

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Blida 1

Faculté des sciences de la nature et de la vie

## MEMOIRE DE MAGISTER

En sciences agronomiques

Spécialités : Biopesticides et gestion phytosanitaire

# SUCCESSION TEMPORELLE DES BIOGRESSEURS SUR CULTURES MARAICHIERES SOUS ABRIS SERRE EN MITIDJA OCCIDENTALE. APPROCHE DE L'UTILISATION DE BACILLACEAE DE L'EXTRAITS DES PLANTES SPONTANEEES

Par Mohamed KARA

Présenté et soutenu publiquement le 12 janvier 2014.

Devant le jury composé de :

A.GUENDOZ- BENRIMA	Professeur	Université Blida 1	Présidente
L. ALLAL- BENFKIH	Maître de conférences (A)	Université Blida 1	Promotrice
Z.E. DJAZOULI	Maître de conférences (A)	Université Blida 1	Examineur
F.BOUNACEUR	Maître de conférences (A)	Université Ibn Khaloune, Tiaret	Examineur

« Le chemin qui mène de la plante à ses constituants purs et très long » ( Hostettmann, 1997)

## Table des matières

RESUME.....	6
ABSTRACT.....	7
.....	8
REMERCIEMENT .....	9
LISTE DES ILLUSTRATION, GRAPHIQUES ET TABLEAUX .....	11
INTRODUCTION .....	14
CHAPITRE 1 : CULTURES MARAICHERE ET CONTRAINTES PHYTOSANITAIRES .....	17
1.1 Situation des cultures maraîchères en Algérie.....	17
1.2 Les principaux ravageurs inféodés aux cultures maraichères .....	18
1.3 Principales maladies inféodées aux cultures maraichères.....	24
1.4 La protection des cultures maraichères .....	29
CHAPITRE 2 :BIOPESTICIDES INTERET ET PERSPECTIVES.....	39
2.1. Définition des biopesticides.....	39
2.2 Classification des biopesticides.....	39
2.2.1 Les biopesticides microbiens.....	39
2.2.2 Les biopesticides à base d'arthropodes vivants.....	48
2.2.3 Les biopesticides à base de substances botaniques (molécules allélochimiques de plante) .....	52
2.2.4 Les éliciteurs .....	61
2.3. Perspective et avenir des biopesticides .....	64
CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES.....	68
3.1. Etude de la succession des bioagresseurs des cultures de tomate et de concombre conduit sous serre plastique .....	68
3.1.1 Présentation de la zone d'étude .....	68
3.1.2 Matériel biologique utilisé.....	68
3.1.4 Etude de l'abondance faunistique inféodées aux 2 cultures .....	69
3.2. Essai de lutte par l'utilisation des extraits aqueux de 2 espèces spontanées (Lavendula stoechas L et Oxalis pes-caprea) .....	73
3.2.1 Présentation de la région d'étude .....	73
3.2.2 Entretien et travaux agricoles.....	73
3.2.3 Présentation et description des plantes spontanées utilisées.....	74
3.3. Essai de lutte biologique par l'utilisation de Bacillus subtilis contre les l'oidium de poivron.....	78
3.3.1. Présentation de la souche .....	78
3.3.2. Activation de la souche bactérienne.....	78
3.3.3. Mesure de la densité optique nécessaire pour la préparation d'inoculum .....	78

3.3.4. Dispositif expérimental .....	79
3.3.5. Application.....	80
3.3.6. Echantillonnage .....	80
3.4. Analyse des données recueillis .....	80
3.4.1 Etude de la succession et de disponibilité des bioagresseurs inféodés aux cultures de tomate et de concombre conduite sous serre.....	80
3.4.2 Etude d'efficacité d'extraits aqueux de plantes spontanée sur la population d'Aphis gossypii sur poivron conduit sous serre plastique.....	81
CHAPITRE 4 : RESULTATS.....	83
4.1 Distribution globale et abondance des taxons rencontrés sur les cultures de tomate et de concombre.....	83
4.2 Tendance de la variation temporelle de l'abondance de la disponibilité faunistique de deux spéculations maraichères sous abris serre.....	84
4.3 Analyse de la fluctuation temporelle des consommateurs primaires et secondaires de deux spéculations maraichères sous abris serre.....	88
3.4. Ordre d'arrivée écologique des taxons de deux spéculations maraichères sous abris serre et estimation des perturbations liées aux actions anthropiques .....	91
4.5 Étude des interactions entre les abondances taxonomiques de deux spéculations maraichères sous abris serre avec les facteurs abiotiques du milieu .....	92
4.6 Variation temporelle des abondances d'Aphis gossypii sous l'effet des extraits aqueux de plantes spontanées par comparaison a un produit de synthèse.....	94
4.7 Variation temporelle des populations résiduelles d'Aphis gossypii sous l'effet des extraits aqueux de plantes spontanées par comparaison a un produit de synthèse .....	95
4.8 Analyse de la tendance de l'activité insecticide des extraits aqueux des plantes spontanées et du produit de synthèse sur les populations résiduelles d'Aphis gossypii sur poivron conduit sous abris serre .....	96
4.9 Effet de la température et d'humidité sur l'abondance des ennemis naturels des cultures de tomate et de concombre conduit sous serre.....	99
4.10 Etude comparée de l'activité insecticide des extraits aqueux des plantes spontanées et du produit de synthèse sur les populations résiduelles d'Aphis gossypii sur poivron sous abris serre .....	100
4.11. Evaluation temporelle de l'activité antibiotique de Bacillus subtilis vis-à-vis de la maladie d'oïdium (Erysiphe cichoracearum) sur poivron dans conduit en serre plastique.....	101
CHAPITRE 5: DISCUSSION .....	102
5.1 L'abondance et la disponibilité faunistique sur la tomate et le concombre conduit sous serre .....	102
5.1.1 La régulation des populations phytophages dans le milieu naturel.....	104
5.1.2 Evaluation des niveaux trophiques sur les 2 cultures (tomate et concombre) conduites sous serre.....	105
5.2 Effet des extraits aqueux de plantes spontanées (Lavendula stoeckas & Oxalis pes-caprea sur les populations résiduelles d'Aphis gossypii sur poivron conduit sous serre plastique .....	113

5.3 Contribution à l'étude de l'activité antibiotique de <i>Bacillus subtilis</i> vis avis de la maladie d'oïdium ( <i>Erysiphe cichoracearum</i> ) sur le poivron conduit en serre plastique. ....	115
CONCLUSION ET PERSPECTIVE.....	118
APPENDICES.....	122
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	129

## RESUME

Sur de multiples modes de productions des cultures maraichères, ainsi que de nombreuses familles, espèces botaniques et variétés, il est clair que peut se manifester une très grande diversité de bioagresseurs potentiels. De plus, face aux évolutions parfois très rapides, ainsi qu'aux échanges très importants entre pays, le risque d'émergence de nouveaux fléaux est permanent. L'étude des réseaux trophiques au sein des cultures sous serre et les interactions existantes entre eux évoluant dans des conditions abiotiques variables donne des informations précieuses sur la structuration de cet agrosystème particulier, ce la peut aider à prendre les décisions convenables quant à la stratégie de lutte appropriée. En effet, ce système de culture répondra certainement bien à une approche intégrée, combinant différentes méthodes alternatives.

A travers notre étude menée sous un microclimat des serres en plastiques, nous avons constatés la complexité du réseau trophique existant chez la tomate qui est différente à celle du concombre. En effet, les populations de *Tuta absoluta* sont les plus dominante et arrive en 1<sup>ère</sup> position suivie d'acariens sur tomate alors que sur concombre les populations de ravageurs sont plus diversifié montrant une richesse faunistique appréciable. Les pucerons sont prédominants suivi par les aleurodes et les acariens. Les insectes de 3<sup>ème</sup> niveau trophique : Le parasitoïdes *Aphidius* sp sur *Aphis gossypii* est classé en 1<sup>er</sup> dans l'ordre d'arrivé dans se groupe fonctionnel suivi par les prédateurs (coccinelle et cécidomyie).

Dans le but de rechercher de nouvelles molécules de biopesticide, deux espèces végétales spontanées ont été testé à savoir l'*Oxalis pes-caprea* et *Lavendula stoeckas* L sur le contrôle des populations d'*Aphis gossypii* inféodé au poivron (*Capsicum annum* L) conduit sous serre plastique. Des traitements à base de préparation d'extraits aqueux d'une concentration de 100 g de matière sèche du végétale diluée dans 1 l d'eau distillée et des dilutions à 50% de la solution mère ont été testés ainsi que des mélanges des broyats des deux espèces végétales. Les résultats obtenus montrent des différences significatifs d'efficacité des extrais aqueux. La lavande est la plus performante même à mi-dose en raison des métabolites létaux présents dans leur huile essentielle. La vinaigrette été peu efficace ce la est dû probablement à la méthode d'extraction (peu de principe actif dans 100 g de matière sèche) des études complémentaire in vitro sont souhaitables.

L'étude de l'efficacité de *Bacillus subtilis* menée sous serre contre l'oïdium du poivron. Des solutions d'une concentration de 10<sup>8</sup> de bactérie pulvérisées sur les feuilles de poivrons ont montrés un effet positif et très promoteur dans la régulation de cette redoutable maladie.

Mots clés : réseaux trophiques, ordre d'arrivé, *Lavendula stoeckas*, L *Oxalis pes-caprea* , *Bacillus subtilis*,, bioagresseurs, Oïdium, *T.absoluta*, extraits aqueux, cultures maraichères

## ABSTRACT

Vegetables crops contain a multitude family and botanic species, it's clear that it can manifest more biodiversity of potential pest crop. In the opposite, of the fast economic evolution and the important commerce exchange between countries, the threat of apparition of new pest is constantly present.

The study of interactions in vegetable crops under plastic house witch growing at variable abiotic conditions can help to take conveyable decision to fight the plants enemies. Indeed, this culture system can response beneficiary to the IPM (integrated pest management) approach which combine all alternatives methods.

Through our studies lead on microclimate of green house. We were observed the complexity of the network trophic existed in tomato which is different than cucumber. By the way the populations of *Tuta absoluta* were dominated and came in the first position, spider's population were forward, while on cucumber herbivores populations were more diversified and abundant.

Aphids were predominant followed by white fly and spiders. The insects of the 3<sup>rd</sup> trophic level: parasitoid *Aphidius* sp on *Aphis gossypii* is classified on the first rank in this functional group flowed by the predators (ladybug, and dipteral)

In the aim to search a new molecule of biopesticide, two wild species, *Lavendula stoeckas* and *Oxalis pes-caprea* were chosen to control *Aphis gossypii* present on pepper (*Capsicum annum* L).taken under greenhouse conditions. Many treatment of watery extract were prepared. In effect, mother solution (100 g of powdery (dry matter) was dilute in 1l of distilled water); 50% of mother solution and mix dilutions of the 2 species were tested.

The results obtained show significant difference of the watery extract. *L.stoeckas* is the most preferment at full and half concentration, be caused by the lethal metabolite present in their main oil. *Oxalis* was the less effectiveness this is due probably of the way of extraction (few quantity of active matter in 100 g of dry matter) further studies in vitro will be desirable.

Solutions of 10<sup>8</sup> of bacteria inoculum was pulverized on pepper leaves to studying the efficiency of strains of *Bacillus subtilis* lead under green house on the powdery mildew. The results show positive effect in the regression of this serious disease. This biotic agents will be more promoters in the future.

Key words: Trophic network, Abundance Rank, *Lavendula stoeckas*, *Oxalis pes-caprea* , *Bacillus subtilis*,, Pest, Powderly mildew *Tuta.absoluta*, Watery extract, Vegetables crops

a

a

a

a

a

( )

a

Tuta

a

a

absoluta

a

Aphis gossypii

Aphidius sp

:

( )

Oxalis pes-caprea : a

(Capsicum annum

Aphis gossypii

Lavendula stoeckas L

1

100

L)

%50

a

a

a

( 100 )

Bacillus subtilis

10<sup>8</sup>

a

Lavendula stoeckas, L

:

Tuta absoluta,

Bacillus subtilis,, bioagresseurs, Oxalis pes-caprea



## REMERCIEMENT

Arrivé au bout du chemin de ma thèse, je prends quelques temps pour regarder en arrière et voir un peu ce trajet que j'ai parcouru pendant deux ans afin d'exprimer tous mes remerciements, et mes vifs sentiments à ceux qui m'ont accompagné et soutenu jusqu'à ce point précis de ma vie :

Tout d'abord, je tiens particulièrement à remercier Madame le Professeur Ben Fkih Leila pour m'avoir accueilli et accepté de m'encadrer et pour m'avoir fait confiance, m'avoir encouragé et conseillé tout en me laissant une grande liberté et en même temps suffisamment guidée pour ne pas me perdre.... J'ai eu le privilège de bénéficier de ses enseignements, de son savoir et de sa grande expérience. Pour son soutien et sa grande générosité, qu'elle soit assurée de ma profonde gratitude. Il paraît que l'on n'oublie jamais son directeur de thèse ;

J'adresse de sincères remerciements à Madame le Professeur Guendouz Attika pour sa bienveillance et sa gentillesse et ses encouragements.

