4, 1-6.

99-Olkowski W., Daar S. & Olkowski H. (1995) The gardener's guide to commonsense pest control. Ed. Newtown. U S A, 303p.

100-Pal K.K. & McSpadden Gardener B. (2006) Biological Control of Plant Pathogens. The Plant Health Instructor, 1117 (2) : 1-25

101-Panis A. (S.D) Dégâts de coccidae et pseudococcidae (Homoptera ; Coccoidea) des citrus en France et effets particuliers de quelques pesticides sur l'entomocénose du verger. I.N.R.A, station de zoologie et de lutte biologique, Antibes, France, 82-87.

102-Passera L. & Aron S. (2005) Information chimique. In : Les fourmis : comportement, organisation sociale et evolution. Ed. Qttawa C N RC, Canada, 480p.

103-Pawliszyn J. (1999) Applications of solid phase microextraction. Ed. Cambridge : Royal Society of Chemistry, London, 655p.

104-Pictet R. (2014) L'homme peut-il accéder à une société harmonieuse ?, un essai sur l'évolution du comportement. Ed. Connaissances et Savoir. France, 846p.

105-Pihan J.C. (1975) Je reconnais les insectes : Tome I. France, 427 p.

106-Pinel-Alloul B., Mazumber A., Lacroix G. & Lazzaro X. (1998) Les réseaux trophiques lacustres : structure, fonctionnement, interactions et variations spatiotemporelles. Journal of Water Science, 11, 163-197.

107-Plaideau B. & Plaideau J. (2013) Un verger conduit d'après le concept de la protection intégrée des cultures. 3p.

108-Polis G.A., Myers C.A. & Holt R.D. (1989) The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. Annual Review of Ecology and Systematics., 20, 297-330.

109-Price P.W., Bouton C.E., Gross P., McPheron B.A., Thompson J.N. & Weis A. E. (1980) Interactions among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology and Systematics, 11, 41-65.

110-Prager S.M., Esquivel I. & Trumble J.T. (2014) Factors influencing host plant choice and larval performance in *Bactericera cockerelli*. PLOS one, 9(4) : 1-9.

111-Pringle E.G., Akçay E., Raab T.K., Dirzo R. & Goron D.M. (2013) Water Stress Strengthens Mutualism Among Ants, Tress, and Scale Insects. PLOS Biology, 11(11), 1-13.

112-Rajchard J. (2013) Kairomones-important substances in interspecific communication in vertebrates : a review. Veterinarni Medicina, 58 (11) : 561-566.

113-Raven P.H., Berg L.R. & Hessenzahl D.M. (2008) Environnement. Ed. de boeck. Bruxelles, 687p.

114-Ricklefs R.E. (1987) Community diversity - relative roles of local and regional processes Science, 235, 167-171

115-Ricklefs R.E. & Miller G.L. (2005) Ecologie. De Boeck, Bruxelles, 822p.

116-Robert P.C. (1986) Les relations plantes-insectes phytophages chez les femelles pondeuses : le rôle des stimulus chimiques et physiques. Une mise au point bibliographique. Agronomie, EDP Sciences, 6 (2) : 127-142.

117-Sahraoui L. & Hemptinne J.L. (2009) Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae) sur agrumes et interactions avec leurs proies dans la région de Rouiba (Mitidja orientale) Algérie. Ann. soc.entomol.Fr.(n.s),45 (2) : 245-259.

118-Staubli A. & Hohn H. (S.D) Pou de San José et cochenilles similaires. Confédération Suisse, Agroscopechanging, 1-3p.

119-Styrsky J.D. & Eubanks M.D. (2007) Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. Proc Biol Sci, 274 (1607) : 151-164

120-Sullivan D.J. (2009) Hyperparasitism In : Resh V. H & Cardé R. T. Encyclopedia of Insects. 2ème édition. Ed. Elsevier. U S A, 1168p.

121-Suty L. (2015) Les végétaux : les relations avec leur environnement. Ed. Quae. Paris, 56p.

122-Swaran J.S.F. (2016) Arsenic and dichlorvos : Possible interaction between two environmental contaminants. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 35 : 43-60.

123-Taharli F., Belguendouz R. & Benrima A. (2015) Etude de la dynamique des populations de *Parlatoria ziziphi* Lucas sur clémentinier dans la région de Mitidja. Agrobiologia, 7 : 21-26

124-Tanzarella S. & Mamecier A. (2006) Propriétés des substances chimiques. In : Perception et communication chez les animaux. Ed. De Boeck, Bruxelles, 334p.

125-Urban L & Urban I. (2010) La production sous serre, Tome 1 : L'agronomie du climat. 2ème édition. Ed. Lavoisier, Paris, France, 337p.

126-Visser J.H. (1986) Host odor perception in phytophagous insects. Ann. Rev. Entomology, 31 : 121-144

127-Vivanco J.M. (2012) Secretions and Exudates in Biological Systems. Ed. Springer, New York, USA, 284p.

128-Webb C.O., Ackerly D.D., McPeck M.A. et Donoghue M.J. (2004) Phylogenies and community ecology. Annual Review of Ecology and Systematics, 33, 12p.

129-Weesi P. et Belemsobgo V. (1997) Les rapaces diurnes du ranch de gibier de Nazinga (Burkina Faso). Liste commentée, analyse du peuplement et cadre biogéographique. Alauda, 65 (3) : 263-278.

130-White I.M. & Hodkinson I.D.(1985) Nymphal taxonomy and systematic of the Psylloidea (Homoptera). Bulletin of the British Museum (Natural History) (Entomology) 50: 153-301.

131-White P.J.T. (2013) Testing two methods that relate herbivorous insects to host plants. J. Insect.Sci, 13 (92) : 1-22.