Mes remerciements vont également à Aroune Fodhil d'avoir accepté de m'accueillir au sein de son laboratoire pour mettre à jour une bonne partie de ce travail. Je le remercie vivement pour sa précieuse collaboration et son aide.

Un très grand merci à Monsieur le docteur Djazouli Zahr eddine, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour son amitié, son aide et ses conseils si précieux tout le long de mon travail de thèse. Je le remercie également pour et ses commentaires et son humour auront été fort utiles.

Je tiens aussi à remercier profondément monsieur le docteur Bounaceur Farid, pour avoir accepté d'examiner mon travail et d'y apporter ses remarques pertinentes.

Mes remerciements vont également à Monsieur Aroune Fodhil d'avoir accepté de m'accueillir au sein de son laboratoire pour mettre à jour une bonne partie de ce travail. Je le remercie vivement pour sa précieuse collaboration dans l'identification des espèces de pucerons.

L'expérience de l'enseignement m'a amené un équilibre essentiel, tout en renforçant mon désir de me diriger dans cette voie. Merci à tous mes collègues et amis du travail sans oublier mes stagiaires de la section cultures maraichères de l'INSFP Hadjout! Merci à tous pour leur aide.

Je tiens enfin à redire le plaisir que j'ai eu à travailler au sein de laboratoire de zoologie agricole de département d'agronomie, et j'en remercie ici tous les membres en particulier la technicienne Yamina Djamai, je remercie toutes les personnes ayant contribué au bon déroulement de ce travail. Je remercie également tous mes collègues de « PG » pour les bons moments passés ensemble.

## DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

..Ma mère que Dieu la garde et qui lui donne une longue vie.

..L'hommage de mon père, que dieu lui ouvrira les portes de son paradis.

..Ma femme Amina... pour leur soutien sans faille et permanent, qu'elle trouve ici ma gratitude et mon parfait respect.

..Mes adorables petits enfants : Abderrahmane, Sid Ali et.. la coquine Djinane

..Mes frères et sœurs

..Tous mes amis

..Aux chercheurs, qui s'enflamment en silence pour éclairer le chemin de l'humanité

## LISTE DES ILLUSTRATION, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1	Répartition de la surface agricole utile par spéculation	17
Figure 1.2	Morphologie générale (vue dorso-ventrale) de <i>Tetranychus urticae</i> , Cycle de développement des Tetranychidae	20
Figure 1.3	Acariens rouges <i>Tetranychus urticae</i>	20
Figure 1.4	Larve, adulte et Cycle de vie de thrips <i>Frankliniella occidentalis</i>	20
Figure 1.5	Adultes pucerons : <i>Myzus persicae</i> , <i>Macrosiphum euphorbiae</i> et <i>Aphis gossypii</i>	21
Figure 1.6	Présentation schématique du cycle de vie des pucerons en régions tempérées	22
Figure 1.7	Chrysalide et adulte de l'aleurode du coton, <i>Bemisia tabaci</i>	22
Figure 1.8	Cycle de vie de l'aleurode du coton <i>Bemisia tabaci</i>	23
Figure 1.9	Les différents stades de vie de <i>Tuta absoluta</i>	23
Figure 1.10	Symptômes des dégâts dus au <i>Tuta absoluta</i>	24
Figure 1.11	Symptômes de <i>Meloidogyne</i> spp sur racines de melon	24
Figure 1.12	Cycle d'infection général d'un champignon entomopathogène	24
Figure 1.13	Oïdium du melon <i>Oïdium tabaci</i>	25
Figure 1.14	Cycle évolutif général des agents pathogènes causant le blanc	26
Figure 1.15	Cycle de développement (production asexuée) de <i>Botrytis cinerea</i> sur différentes cultures	27
Figure 1.16	Mildiou sur feuille de concombre et tige de tomate	27
Figure 1.17	Cycle de vie de mildiou de la pomme de terre ( <i>Phytophthora infestans</i> )	28
Figure 1.18	Alternariose sur folioles et tige de tomate	28
Figure 1.19	Les différentes méthodes de lutte contre les bioagresseurs	31
Figure 1.20	Pyramide des mesures de protection des cultures	31
Figure 1.21	Répartition du chiffre d'affaires par région du monde en 2010	35
Figure 1.22	Répartition du marché mondiale en 2010 par catégorie de produits	36
Figure 2.1	Le marché mondial des biopesticides microbiens en 2005	40
Figure 2.2	La part du marché mondiale en agents de lutte microbiologiques	41
Figure 2.3	<i>B. subtilis</i> observé en microscopie électronique à Balayage	43
Figure 2.4	Schéma du cycle cellulaire de <i>B. subtilis</i>	43
Figure 2.5	Schéma général illustrant les principales étapes d'induction de l'ISR chez la plante hôte	45
Figure 2.6	Morphologie de <i>Beauveria bassiana</i>	46
Figure 2.7	Doryphores de la pomme de terre et hyménoptère contaminés par <i>B.bassiana</i>	46
Figure 2.8	Larve d'Aphidolette et adulte <i>Encarsia formosa</i>	48
Figure 2.9	Momies de pucerons parasités	49
Figure 2.10	Adulte et Œufs de chrysopes <i>Chrysopa perla</i>	49
Figure 2.11	Cycle biologique des coccinelles d' <i>Harmonia axyridis</i> en images	50
Figure 2.12	<i>Deraeocoris ruber</i> L., <i>Anthocoris nemoralis</i> Fabricius adulte, <i>Nabis</i> spp., <i>Nesidiocoris tenuis</i> (Nesibug) et <i>Macrolophus caliginosus</i>	50

Figure 2.13	acarien prédateur ( <i>Phytoseiulus persimilis</i> ), attaque d' <i>Amblyseius</i> sur acarien et sur thrips	51
Figure 2.14	Attaque des nématodes entomopathogène sur le ver blanc	51
Figure 2.15	Les produits de Neem. branches, feuilles, Fruits, semences (avec endocarpe), Semences (sans endocarpe)	55
Figure 2.16	La structure chimique de l'azadiractine A (antiappétant des insectes)	55
Figure 2.17	Plante de pyrèthre, structure chimique de la pyrèthrine I	57
Figure 2.18	La structure chimique de lupanine	59
Figure 2.19	Schéma simplifié des principales réactions de défense structurales et biochimiques élaborées par la plante en réponse à l'agression	61
Figure 2.20	Exemples de phytoalexines chez le concombre (flavonoïde), <i>Arabidopsis</i> (camalexine), haricot (phaséolline) et tomate	63
Figure 2.21	Utilisation de phéromone dans la lutte contre <i>Tuta absoluta</i> piège à eau, capsule de phéromone	64
Figure 3.1	Vue générale des serres: culture de concombre(1) ;( culture de tomate) 2)	68
Figure 3.2	Piège jaune, Piège bleu	70
Figure 3.3	Observation sous loupe binoculaire des feuilles de tomate	71
Figure 3.4	Piège à phéromone (serre 2)	72
Figure 3.5	La ferme pilote de Deoueda (vue aérienne, Google earth, 2011)	73
Figure 3.6	Plante <i>L.stoeckas</i> après dessèchement	74
Figure 3.7	<i>Lavendula stoeckas</i> L dans son milieu naturel	74
Figure 3.8	Plante <i>Oxalis pes-caprea</i>	75
Figure 3.9	Préparation des extraits aqueux	79
Figure 3.10	Schéma indiquant l'évaluation des pourcentages de populations résiduelles ainsi que les effets toxiques après traitement (d'après le test de Dunnett)	
Figure 4.1	Abondances relatives moyenne des taxons identifiés	84
Figure 4.2	Abondance relative des groupes trophiques	84
Figure 4.3	Tendance de la variation temporelle de l'abondance de la disponibilité faunistique de deux spéculations maraichères sous abris serre	86
Figure 4.4	Variabilité d'espèces de bioagréssseurs et d'auxiliares inféodés aux cultures de tomate et de concombre conduit sous serre	87
Figure 4.5	Projection des groupes trophiques entomofauniques de concombre sur le plan factoriel F1xF2 de l'AFC	89
Figure 4.6	Classification ascendante hiérarchique de la disponibilité temporelle des populations de consommateurs primaires et secondaires sur la culture de concombre	89
Figure 4.7	Projection des groupes trophiques entomofauniques de tomate élevée sous serre sur le plan factoriel F1xF2 de l'AFC	90
Figure 4.8	Classification ascendante hiérarchique de la disponibilité temporelle des populations de consommateurs primaires et secondaires sur la culture de tomate élevée sous serre	90
Figure 4.9	Ajustement des fluctuations des abondances des populations d'espèces faunistique au modèle de Motumura sur 2 cultures maraichère (a : modèle combiné des 2 cultures, b : culture de concombre, c : culture de tomate)	92
Figure 4.10	Evolution temporelle de l'efficacité des extraits aqueux de la <i>Lavendula stoechas</i> L et <i>Oxalis pescaprea</i> sur l'abondance d' <i>Aphis gossypii</i> sur le poivron ( <i>Capsicum annum</i> L) conduit sous serre	95
Figure 4.11	Variation temporelle des populations résiduelles d' <i>Aphis gossypii</i> sous l'effet des extraits aqueux de <i>Lavandula stoeckas</i> et <i>Oxalis pes-caprea</i> et le produit de synthèse sur le	96

	poivron ( <i>Capsicum annuum</i> L) conduit en sous serre	
Figure 4.12	Projections des variables de l'application de la demi-dose des extraits aqueux de <i>Lavendula stoechas</i> L et <i>Oxalis pes-caprea</i> sur la population résiduelle d' <i>Aphis gossypii</i> au niveau de la culture de poivron conduit en sous serre sur le plan d'ordination F1XF2 de l'ACP	98
Figure 4.13	Projections des variables de l'application de la demi-dose des extraits aqueux de <i>Lavendula stoechas</i> L et <i>Oxalis pes-caprea</i> sur la population résiduelle d' <i>Aphis gossypii</i> au niveau de la culture de poivron conduit en sous serre sur le plan d'ordination F1XF2 de l'ACP	98
Figure 4.14	Effet de la température et d'humidité sur l'abondance des ennemis naturels inféodé à la culture de concombre (a, a') et de tomate (b, b') conduit sous serre.	99
Figure 4.15	Effet des extraits aqueux de 2 plantes spontanées ( <i>Lavendula stoechas</i> et <i>Oxalis pes-caprea</i> ) sur la population résiduelle d' <i>Aphis gossypii</i> sur poivron conduit en sous serre par rapport au temps de prise d'effet (a), type de traitement (b) et doses administrées (c).	101
Figure 4.16	Evaluation temporelle de <i>Bacillus subtilis</i> vis-à-vis de l'oïdium ( <i>Erysiphe cichoracearum</i> ) sur de poivron conduit sous plastique.	101
Figure 5.1	Schéma présentant les deux hypothèses qui expliquent la régulation des populations de phytophages se fait soit par les ennemis naturels (effet « Top Down »), soit par les plantes (effet « Bottom up »).	105
Figure 5.2	Schéma représentant la diversité des interactions entre plantes, phytophages et ennemis naturels	105
Tableau 1.1	Superficie de trois cultures maraichères sous serre et plein champ en Algérie	18
Tableau 1.2	Les principaux ravageurs des cultures maraichères et leurs ennemis naturels	19
Tableau 1.3	Différentes méthodes de lutte culturales contre 4 grands types d'ennemis des cultures	33
Tableau 1.4	Les principales familles d'insecticides, de fongicides et d'herbicides	36
Tableau 1.5	Principales caractéristiques des différentes méthodes de lutte	38
Tableau 2.1	Les principales caractéristiques des biopesticides	39
Tableau 2.2	Données sur les principaux insecticides végétaux commercialisés aux Etats-Unis	52
Tableau 2.3	Comparaison du nombre de substances actives autorisées	65
Tableau 3.1	Application des traitements phytosanitaires	69
Tableau 4.1	Les corrélations entre les espèces disponibles sur concombre ( <i>Cucumis sativa</i> L) et les facteurs climatique (température moyenne, humidité relative)	93
Tableau 4.2	Les corrélations entre les espèces disponibles sur tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> L) et les facteurs climatique (température moyenne, humidité relative)	94
Tableau 4.3	Effet des extraits aqueux comparés au produit de synthèse sur l'abondance des populations d' <i>Aphis gossypii</i> sur le poivron conduit sous serre ( GLM avec erreur de poisson, $P < 0.05$ )	100

## INTRODUCTION

L'agriculture a joué un rôle central dans la progression et le développement de l'espèce humaine. La pratique de l'agriculture est un processus de modification naturelle des écosystèmes dans le but de fournir des produits et services aux populations en les faisant nourrir des espèces végétales et animales [131]. La survie de l'espèce humaine dépend donc de sa capacité à protéger les végétaux essentiels à son alimentation, dans les champs ou après la récolte.

Le développement des pesticides chimiques, dont la production était aisée et les coûts peu élevés, à la moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, a été une révolution technologique dans le domaine de la protection des cultures. Cependant, les succès qu'ils rencontrèrent immédiatement dans le contrôle des espèces nuisibles aux cultures, ont conduit à leur utilisation intensive et souvent sans discernement ; la lutte chimique semble donc ne pas être la panacée [133]. La suite a été des désordres écologiques observés à de multiples niveaux, ce qui a mis en évidence l'intérêt d'une réflexion sur des approches alternatives ou complémentaires [158].

De nombreuses initiatives sont déployées depuis plusieurs années pour développer des méthodes alternatives à l'utilisation de ces pesticides chimiques. Parmi les méthodes qui sont explorées depuis cette prise de conscience, les méthodes biologiques sont celles qui offrent le plus de solutions durables et en adéquation avec le respect de l'environnement [133].

Aujourd'hui, le paysage de la protection des cultures change : face aux attentes de la société en matière d'agriculture biologique, de durabilité, de biodiversité, de lutte intégrée et des approches passionnées que cela induit, s'ajoutent les évolutions réglementaires sur les produits de synthèse.

Au cours des quinze dernières années, marquées par le formidable essor des biotechnologies, l'exploitation des substances naturelles de toutes origines, terrestres ou marines, végétales et animales, utilisées comme produits en soi ou comme sources de nouvelles molécules destinées aux domaines de cosmétologie, parfumerie, pharmacologie et produits phytosanitaires a suscité un intérêt croissant de la part des scientifiques, industriels et du grand public [79].

Actuellement, les biopesticides représentent approximativement 4,5% des ventes d'insecticides mondiales. Le taux de croissance de biopesticides serait entre 10 à 15% par an dans les 10 prochaines années contrairement aux pesticides chimiques qui seraient de 2,5 % [194].

Notre travail est réalisé sur les cultures de tomates, concombre et poivron cultivés en conditions naturelle de la serre au niveau de la Mitidja occidentale. Il est subdivisé en 3 partie :

Primo, sur de multiples modes de productions légumières, ainsi que de nombreuses familles, espèces botaniques et variétés, il est clair que peut se manifester une très grande diversité de bioagresseurs potentiels en particulier les pucerons. De plus, face aux évolutions parfois très rapides, ainsi qu'aux changes très importants entre pays, le risque d'émergence de nouveaux problèmes est permanent.

Aujourd'hui le raisonnement de la protection des cultures est fondé sur une connaissance de : (i) la dynamique des bioagresseurs et (ii) à des conséquences de ces dynamiques qui peuvent avoir sur le peuplement cultivé (les modes de trophismes, les interactions entre mode de trophisme et physiologie des plantes, du couvert végétale environnant et les facteurs climatique.

La reconnaissance de la succession temporelle des bioagresseurs ainsi que leur cortège auxiliaires sur les cultures s'avère de première importance pour établir un plan de gestion phytosanitaire fiable et efficace. Comment ces espèces se succèdent-ils dans le temps en conditions naturelles de serre ? de plus existe-il des facteurs influençant cette succession ?

Secundo, L'Algérie dispose d'une richesse floristique sans limite, cette flore l'est encore très peu exploitée au plan chimique. Pour l'ensemble des plantes endémiques, il n'existe en effet aucune référence bibliographique témoignant d'études scientifiques. L'originalité floristique de l'Algérie est donc encore peu exploitée. Le nombre d'espèces locales ayant bénéficié d'un processus de valorisation demeure très réduit. De ce fait, la conjonction de ces données ouvre, à l'évidence, de vastes perspectives en termes de bio-prospection.

Dans cette optique un essai des extrais aqueux de 2 espèces de plantes spontanées *Lavendula stoeckas* et *Oxalis pes-caprea* sont réalisés en serre sous conditions naturelles. Les extraits aqueux de ces 2 espèces ont-ils un effet insecticides sur les bioagresseurs su poivron ?

Tertio, la lutte biologique, précisément par l'utilisation des micro-organismes, est une alternative très prometteuse aux pesticides de synthèse de par la spécificité et l'efficacité d'action des agents antagonistes, l'ubiquité naturelle de ces agents dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile et leur persistance dans l'environnement.

Dans ce contexte et à travers ce travail un essai de lutte est mené in situ en utilisant une souche de *Bacillus subtilis* isolée comme agent de contrôle biologique de l'oïdium de poivron. Le *Bacillus subtilis* a-t-il une incidence sur la réduction et le contrôle de la maladie de l'oïdium de poivron en conditions naturelles ?



## CHAPITRE 1

### CULTURES MARAICHÈRE ET CONTRAINTES PHYTOSANITAIRES

#### 1.1 Situation des cultures maraîchères en Algérie

Selon le recensement agricole national de 2008, la surface agricole totale (S.A.T) est de 40,6 millions d'hectares, représentant 17% de la surface totale du pays (STP).

La Surface Agricole Utile ou S.A.U est d'environ 8,45 millions d'hectares, représentant 20,8% de la S.A.T et à peine 3,54% de STP.

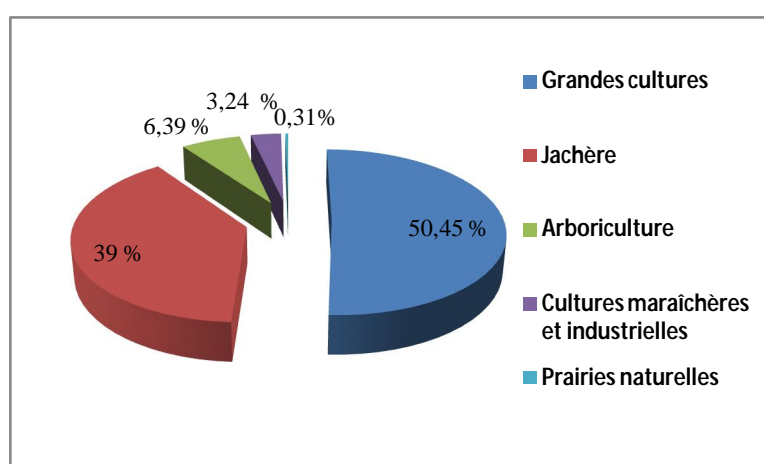


Figure n° 1.1 Répartition de la surface agricole utile par spéculation

Les grandes cultures occupent la moitié de la surface agricole utile en Algérie en raison de leur intérêt stratégique pour la nourriture de la population (en particulier les céréales et la pomme de terre). Nous constatons aussi, qu'une grande partie des terres soit 39% sont en jachère ce qui prouve le haut potentiel de production agricole possible du pays. L'arboriculture occupe un place prépondérante avec 6,39% ; quant' aux cultures maraichères recouvre une faible proportion soit 3,24% de la S.A.U ; nonobstant ces dernière années ont connues une nette recrudescence de la surface destinée aux légumes (responsable des statistique MADR, comm.pers.)

##### 1.1.1 La culture en serres en Algérie

La culture en serre, représente aujourd'hui 2 400 000 ha toutes cultures confondues dans le monde, dont 45 000 ha sous « abri verre » [151].

En Algérie, malgré les programmes d'aides (PNDA) élaboré par l'état au profit des agriculteurs maraichers; la culture sous serre c'est très peu développé, elle demeure moins importante par rapport à la culture de plein de champs ce la est dû principalement aux coûts d'investissement relativement élevés.

Tableau n° 1. 1 : Superficie de trois cultures maraichères sous serre et plein champ en Algérie

	Tomate		Poivron		Concombre	
	Sous serre	Plein champ	Sous serre	Plein champ	Sous serre	Plein champ
Superficie (ha)	2 850,82	15087,36	1 155,05	12 083	528,97	3551,03
Rapport (%)	13,71		9,56		13	

(Source : MADR, 2009)

Néanmoins, la tomate prend de plus en plus de place. En effet, il s'est cultivé en 2009 plus 2850 ha en serre, contre 15087,36 ha en plein champ, ce qui représente 13,71% de la superficie totale. Le concombre sous serre représente 528,97 ha soit environ 13% de la superficie totale. Quant au poivron plus de 1155 ha ont été produits en serre contre 10928 ha en plein champ (9.56 %).

### 1.1.2 Aspects phytosanitaires

Les cultures légumières et leur production sont très diversifiées en Algérie. En effet, plusieurs modes de production sont employés : serre hors-sol, abri plastique, abri léger et culture en plein champ.

Ces conditions de production très contrastées influencent différemment les problèmes phytosanitaires (exemples : des bioagresseurs d'origine tropicale sont plus prégnants sous abris, les nématodes et les mauvaises herbes n'ont pas la même incidence en culture hors-sol qu'en culture en sol). De plus, les problèmes et les pratiques varient en fonction de chaque mode de production et de leurs contraintes environnementales. Ces différences ont une incidence directe sur les problèmes phytosanitaires et la gestion de ceux-ci.

### 1.2 Les principaux ravageurs inféodés aux cultures maraichères

Sur de multiples modes et situations de productions des cultures maraichères, ainsi que de nombreuses familles, espèces botaniques et variétés, il est clair que peut se

manifester une très grande diversité de bioagresseurs potentiels. De plus, face aux évolutions parfois très rapides, ainsi qu'aux échanges très importants entre pays, le risque d'émergence de nouveaux problèmes est permanent.

Tableau n° 1.2 : Les principaux ravageurs des cultures maraichères et leurs ennemis naturels [127].

Ravageurs	Ennemis naturels ou auxiliaires
Tétranyque tisserand ( <i>Tetranychus urticae</i> )	Acarien prédateur <i>Phytoseiulus persimilis</i>
Aleurode des serres ( <i>Trialeurodes vaporarium</i> )	Hyménoptère parasitoïde <i>Encarsia formosa</i>
Thrips de Californie ( <i>Frankliniella occidentalis</i> )	Acariens prédateurs <i>Amblyseis cucumeris</i> et <i>A. barkeri</i>
Mouches mineuses ( <i>Liriomyza bryonii</i> , <i>L. trifolii</i> , <i>L. huidobrensis</i> )	Hyménoptères parasitoïdes <i>Davnusa sibirica</i> (endoparasite) et <i>Diglyphus isaea</i> (ectoparasite)
Pucerons verts du pêcher et <i>Macrosiphum euphorbiae</i> )	Hyménoptère parasitoïde <i>Aphydus matricariae</i> ou Cécidomyie <i>Aphydioletes aphydimyza</i>
Pucerons, thrips et tétranyques tisserands	Punaise prédatrice polyphage <i>Orius spp</i>
Pucerons lanigères et pucerons du coton ( <i>Aphis gossypii</i> )	Coléoptère <i>Cryptolaemus montrouzieri</i>
Pucerons, mouches blanches et acariens prédateurs	<i>Chrysopa carnea</i>

### 1.2.1. Acariens

Les acariens sont de sorte d'araignée de petite taille, presque invisibles à l'œil nu. Certains sont connus sous le nom d'araignées rouges ou jaunes (Tétranyques). Ils causent surtout des dégâts aux feuilles, provoquant des décolorations. Une attaque sévère provoque la chute des feuilles [205].

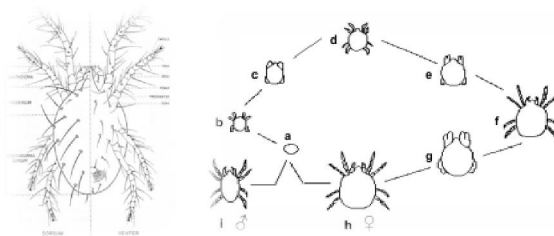


Figure n° 1.2 Morphologie générale (vue dorso-ventrale) de *Tetranychus urticae* (a) , Cycle de développement des Tetranychosida (b). a : œuf ; b : larve ; c : protochrysalide ; d : deutonymphe ; e : deutochrysalide ; f : deutonymphe ; g : teliochrysalide ; h : femelle adulte ; i : male adulte. (<http://w.w.w.inra.fr/internet/produites/hypp/dessins/8082048.gif>)

- Acarien jaune commun *Tetranychus urticae* Koch

La femelle est de couleur vert-jaunâtre avec deux taches sombres. Les mâles sont également de couleur vert-jaunâtre, avec de nombreuses petites taches sombres. Les femelles en diapause sont de couleur orangée, sans taches sombres.



Figure n° 1.3: Acariens rouges *Tetranychus urticae* (<http://www.bioest.be/>), symptômes d'attaque d'acariens sur feuilles de tomate

### 1.2.2. Thrips

Les thrips sont rencontrés de façon régulière en cultures de tomates, d'aubergines, de poivrons et de concombres. Les adultes sont de couleur brun-jaunâtre, mesurent 1 mm de long, les larves sont de couleur blanche ou jaune.

Les adultes et les larves sucent les cellules des feuilles en provoquant de petites taches argentées. Souvent les infestations commencent sur les bords du champ à cause de migrations d'adultes provenant d'autres champs ou des mauvaises herbes poussant sur les friches avoisinantes.

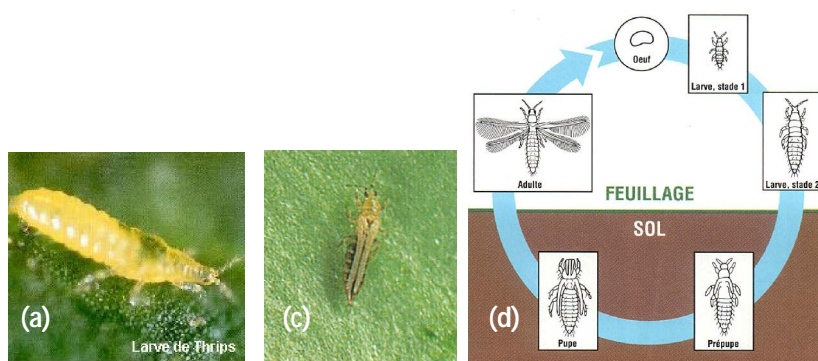


Figure n° 1.4 : (a) Larve, (b) adulte (<http://www.biopest.be/>). (c) Cycle de vie de thrips *Frankliniella occidentalis* [207].

### 1.1.2.3. Pucerons

Les pucerons infestent la plupart des plantes cultivées, et constituent un des groupes d'insectes les plus nuisibles en régions tempérées. Les dégâts sont causés par des toxicoses ou des affaiblissements de l'hôte. Ils sont d'autant plus graves que ces

insectes possédants un formidable pouvoir de multiplication. Par ailleurs, les pucerons sont les principaux vecteurs de virus végétaux [169].

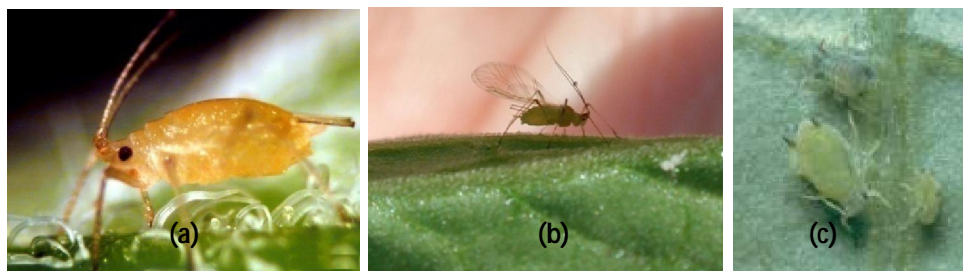


Figure n°1.5 : Adultes pucerons : (a) *Myzus persicae*, (b) *Macrosiphum euphorbiae* (c) *Aphis gossypii* ([http : // www.biopest.be/](http://www.biopest.be/))

#### 1.2.3.1. Description des principaux pucerons rencontrés en culture maraichère[133]

- *Myzus persicae*

Femelle aptère : 1,2 à 2,5 mm de long. Couleur vert clair à vert-jaunâtre, cornicules assez longues, cauda triangulaire. Ailé : 1,4 à 2,3 mm de long, tête et thorax brun-noirâtre ; l'abdomen vert à vert-jaunâtre et souvent rosâtre, avec une tache foncée sur le dos.

- *Macrosiphum euphorbiae*

Femelle aptère : 1,7 à 3,6 mm de long, gris-vert à rose, antennes et pattes longues, cauda longue et cornicules très longues. Ailé : 1,7 à 3,4 mm de long, abdomen de couleur identique à celui de l'aptère, mais la tête, les antennes, le thorax et les cornicules sont brun-jaunâtre.

- *Aphis fabae*

Femelle aptère : 1,5 à 2,9 mm de long, noire à brun-noirâtre, présentant souvent des taches de cire blanchâtres sur l'abdomen. Les antennes sont plus courtes que le corps, les cornicules sont foncées, assez courtes. Ailé : 1,8 à 2,7 mm de long ; de couleur noire, avec des points de cire blanche bien visibles.

- *Aphis gossypii*

Ce puceron est très polyphage, mais il a une préférence pour les cucurbitacées, les malvacées et les rutacées. Il peut également transmettre des virus tel que la Mosaïque du concombre.

Femelle aptère : 1,2 à 2,2 mm de long. Antennes jaune pâle. Les cornicules sont très foncées et la cauda plus pâle. Ailé : 1,8 à 2,7 mm de long ; comparable à l'aptère.

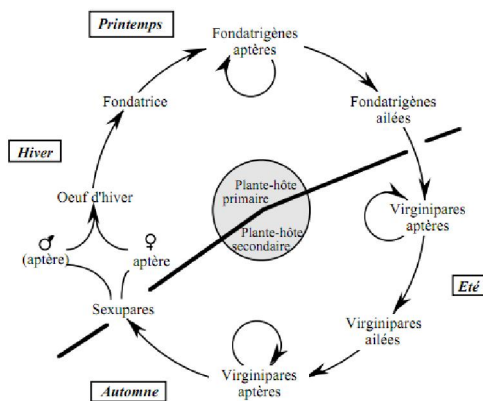


Figure n° 1.6 : Présentation schématique du cycle de vie des pucerons en régions tempérées [169].

#### 1.2.4. Aleurodes

L'aleurode est d'origine tropicale, mais se montre cosmopolite et polyphage. Cet insecte cause des dégâts directs sur les cultures en se nourrissant des plantes mais est surtout responsable de dégâts indirects.

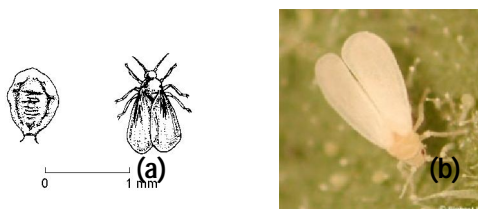


Figure n° 1.7: (a) Chrysalide et adulte de l'aleurode du coton, *Bemisia tabaci*, (b) Adulte de *Trialeurodes vaporariorum* ([http : // www.biopest.be/](http://www.biopest.be/)).

Les aleurodes pondent leurs œufs à la surface inférieure des feuilles. Les œufs éclosent de cinq à dix jours plus tard. Les larves qui en sortent sont mobiles dès les premières heures. Elles cherchent un endroit approprié pour se fixer sur la feuille. Ensuite, pendant le stade suivant de la larve et le stade de chrysalidation, elle ne se déplace plus. Les quatre phases de larve se ressemblent très fort, mais diffèrent clairement par leur grandeur [57].

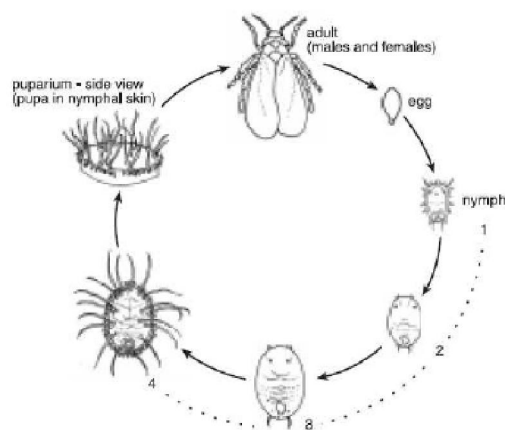


Figure n° 1.8 : Cycle de vie de l'aleurode du coton *Bemisia tabaci* (<http://www.biopest.be/>)

La fertilité de l'aleurode des serres dépend aussi fortement de la température et de la plante-hôte. Une femelle dépose environ 100 œufs sur la plante de tomate, 200 œufs sur celle du concombre et 300 œufs sur l'aubergine [01].

#### 1.2.5. Mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

La culture de tomate est sujette à la déprédation de nombreux ravageurs et maladies, dont l'importance est fonction du système de production (sous abri, plein champ, industrielle), du niveau d'intensification de la culture et des conditions climatiques.

L'introduction de la mineuse de la tomate en Algérie en mars 2008, et son impact important sur les productions de la tomate, a nécessité un réajustement des programmes de gestion phytosanitaires de la culture de tomate [08].

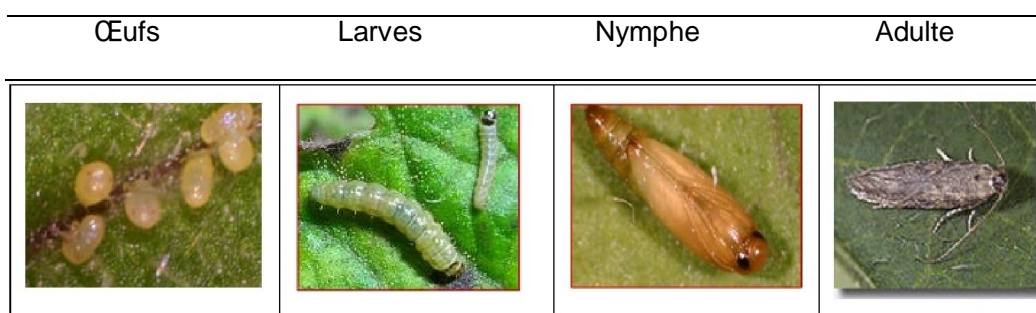


Figure n° 1.9: Les différents stades de vie de *Tuta absoluta* (<http://www.biopest.be/>)

*T. absoluta* est considéré comme le ravageur le plus redoutable de la tomate et qualifié comme «désastre absolu». L'insecte peut provoquer sur tomates des pertes pouvant aller jusqu'à 80-100%. La larve est le stade nuisible de la mineuse de la tomate [08].





Figure n° 1.10: Symptômes des dégâts dus au *Tuta absoluta* (a) : Sur les feuilles, les larves détruisent uniquement le mésophyle laissant l'épiderme intact. b : Trous ou galerie de pénétration. c : Les fruits peuvent être attaqués dès leur formation ([http : // www.bioest.be/](http://www.bioest.be/))

### 1.2.6. Les Nématodes à galles, *Meloidogyne* spp.

Ce sont de très petits vers (anguillules) qui vivent dans les racines de la plante. Les symptômes caractéristiques sont des galles qui se développent sur les racines.



Figure n°1.11 : Symptômes de *Meloidogyne* spp sur racines de melon Photo : G. Peyre.

### 1.3 Principales maladies inféodées aux cultures maraichères

Les maladies des plantes sont le résultat d'une cause dite pathologique (biotique ou abiotique), provoquant une perturbation des organismes, manifestée par des signes extérieurs entraînant une réduction de la vigueur ou de la production et généralement inhabituelle ou susceptible d'être évitée. Parmi les causes biotiques prennent place les champignons phytopathogènes [122].

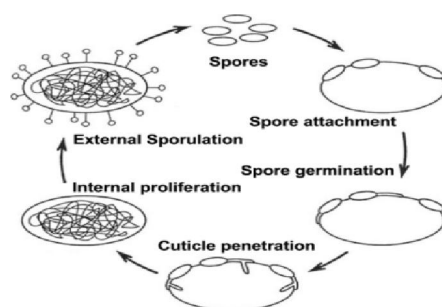


Figure n° 1.12 : Cycle d'infection général d'un champignon entomopathogène (<http://www.invasive.org/insects.cfm>)



Les spores, dispersées par le vent en général, arrivent à la surface d'une feuille, si les conditions climatiques sont favorables, elles se mettent aussitôt à germer. Le tube germinatif ne tarde à former un organe spécialisé, l'appressorium qui va servir de base pour la pénétration de la cuticule. Le parasite peut dès lors se nourrir et s'étendre dans les tissus de l'hôte par un hyphes végétatif intercellulaire et /ou intracellulaire [11].

Les organes reproducteurs des champignons se forment généralement lorsque le mycélium végétatif a atteint un certain degré de développement, résultant d'une fragmentation du thalle ou d'une sporulation, représente le plus souvent la principale source de dissémination du parasite [11].

### 1.3.1. Maladie de blanc (Oïdium)

Appelé aussi, la maladie du blanc, est un important problème phytosanitaire pour de nombreuses cultures horticoles et ornementales à travers le monde. Les agents pathogènes responsables de cette maladie comprennent plus de 500 espèces qui s'attaquent à plus de 1500 espèces végétales telles que la vigne, la fraise, la courge, le concombre de serre et la rose [117].

Très typiques, les symptômes consistent en taches blanchâtres, circulaires, de 4 à 8 mm de diamètre, d'aspect poudreux, identiques sur les deux faces de la feuille. Leur développement est rapide. Elles fusionnent et recouvrent entièrement la feuille qui brunit et se dessèche. La maladie a une incidence importante sur la production de fruits [47].



Figure n° 1.13: Oïdium du melon *Oïdium tabaci* [47].

Généralement, l'évolution des champignons responsables des oïdiums reste externe. Les filaments mycéliens s'entrecroisent à la surface de l'épiderme et envoient des suçoirs dans les cellules épidermiques, assurant ainsi leur fixation et alimentation. Ces champignons peuvent évoluer en l'absence d'eau liquide (pluie, rosée), une simple humidité de 70 à 82% suffit en général.

Le mycélium fructifie très rapidement et produit des conidies qui germent dès que la température atteint 15-20 °C. En fin de saison, sur les organes malades, apparaissent de

petites punctuations brun-roux ou noirâtres (périthèces, cléistothèces) qui sont avec les mycéliums des formes de conservation du champignon [11].

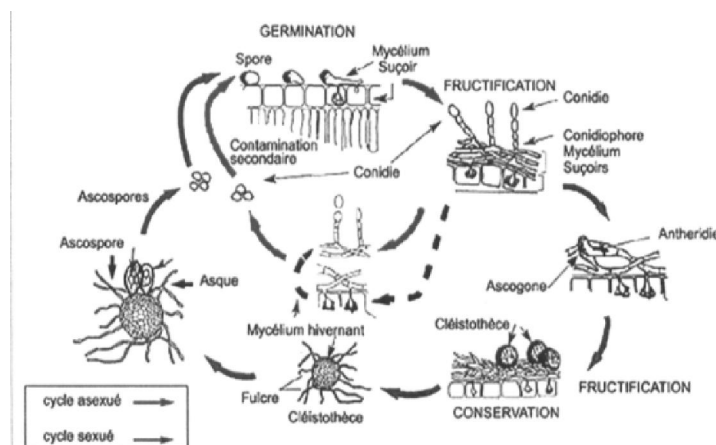


Figure n° 1.14 : Cycle évolutif général des agents pathogènes causant le blanc  
[http://www.syngenta-agio.l/r/.../cycle\\_col/a oidium.gif](http://www.syngenta-agio.l/r/.../cycle_col/a oidium.gif),

### 1.3.2. Maladie de la pourriture grise (*Botrytis cinerea*)

Maladie cryptogamique, appelée communément pourriture grise ou moisissure grise. Il est fréquent sur un grand nombre de plantes : fraisier, laitue, arbres fruitiers à pépin et à noyau, tomate, vigne et courgette. Il est dû en général à *Botrytis cinerea* dont les dégâts sont très importants.

*B. cinerea* vit en saprophyte dans le sol. En général, le filament germinatif, issu de la spore est incapable de pénétrer dans les tissus végétaux, il faut une porte d'entrée naturelle ou accidentelle (blessures). Lorsque le champignon a pénétré, il détruit les tissus vivants suivant des processus d'ordre mécanique ou enzymatique. La chaleur humide permet une germination rapide des conidies et favorise la pénétration du mycélium dans les tissus.

L'atmosphère confinée et saturée en eau des serres ou des abris est un excellent milieu pour le développement de *B. cinerea* [07].

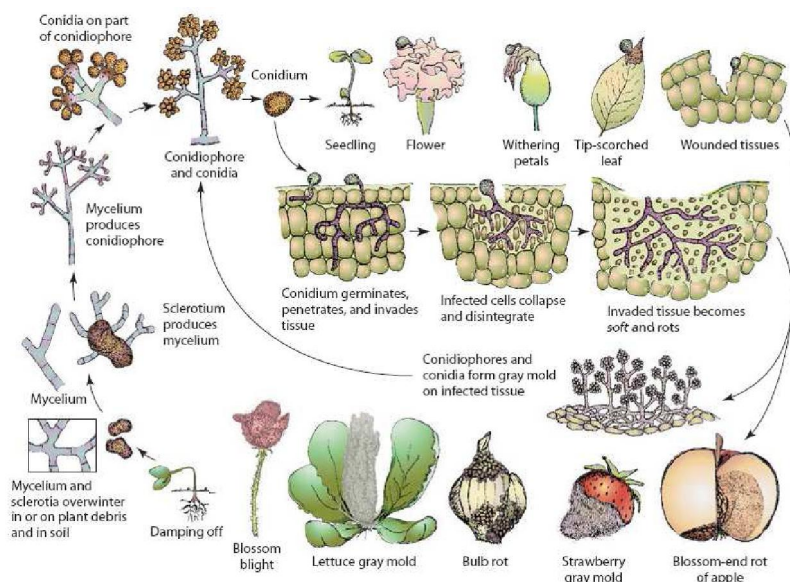


Figure n° :1.15 : Cycle de développement (production asexuée) de *Botrytis cinerea* sur différentes cultures (d'après Agrios, 2005 in Ajouz. S. 2009).

### 1.3.3. Mildiou

Sur le feuillage de concombre ou de cornichon, le mildiou se manifeste par des taches chlorotiques à jaunâtres, de 2 à 6 mm, anguleuses.

Le parenchyme se nécrose et se dessèche. En raison de l'échelonnement de l'infection, les feuilles atteintes présentent une mosaïque de taches anguleuses vert pâle, jaunes et grises. Ce sont des conditions climatiques qui marqueront le début d'une période à risque [47].



Figure n° 1.16: Mildiou (*Pseudoperonospora cubensis*). (a) sur feuille de concombre, (b) tige de tomate

Le cycle de vie de *P. infestans* consiste en une phase asexuée et une autre sexuée. Les sporocystes constituent l'unité de la reproduction asexuée. Ces organes sont facilement détachés des sporangiophores qui constituent un duvet blanc autour des lésions. Les sporocystes germent soit directement par émission d'un ou de plusieurs tubes germinatifs soit indirectement par production des zoospores (Harrison, 1989). Ces propagules seront à l'origine des contaminations secondaires. L'infection des tubercules

se fait souvent par les zoospores de *P. infestans* qui sont facilement drainés avec l'eau d'irrigation ou des précipitations.

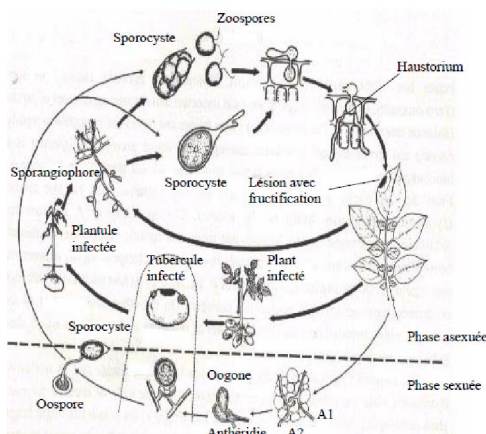


Figure n°1.17 : Cycle de vie de mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*)

#### 1.3.4. Alternariose (*Alternaria* sp)

Sur tomate, cette maladie est caractérisée par de grandes taches brun-noir, de 5 à 12 mm, arrondies à allongées, entourées d'un halo chlorotique, jaune à brun clair, marquées de fins plis noirs, concentriques et rapprochés. Les taches confluent, le parenchyme voisin se dessèche et se gaufre légèrement. Les feuilles atteintes brunissent complètement, se dessèchent et pendent quelque temps avant de se détacher [47].



Figure n°1.18 : Alternariose (a) sur folioles, (b) sur tige de tomate

#### 1.3.5 Fusariose (*Fusarium* sp)

Maladie cryptogamique due à un champignon appartenant du genre *Fusarium*. Il existe de nombreuses espèces de *Fusarium* qui du fait de leur pouvoir d'adaptation, possèdent des formes spécifiques pour un hôte donnée.

Les fusarioses sont des maladies redoutables et difficiles à combattre. Le champignon présent dans le sol, peut pénétrer très tôt dans la plante et provoquer des fontes de

semis. Si la plantule résiste, il est envahit les vaisseaux et finit par provoquer la mort de la plante [11].

La maladie est caractérisée par le flétrissement du feuillage, qui progresse du bas vers le haut du plant. En général, la maladie se manifeste sur des plants au stade 3 à 4 bouquets de fleurs. Elle évolue en une dizaine de jours et aboutit à la mort des tomates [47].

#### 1.4 La protection des cultures maraichères

Les cultures maraichères occupent une place de plus en plus importante dans les systèmes de production de nombreuses exploitations agricoles. L'augmentation des surfaces cultivées et l'intensification des systèmes de culture ont entraîné une augmentation de l'incidence des problèmes phytosanitaires qui occasionnent des pertes quantitatives et qualitatives de production parfois assez importantes [121].

La protection des cultures représente donc une des préoccupations majeures des maraîchers. En effet, elle s'est essentiellement appuyée depuis quatre décennies sur l'usage de produits phytosanitaires. Cet usage se trouve aujourd'hui confronté à de nombreux enjeux :

- Enjeux agronomiques :

Des résistances aux produits phytosanitaires se sont développées chez les bioagresseurs, menant à une érosion de l'efficacité des produits, voire à des impasses techniques dans certaines situations. A cela s'ajoute le retrait programmé de l'autorisation de mise sur le marché de certains produits, ce qui impose aux agriculteurs de se tourner vers d'autres manières de protéger leurs cultures.

- Enjeux sanitaires :

L'usage des produits phytosanitaires entraîne des risques sanitaires tant au niveau des agriculteurs qui s'y trouvent directement exposés qu'au niveau des consommateurs, exposés dans une moindre mesure via les résidus de pesticides pouvant être contenus dans les produits de l'agriculture et dans l'eau.

- Enjeux environnementaux:

Les impacts des produits phytosanitaires sur la biodiversité et sur la pollution des milieux (eau, sol ou air) ne sont plus à démontrer.

- Enjeux économiques :

L'usage de produits phytosanitaires permet d'assurer un certain niveau de rendement en protégeant les cultures des dégâts causés par les bioagresseurs.

Cependant, la réduction de cet usage par la mise en place de pratiques alternatives de gestion de ces bioagresseurs peut permettre d'alléger les charges en produits phytosanitaires sans pour autant diminuer de beaucoup le rendement [151].

#### 1.4.1. Spécificités des productions légumières en matière de gestion des problèmes parasitaires

Les cultures légumières présentent d'importantes spécificités pour appréhender la gestion des parasites et ravageurs. Il s'agit de productions à haute valeur ajoutée, conduites de façon intensive (intrants, conduites culturales) et nécessitant généralement une main d'œuvre importante. Il s'en suit des coûts de production très élevés.

- Particularités des cultures sous abris

Les serres présentent des avantages non négligeables par rapport aux cultures de plein champ. Premièrement, elles permettent de pallier les difficultés liées à la température, la lumière et les conditions d'humidité, ce qui a pour avantage d'étendre considérablement la période de production [135]

D'autres avantages moins significatifs sont l'exclusion (dans une certaine mesure) des ravageurs hors de la zone contrôlée et la plus grande proximité entre les producteurs et les lieux de commercialisation [151]. A cela s'oppose le coût élevé de ces cultures ainsi que la difficulté à contrôler les ravageurs lorsque ceux-ci s'y introduisent [192].

Dans un contexte de développement durable, la protection intégrée constitue un atout très important pour les cultures sous abri. En termes opérationnels, on considère généralement que les cultures sous abri, en particulier de concombre et de tomate, sont majoritairement gérées en protection intégrée [205], [135].

#### 1.4.2. Méthodes de lutte contre les bioagresseurs

L'opérationnalisation du concept de lutte intégrée se traduit habituellement en stratégie de lutte ou en programme agricole. Dans cette perspective, le concept de lutte intégrée est mis en œuvre à travers l'application de plusieurs techniques issues de la lutte biologique, de la lutte physique, de la lutte par méthodes culturales ou de la lutte chimique.

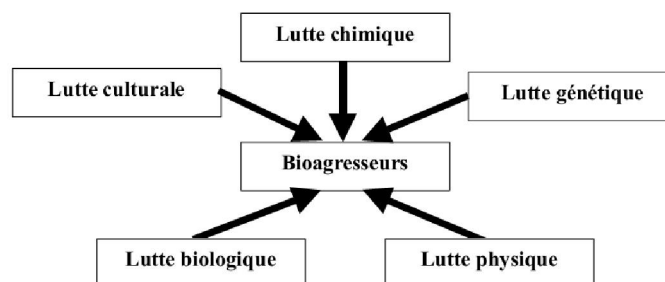


Figure n° 1.19: Les différentes méthodes de lutte contre les bioagresseurs [14].

- Modèles de gestion des bioagresseurs

Parmi les différents modèles existants d'approche de gestion des bioagresseurs, le plus intéressant est celui qui est directement lié à la protection des cultures. Ce modèle présente les différentes stratégies de gestion des bioagresseurs en les classant des mesures les plus directes (à application localisée et à effet à court terme), à celles plus indirectes (utilisant la globalité de l'agroécosystème et à effet sur le long terme). L'ensemble forme une pyramide qui signifie que plus l'on cherche à utiliser des stratégies indirectes, plus les mesures possibles sont nombreuses [120].

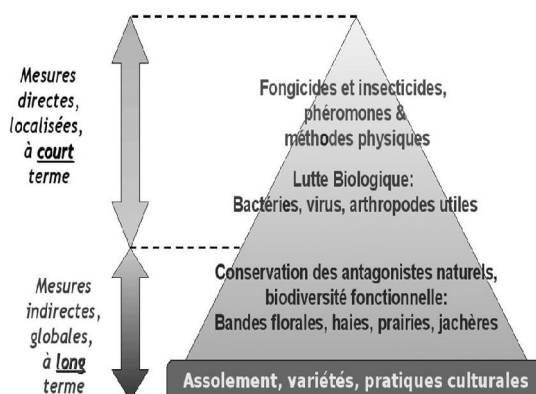


Figure n° :1.20 : Pyramide des mesures de protection des cultures (d'après Pfiffner, 2005 in [120])

#### 4.2.1 Lutte culturelle

La gestion culturelle des ravageurs implique des changements dans la façon de cultiver dans le but de rendre la culture moins favorable aux ravageurs et plus favorable aux ennemis naturels ou de rehausser les capacités de la culture pour supporter les attaques des ravageurs [139].

##### 1.4.2.1.1. Gestion des bioagresseurs telluriques

Les pratiques culturales pour minimiser les risques telluriques en productions légumières sont connues selon les parasites concernés [132]: raisonnement de la

fertilisation et des amendements, raisonnement de l'irrigation (maîtrise de l'eau) amélioration de la structure du sol, utilisation de matériel de départ sain (semences, plants), la plantation et l'entretien de brise-vent, la rotation des cultures, la planification de dates de plantation.

La solarisation, développée dans les pays aux conditions climatiques adaptées permet d'obtenir des effets probants tant sur les microorganismes du sol (champignons et bactéries) que sur les nématodes et populations d'adventices [63].

#### 1.4.2.1.2. Gestion des ravageurs aériens en plein champ

Diverses méthodes non chimiques de protection sont démontrées efficaces pour maîtriser les insectes en cultures légumières de plein champ. Les décalages des périodes de semis ou plantations permettent une nette réduction des problèmes de mouches (du chou et de la carotte) [184].

En Grande-Bretagne, les travaux de Finch et Collier [60] dressent un bilan de la protection intégrée vis-à-vis des insectes (mouches principalement) sur légumes de plein champ d'Europe du Nord.

#### 1.4.2.1.3. Gestion des ravageurs aériens en sol sous abri

La serre, dotée d'un microclimat chaud et humide, constitue un environnement particulièrement favorable au développement des cultures maraîchères, mais aussi de champignon et bactéries phytopathogènes, ainsi que de nombreux ravageurs dont certains sont vecteurs de viroses graves.

#### 1.4.2.1.4. Gestion du microclimat

La gestion du microclimat est possible dans les serres chauffées et généralement assurée par un ordinateur (combinaisons de chauffage / aération). Pour les principales maladies cryptogamiques à dissémination aérienne, des études ont démontré l'impact épidémiologique des excès d'humidité sous serre et l'intérêt d'en diminuer la fréquence et la durée [53], [52].

Le choix de structures de serres adaptées (dimensions, systèmes de chauffage, d'aération) et des pratiques culturales affectant le microclimat peuvent aussi être utilisées en complément (densité et architecture des plantes, fréquence et méthodes de palissage et de taille) [104].



#### 1.4.2.1.5. Gestion de la ferti-irrigation

En système hors-sol, les plantes sont alimentées en eau et éléments nutritifs à l'aide d'un système goutte-à-goutte, La gestion de la fertirrigation contrôle la vigueur des plantes et peut affecter directement leur réceptivité à certains bioagresseurs, notamment si des stress hydriques ou osmotiques (salinité de la solution nutritive) sont induits, ou bien si l'apport macro-nutritionnel est déséquilibré par rapport à la capacité photosynthétique liée à la quantité de lumière reçue par la culture et à la température ambiante [132].

Par ailleurs, des apports ciblés de certains micro-éléments (silice, notamment) ont été utilisés avec succès pour renforcer la résistance naturelle de certaines espèces à différents bioagresseurs [146].

#### 1.4.2.1.6. L'organisation spatiale des cultures

Il existe très peu de références scientifiques sur cette gestion à une échelle supra-parcellaire, qui vise à limiter la propagation des bioagresseurs en organisant les assolements pour constituer des mosaïques de cultures, et en introduisant des hétérogénéités dans le paysage agricole.

Tableau n° 1.3: Différentes méthodes de lutte culturales contre 4 grands types d'ennemis des cultures[17]

Eléments de lutte culturale	Insectes	Mauvaises herbes	Maladies	Nématodes
Succession des cultures	X	X	X	X
Adaptation de la nutrition de la culture	X	X	X	X
Propreté des équipements agricoles	X	X	X	X
Adaptation de l'irrigation	X	X	X	X
Adaptation du travail du sol	X	X	X	X
Gestion des résidus de cultures	X	X	X	X
Choix des dates de semis et de récolte	X	X	X	X
Adaptation de la densité de semis et de l'écartement entre rangs (haies, cultures de couvertures, cultures associées, paillis...)	X	X	X	
Cultures pièges	X			
Manipulation de l'habitat pour favoriser les auxiliaires	X	X	X	
Destruction des hôtes alternatifs et des repousses)	X		X	X

#### 1.4.2.2. La lutte physique:

Les auteurs distinguent deux méthodes de lutte physique. La première est la méthode active qui pour réduire ou anéantir la population de ravageurs aura recours à de l'énergie produite avec l'usage du propane pour brûler les mauvaises herbes ou d'appareils soufflant les insectes nuisibles hors des plants. La seconde est la méthode passive qui amène à une transformation de l'environnement immédiat tel que l'usage de filet protecteur contre les oiseaux, des films de polyéthylène pour filtrer certaines longueurs d'onde du soleil afin de limiter la présence de Botrytis (champignon), etc. [197]. Le champ d'action de la méthode passive se prolonge dans le temps comparativement à la méthode active qui ne sera présente que lors de son application.

#### 1.4.2.3. La lutte biologique

La lutte biologique est l'usage de parasitoïde, prédateur, pathogène, antagoniste ou de populations compétitrices pour supprimer des populations de ravageurs, rendant le ravageur moins abondant et moins dommageable que cela n'aurait été en l'absence de ces agents de contrôle biologique [139].

La lutte biologique peut être envisagée selon trois approches: classique, inondative et inoculative. La première consiste à introduire de façon anthropique une espèce exogène pour abaisser la population des ravageurs indigènes ou non au milieu perturbé. La seconde est caractérisée par une importante libération d'agents naturels (comme des parasitoïdes) de façon à accroître leur population dans le seul but de condamner celle des ravageurs. La dernière vise l'établissement (permanent ou saisonnier) d'une population d'ennemis naturels par leur prolifération et leur propagation dans un milieu donné afin de contrôler les ravageurs [30].

Dans un programme de lutte intégrée, le choix d'une tactique de lutte biologique doit se faire en fonction d'une bonne compréhension des dynamiques présentes dans le milieu et des diverses interactions entre l'agent de lutte biologique (le prédateur, ou le parasitoïde, ou le pathogène, etc.) et le ravageur afin que celle-ci soit viable et efficace.

La lutte biologique est surtout appliquée contre les ravageurs : insectes (prédateurs, parasitoïdes, microorganismes), acariens phytophages (r acariens prédateurs),

nématodes (champignons nématophages). Elle agit souvent contre un spectre étroit de bioagresseurs, et est sensible aux traitements pesticides.

- La Protection Biologique Intégrée (PBI)

La protection intégrée des cultures est fondée non pas sur des avancées technologiques ponctuelles, mais sur la mise en œuvre d'un large éventail de connaissances techniques, biologiques, et économiques ; à ce titre elle est valorisante pour les acteurs de la production et de la protection végétale, en particulier, les agriculteurs. Cependant, plusieurs limites existent à la PBI [194] :

- Le coût reste encore élevé sur certaines cultures (par exemple fraisier,)
- Le personnel doit être formé et encadré techniquement.
- Un certain seuil de ravageurs est éventuellement nécessaire pour permettre l'installation des auxiliaires.
- Des auxiliaires ne sont pas disponibles pour tous les problèmes phytosanitaires.
- Uniquement les produits peu toxiques sur les auxiliaires peuvent être utilisés, ce qui représente une contrainte pour les producteurs.

La PBI peut être remise en cause par l'introduction de nouveaux ravageurs, le développement de ravageurs secondaires ou la nécessité de seuils de population très bas lorsque les ravageurs sont également vecteurs de virus graves [143], [43].

- La lutte biotechnique

Cette catégorie regroupe des méthodes utilisant des phénomènes biologiques ou des produits d'origine biologique, mais pas d'organismes vivants. Citons : La confusion sexuelle, qui consiste à perturber la reproduction des insectes par la diffusion massive de phéromones sexuelles [200].

#### 1.4.2.4. La lutte chimique

- Place des pesticides dans le monde

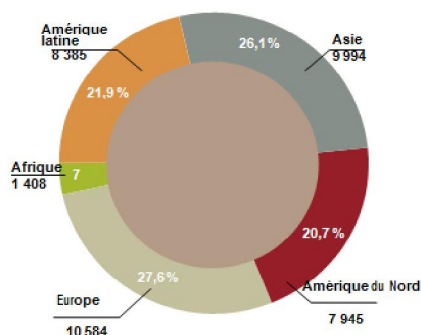


Figure n° 1.21 : Répartition du chiffre d'affaires par région du monde en 2010 (Source : Phillips McDougall Agri Services)

La répartition du chiffre d'affaire par région du monde montre que l'Europe est le premier utilisateur des pesticides avec 27.6% de chiffre d'affaire total, suivie de l'Asie, l'Amérique du nord et l'Afrique en dernier lieu avec 26,1 %, 20,7%, et 7% respectivement.

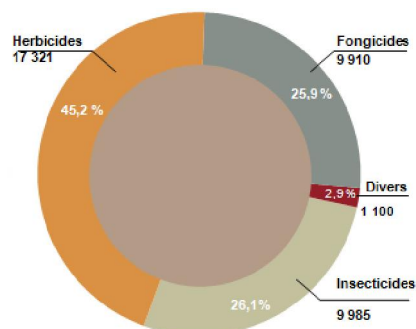


Figure n° 1.22 : Répartition du marché mondiale en 2010 par catégorie de produits  
Source : Phillips McDougall Agri Services)

Concernant la répartition du marché mondial par catégorie de produits, les herbicides sont les plus vendus occupant 45,2 %, du marché international de pesticides suivi par les insecticides 26,1% et les fongicides en dernier avec 25,9 %. Ceci démontre d'une manière sans équivoque la quasi dépendance de l'agriculture mondiale aux produits phytosanitaires synthétiques.

Tableau n° 1.4 : Les principales familles d'insecticides, de fongicides et d'herbicides [107].

Insecticides	Herbicides	Fongicides
Minéraux		
Composés arsenicaux		
Soufre		
Composés fluorés	Sels de NH <sub>4</sub> , de Ca, de Fe, de Mg, K, Na	Sels de Cuivre
Dérivés de mercure	Sous forme de sulfates, de nitrates	A base de soufre
Dérivés de Sélénium	Chlorures, chlorates,...	Composés arsenicaux
Composés à base de silice		Huiles minérales
Quartz, magnésie		
Huiles de pétrole		
Organique		
	Phytohormones	Carbamates et Dithiocarbamates
	Dérivés de l'urée	Dérivés du benzène
	Carbamates	Dérivés des quinones
Organochlorés	Triazines et Diazines	Amides
Organophosphorés	Dérivés de pyrimidine	Benzonitriles
Carbamates	Dérivés des dicarboximides	Toluidines
	Dérivés de l'oxyquinoleine	Organophosphorés
	Dérivés des Thiadiazines et Thiadiazoles	
	Divers	
Pyréthrinoides de synthèse	Dicamba	Carboxines
Produits bactériens	Pichlorame	Chloropicrine
Répulsifs	Paraquot	Doguanide
		Formol

Les insecticides de synthèse ont, aujourd'hui, révélé leur limite d'action face au développement de la résistance de certains insectes. Plus de 500 espèces de ravageurs, en effet, ont acquis une résistance à un ou plusieurs types de pesticides chimiques[47].

On l'ocurence, l'utilisation abusive de produits de traitement systémique peut entraîner une présence résiduelle dans les légumes et fruits frais notamment en raison du non respect des doses, des techniques et des délais d'application [104].

#### 1.4.2.5. Lutte génétique

La lutte génétique consiste à sélectionner les avantages génétiques des différentes variétés pour exploiter au mieux leurs résistances intrinsèques aux bioagresseurs [24]. Pour toutes les espèces légumières cultivées sous serre, il existe depuis longtemps des variétés résistantes ou tolérantes à certains bioagresseurs, et de nouvelles sources de résistance sont régulièrement décrites dans la littérature scientifique [35], [123], [153]. La tolérance/résistance aux ravageurs y prend une part croissante, même si elle reste encore assez peu exploitée commercialement [54], [192].

Pour résister aux agressions externes, la plante fait intervenir les mécanismes d'antibiose, d'antixénose et de tolérance. Dans le cas de l'antibiose, c'est la biologie du ravageur qui est affectée [177]. Ce type de résistance s'exprime par une réduction de la taille, du poids et de la fécondité de l'insecte [186]. Dans le cas d'antixénose, la plante agit à distance surtout par son aspect externe afin de réduire son attractivité à l'égard des insectes [32]. En ce qui concerne le mécanisme de tolérance, il est remarqué que la plante peut croître plus ou moins normalement et cela malgré l'installation du ravageur [177].

Les OGM sont la technologie la plus radicale pouvant conduire à une réduction drastique des pesticides. La majorité des OGM actuellement commercialisés ont été mis au point par la firme Monsanto. Il existe deux catégories, les OGM « Bt », qui sécrète leur propre insecticide, et les OGM résistants au glyphosate dits « Roundup Ready » ou « Herbicide Tolerant (HT) » [25].

Tableau n° 1.5 : Principales caractéristiques des différentes méthodes de lutte [144]

	Méthodes de lutte				
	Chimique	Génétique	Biologique	Physique	Culturale
Début de l'usage généralisé en agriculture	XX <sup>e</sup> siècle	XX <sup>e</sup> siècle	XX <sup>e</sup> siècle	Avec l'agriculture	Avec l'agriculture
Homologation	Requise	Requise	Quelques cas	Non	Non
Nuisance/ environnement	Elevées	Faibles (à élevées ? OGM)	Moyennes	Faibles	Faibles
Sciences en support	Chimie analytique et de synthèse, biologie, écotoxicologie)	Génétique, amélioration des plantes, biologie moléculaire)	Biologie, moléculaire, biotechnologies, écologie	Ingénierie (mécanique, électrique, électronique) biologie	Agronomie, écologie, biologie
Action résiduelle (résidus)	Oui (variable)	Non	Oui si reproduction	Négligeable	Non
Possibilité d'utilisation avec autre méthode	Oui 'parfois difficile)	Oui	Oui	Oui	Oui
Méthode active ou passive	Active	Passive	Active	Active et passive	Active et passive
Application en grandes cultures	Elevée	Moyenne à élevée	Faible	Faible à modérée	Moyenne
Application pour des cultures à fortes marges à l'hectare	Elevée	Moyenne à élevée	Modérée à élevée	Modérée à élevée	Moyenne
Sécurité pour la culture	Moyenne à élevée	Elevée	Elevée	Elevée (passive), faible (active)	Elevée
Main-d'œuvre requise	Faible	Faible	Elevée	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée
Rendement de chantier (ha/h)	Elevé	Elevé (infinie en théorie)	Variable	Elevé (passive), faible (active)	Variable
Site d'action	Appareil photosynthétique, système nerveux	Systèmes d'adaptation aux stress biotiques (résistance)	Systèmes d'adaptation aux stress biotiques	Systèmes d'adaptation aux stress biotiques (croissance, survie...	Systèmes d'adaptation aux stress biotiques (esquive, compétition microclimat...
Impact géographique	Limité à élevée (chaîne alimentaire)	Limité (mais dispersion du bio-agresseur)	Colonisation d'habitats non visée)	Restreint à la zone traitée	Restreint à la zone traitée
Quantité d'énergie requise	Elevée (production)	Faible	Faible	Faible (passive), élevée (active)	Faible à élevée
Matériel requis	Pulvérisateur terrestre ou aérien	Aucun	Peu ou pas	Machines nombreuses et variées, peu d'utilisations multiples de la même machine	Peu ou pas (non spécifique)
Marché actuel (2000)	27 M\$	Non qualifié	1,5% du marché des pesticides chimiques	Négligeable	Négligeable conseil plutôt que produit)
Références scientifiques	Très abondantes	Très abondantes	Abondantes	Peu abondantes	Assez abondantes, mais souvent qualitatives

## CHAPITRE 2

### BIOPESTICIDES INTERET ET PERSPECTIVES

#### 2.1. Définition des biopesticides

Les biopesticides ou agents de lutte biologique, peuvent être définis comme des produits phytosanitaires dont le principe actif est un organisme vivant ou l'un de ses dérivés. Ils peuvent donc être constitués d'organismes (plantes, insectes, nématodes) ou de micro-organismes (bactéries, champignons, virus) exerçant une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agents phytopathogènes et ravageurs, mais aussi de substances d'origine naturelle telles que des extraits végétaux et phéromones [12] (Thakore 2006). Ils sont préconisés pour un meilleur respect des biocénoses et de l'environnement.

Tableau n° 2.1 : Les principales caractéristiques des biopesticides [15]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution de l'usage des pesticides conventionnels</li> <li>- Biodégradabilité et sélectivité de leur activité en particulier la faune auxiliaires.</li> <li>- Diminution des résistances pour certains bioagresseurs.</li> <li>- Bonne capacité d'auto-propagation</li> <li>- Satisfaction des demandes de consommateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conditions d'application : Efficacité variable selon les conditions climatiques (température, humidité et ensoleillement).</li> <li>- Conditions de stockage exigeantes : souvent températures basses (+ 2 à + 6 °C voire -2 °C), durée de vie limitée.</li> <li>- Risque de phytotoxicité pour certains produits huileux.</li> <li>- Problèmes liés à l'introduction des organismes.</li> <li>- Coût élevé des produits</li> </ul>

#### 2.2 Classification des biopesticides

##### 2.2.1 Les biopesticides microbiens

Les grandes industries des pesticides se sont intéressées de longue date aux agents biologiques de protection des cultures. En effet, la bactérie insecticide *Bacillus thuringiensis* (BT) a été développée industriellement dès les années 1970. Mais en-dehors de cet exemple, aucune application ne pouvait correspondre aux attentes des

grands segments de marché où les pesticides chimiques sont difficiles à concurrencer [143].

Les biopesticides microbiens occupaient un marché de 150 millions de Dollars en 1985 soit moins de 1 % du marché mondial de pesticides. En 2009 ce marché de niche a augmenté à 1 milliard de Dollar et la perspective 2015-2020 le situe vers 6 à 8 milliards dollars soit 15 % du marché. L'Amérique du nord reste en pointe dans les parts de marché des agents de bio-contrôle. Cependant les perspectives de développement les plus fortes se trouvent en Inde et en Asie .

Basées sur des organismes vivants, ces produits voyagent mal et se heurtent à des barrières sanitaires. Leur production se fait donc essentiellement à proximité des lieux d'utilisation. Parmi les biopesticides microbiens, les produits à base de bactéries représentent 74% du marché mondial

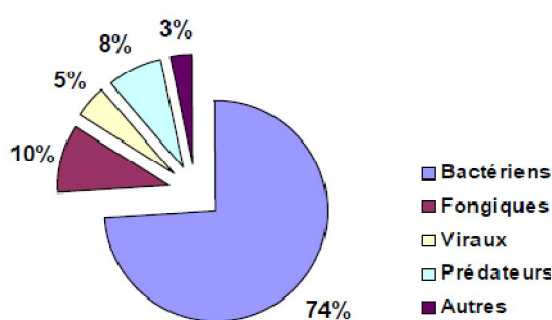


Figure n°2.1 : Le marché mondial des biopesticides microbiens en 2005 [183].

Exploiter le potentiel des bactéries reste donc une technologie toujours émergente. Plus de 25 produits microbiens sont disponibles commercialement en 2005 aux Etats-Unis et parmi eux, 36% ont été enregistrés au cours des cinq dernières années. Le marché pour le contrôle biologique est donc en progression et l'industrie des biopesticides microbiens est active et en croissance [183].



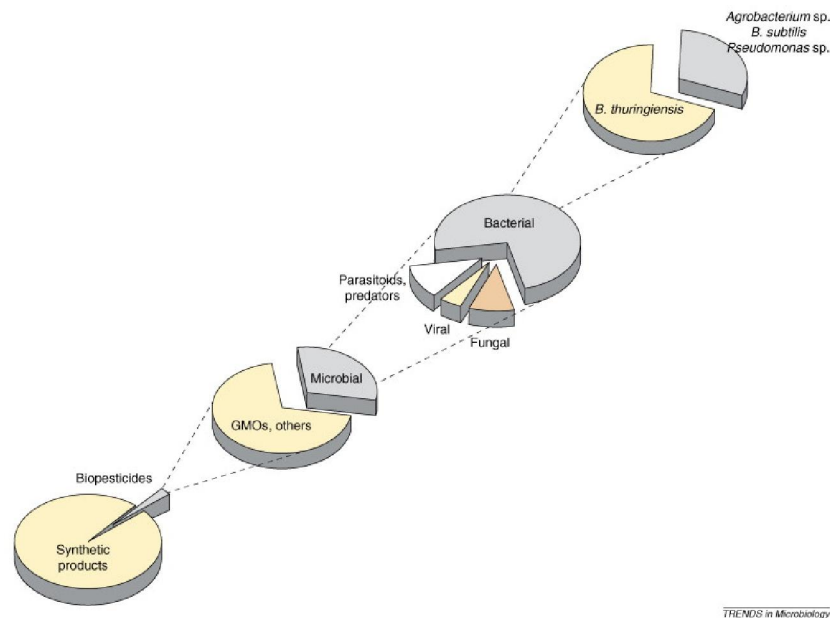


Figure n°2.2 : La part du marché mondiale en agents de lutte microbiologiques [183]

### 2.2.1.1 Les bactéries entomopathogènes

Environ une centaine de bactéries sont spécifiquement entomopathogènes. Les plus exploités pour la production de biopesticides appartiennent surtout aux genres *Bacillus* dont quatre espèces sont bien connues, *Bacillus popilliae*, *B. moritai*, *B. sphaericus* et *B. thuringiensis*. Ces organismes s'attaquent au potentiel biotique de l'organisme fléau à différents stades de son développement.

*B. thuringiensis* est une bactérie Gram-positive qui a la particularité de synthétiser un cristal protéique lors de la sporulation. L'activité entomopathogène de ce germe est liée à la présence de cette inclusion parasporale (cristal), constituée de protoxines, appelées également delta-endotoxines. Les cristaux ont le plus souvent et selon les souches, une activité larvicide sur différentes espèces d'insectes appartenant à 3 ordres : Lépidoptères, Coléoptères et Diptères.

Toutefois, certaines souches de *B. thuringiensis* sont actives contre des acariens, des nématodes et de nombreux autres ordres d'insectes [181]

### 2.2.1.2 Les bactéries parasites des nématodes

*Pasteuria penetrans* est la bactérie la plus étudiée par les nématologistes pour ses fonctions parasites des nématodes. Ses endospores disséminées dans le sol se fixent sur la cuticule des nématodes quand ceux-ci les affleurent en se déplaçant dans la terre.

La spore produit un tube germinatif qui perfore la cuticule du nématode grâce à des enzymes appropriées, jusqu'à sa cavité générale ; là, le tube germinatif se ramifie en structure filamenteuse et s'élargit dans le corps du nématode.

La septation de ce thalle donne naissance à des spores qui remplissent le corps du nématode. Tous ses organes sont détruits. Sous la pression des spores, l'animal parasité finit par s'éclater et libérer les spores, disséminées dans le sol, ces derniers sont prêts à se fixer sur d'autres nématodes[47].

### 2.2.1.3 Bactéricide d'origine bactérienne

Les bactéries qui ont montré un potentiel pour la lutte contre les maladies des plantes incluent de nombreux genres. On peut citer les genres : *Bacillus* (*B.subtilis*), *Pseudomonas* (*P.cepacia* *P. fluorescens*, *P. syringae*) qui agissent par production d'antibiose. Le mécanisme d'action serait dû à la présence d'antibiotiques élaborés par la bactérie.

La fonte des semis de coton due à *Pythium ultimum* peut être combattue par un enrobage des semences contenant une souche de *Pseudomonas fluorescens*. Cette souche produit un antibiotique principal: la pyolutérine ainsi qu'un secondaire la pyrrolnitrine.

Une des causes possibles de l'activité des *Pseudomonas* dans un sol suppressif réside dans la compétition pour le fer. Les bactéries, productrices de siderophores, prélèvent assez de fer pour en priver les autres microorganismes, le *Fusarium* en particulier.

On peut combattre *Rhizoctonia solani* par enrobage des graines par *Pseudomonas fluorescens*. Les bactéries restent dans le sol et protègent une seconde culture.

#### 2.2.1.3.1 Caractéristiques biologiques et physiologiques de *B.subtilis*

*Bacillus subtilis* est une bactérie vivant dans le sol à des températures allant de 5 à 65°C. Dans sa niche écologique, elle est capable d'affronter des situations telles que les stress osmotiques, oxydatifs, acides ou les chocs thermiques, grâce à des régulateurs globaux de réponse au stress (les facteurs sigma.), ce qui l'a conduite à développer diverses stratégies afin de survivre en conditions défavorables [128].

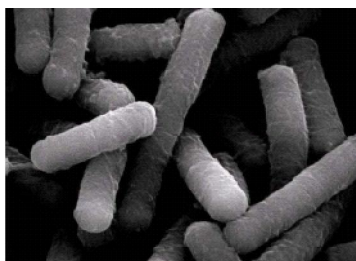


Figure n° 2.3 : *B. subtilis* observé en microscopie électronique à Balayage [36]

### 2.2.1.3.2 Classification

*B. subtilis* fait partie des bactéries gram-positives en forme de bâtonnet et munies de flagelles. Elle appartient au groupe des Firmicutes qui comportent trois classes : les Bacilli (comprenant les genres *Bacillus*, *Listeria*, *Enterococcus*, *Staphylococcus* et *Streptococcus*), les Clostridia et les Mollicutes

### 2.2.1.3.3 Cycle biologique

Cette bactérie peut suivre deux cycles cellulaires distincts, en conditions défavorables, elle est capable de quitter son cycle végétatif pour entrer en sporulation.

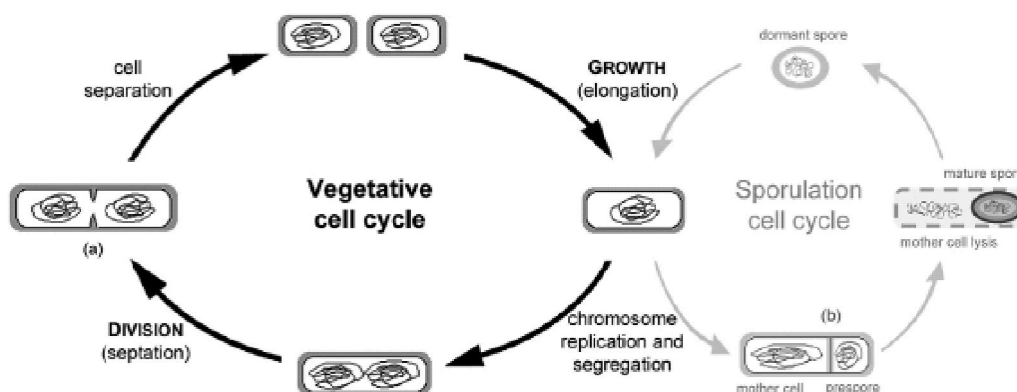


Figure n° 2.4 : Schéma du cycle cellulaire de *B. subtilis* [36]

Pendant la phase de croissance végétative, la bactérie se développe suivant un axe longitudinal et se divise régulièrement tandis qu'elle sporule en conditions privatives. La germination de la spore provoque la sortie du cycle de sporulation, la bactérie peut alors reprendre une croissance végétative.

### 2.2.1.3.4 Intérêt agronomique

La lutte biologique, précisément par utilisation de micro-organismes, est une alternative très prometteuse aux pesticides de synthèse de par la spécificité et l'efficacité d'action

des agents antagonistes, l'ubiquité naturelle de ces agents dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile et leur persistance dans l'environnement.

Le genre *Bacillus* a suscité le plus d'attention comme agents de lutte biologique par rapport aux autres groupes bactériens [163]. Les espèces de *Bacillus* produisent un large spectre d'antibiotique et maintiennent une longue viabilité en raison de la production d'endospores [128].

En effet, l'utilisation du produit à base de *B. subtilis*, in vitro a permis de réduire fortement l'incidence de la maladie de Fusariose, en induisant un pourcentage d'inhibition dépassant 95 [128].

En 2001, Olsen et al. ont évalué *B. subtilis* en tant qu'agent de lutte biologique contre le blanc (*Oidiopsis taurica*) dans les serres commerciales de poivrons. Il en est ressorti une diminution significative de la gravité et l'incidence de la maladie en comparaison avec le témoin.

Une lutte biologique à base de *Bacillus subtilis* est aussi possible pour combattre la rouille du haricot *Uromyces phaseoli* et les nématodes [196].

#### 2.2.1.3.5 Mode d'action et principe actif

Les bactéries du type *B. subtilis* sont reconnues pour la synthèse des composés permettant de réduire la compétition pour l'espace et les nutriments, en effet, 4 à 5% de son génome est impliqué dans la synthèse des antibiotiques. De même, ces bactéries produisent une douzaine des composés pouvant induire une résistance systémique contre les agents pathogènes chez les plantes [163].

En effet, les cellules vivantes de *B. Subtilis* produisent des lipopeptides qui ont un effet antifongique et un effet antibactérien. Ces lipopeptides sont des iturins, agrastatins, plipastatins et les surfactins. Les agrastatins et les surfactins agissent en synergie avec les iturins pour inhiber la germination des spores, la croissance des tubes germinatifs, la croissance du mycélium, le développement de la bactérie diminue l'attachement de l'agent pathogène au niveau foliaire [129].

Ces composés complexes sont utilisés potentiellement dans des applications en biotechnologie et bio- pharmacologie à cause de leurs propriétés de surfactant.

La *Bacillus subtilis* a la capacité à stimuler le système de défense inductible chez l'hôte végétal rendant celle-ci moins susceptible vis-à-vis d'une infection ultérieure par un agent pathogène. Ce phénomène appelé résistance systémique induite (ISR)

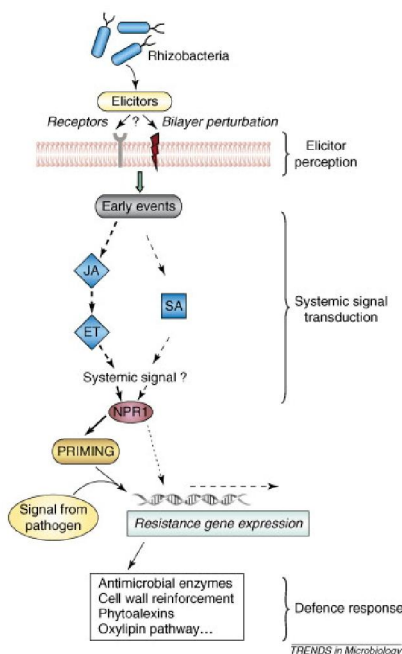


Figure n° 2.5 : Schéma général illustrant les principales étapes d'induction de l'ISR chez la plante hôte [142]

#### 2.2.1.4 Les champignons entomopathogènes

La potentialité des champignons pour lutter contre les insectes dans les habitats naturels a souvent été reconnue. Les champignons entomopathogènes se répartissent dans de nombreux ordres systématiques. Les plus voués à une utilisation agronomiques sont :

- Les Ascomycètes : *Penicillium funiculosum*
- Les Coelomycètes : *Aschersonia aleyrodis*, *A. flava* et *A. placenta*
- Les Zygomycètes : Les genres *Entomophthora*, *Conidiobolus*, *Erynia*, *Zoophthora* et *Massospora* sont les plus répandus et sont plus précisément
- Les Deutéromycètes dont les plus fréquentes sont provoqués par les genres *Beauveria*, *Metarhizium*, *Hirsutella*, *Verticillium*,

Au contact de la cuticule d'un hôte potentiel et à la faveur des conditions idéales, la spore germe en pénétrant au travers le tégument pour amorcer la production d'hyphes qui envahissent les tissus de l'hôte. Les insectes meurent dans un délai de 3 à 10 jours. Quand l'insecte meurt, le champignon entre dans un stade hyphal, colonise les organes internes puis sporule à la surface de l'insecte.

La prise de contrôle de l'hôte lors de l'infection est facilitée par la production de toxine [218].

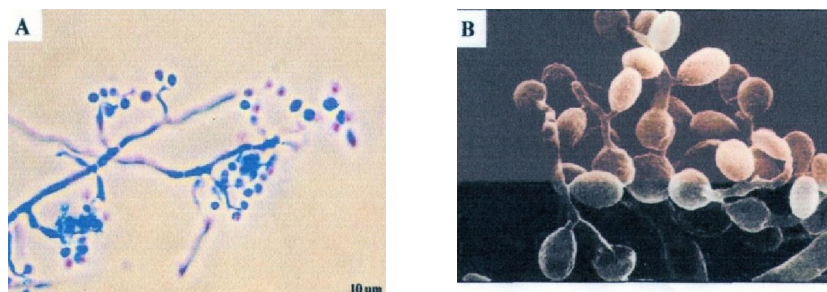


Figure n° 2.6: Morphologie de *Beauveria bassiana*. A- Hyphes et mycélium de Beauveria bassiana. B- Spores de *B. bassiana* (Par David Ellis, source :<http://www.mycology.adelaide.edu.au/>).

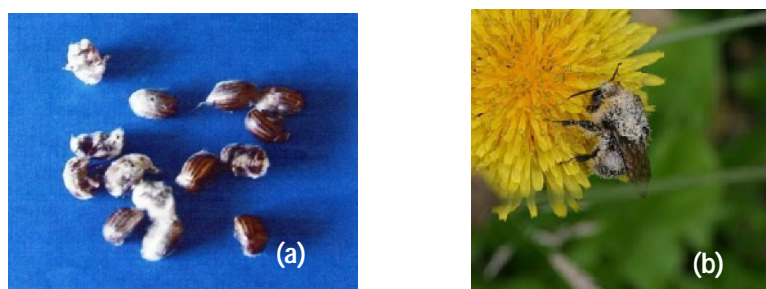


Figure n° 2.7: Doryphores de la pomme de terre (a) et hyménoptère (b) contaminés par *B. bassiana* (<http://www.biopest.be/>)

#### 2.2.1.5 Les champignons mycopathogènes

La plupart des champignons utilisés en lutte biologique contre la fonte des semis et la pourriture racinaire sont des Hyphomycètes et parmi ceux-ci, les genres *Penicillium*, *Trichoderma* et *Gliocladium*.

Les mycoparasites : *Pythium* spp. et *Fusarium* spp ont des souches non pathogènes, qui sont aussi des agents de lutte biologique potentiels. Leur mode d'action repose sur les interactions antagonistes, notamment le mycoparasitisme et la compétition pour les substrats et les sites d'infection.

#### 2.2.1.6 Les champignons pathogènes des nématodes

Les champignons pathogènes des nématodes présentent 3 modes d'action différents.

- Certains forment de boucle, d'anneaux ou de boutons, qui immobiliseront le nématode cheminant parmi le réseau mycélien grâce à des lectines angluantes (protéine) qui nappent la surface de ces organes de capture. Après piégeage, le champignon différencie un filament qui perforera le nématode, le videra de tout son contenu.

- D'autres produisent des conidies collantes qui restent agglomérées et adhèrent fortement aux extrémités caudales ou céphaliques d'un nématode évoluant dans un réseau mycélien.

Les Hyphomycètes, appartenant aux genres *Verticillium* (*V. chlamydosporium*) et *Paecilomyces* (*P. lilacinus*) sont des champignons ovocides. Les filaments percent la coque de l'œuf grâce à des enzymes appropriées puis pénètrent à l'intérieur et parasitent l'embryon. Les souches du genre *Arthrobotrys*, des Hyphomycète (*A. irregularis*), sont utilisés contre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*.

#### 2.2.1.7 Les virus entomopathogènes

On distingue aujourd'hui 7 familles de virus d'insectes : les 4 familles contiennent de l'ADN (*Poxvirus*, *Baculovirus*, *Iridovirus*, et *Parvovirus*) et les 3 autres sont constituées d'ARN (*Réovirus*, *Rhabdovirus*, *Picornavirus*).

Les virus entomopathogènes les mieux connus sont des *Baculovirus*. Ils comprennent :

- Les virus des polyédroses nucléaires ou NPV (se répliquent dans le noyau de l'hôte).
- Les virus des granuloses (65 souches connues).

Parmi les *Réovirus*, on peut citer le virus de la polyédrose cytoplasmique ou CPV, dont la réplication s'effectue dans le cytoplasme. La majorité des virus sont spécifiques des Lépidoptères.

#### 2.2.1.8 Les bactériophages

Ce sont des virus dont l'hôte exclusif est une bactérie. Les possibilités d'association entre phage et bactérie sont déterminées par la présence de récepteurs à la surface de cette dernière. En effet, après fixation du phage sur une protéine spécifique de la surface bactérienne, son génome est introduit à l'intérieur de la bactérie où il gouverne la synthèse de nouveaux phages (de 100 à 10 000).

#### 2.2.1.10 Les bioherbicides

Bien que des insectes appartenant à l'ordre des Diptères, Coléoptères et Lépidoptères puissent être utilisés pour la lutte contre les adventices, cependant, le terme bioherbicide s'applique surtout à l'utilisation de phytopathogènes.

Actuellement, ce sont les champignons qui sont les plus utilisés car ils sont faciles à manipuler (lors de l'isolation, de la culture, de l'entreposage) et ont la capacité de

pénétrer d'eux mêmes une plante hôte, la plupart des autres agents pathogènes s'introduisent par le biais de blessure ou d'orifice naturels sur les plantes (cas des bactéries) ou encore sont transmis par des insectes (comme les virus et les mycoplasmes).

## 2.2.2 Les biopesticides à base d'arthropodes vivants

### 2.2.2.1 Les entomoparasites et prédateurs

Les prédateurs et les parasitoïdes entomophages sont essentiellement des insectes Coléoptères, Névroptères, Hémiptères, Diptères, Hyménoptères, et des Arachnides. On peut globalement estimer que le nombre d'espèces prédatrices décrites doit dépasser les 200 000.

Selon et Furaud et al, [66] les principaux ordres d'arthropodes utiles des cultures sont :

- Diptères

Ces insectes prédateurs ou parasitoïdes jouent un rôle important dans la régulation de populations de ravageurs. On y retrouve notamment les syrphes, les tachinaires et les cécidomyies. Leurs cibles sont principalement les pucerons, chenilles, criquets, punaises, acariens ... Ils sont actifs du printemps à l'automne.

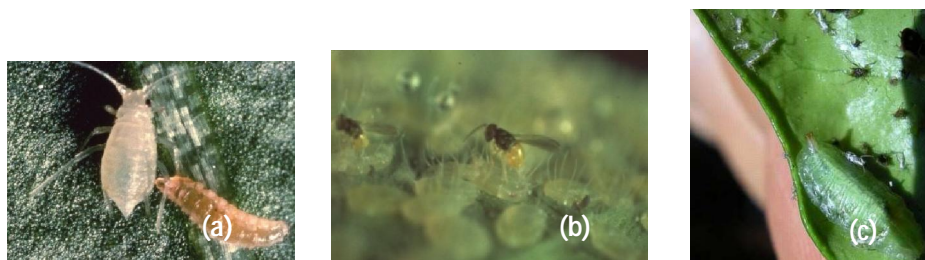


Figure n°2.8 : Larve d'aphidolette (a) adulte *Encarsia formosa* (b) (Source : <http://www.bioest.be/>), larve de syrphe (c) (photo M. et J. Gouzanet ; <http://aramel.free.fr/>)

- Hyménoptères parasitoïdes

Ils sont particulièrement efficaces sur de nombreux insectes : tels que les lépidoptères (chenilles), pucerons, cicadelles, punaises, mouches, coléoptères... Les Dryinides sont notamment parasites des Typhlocybines (cicadelles).



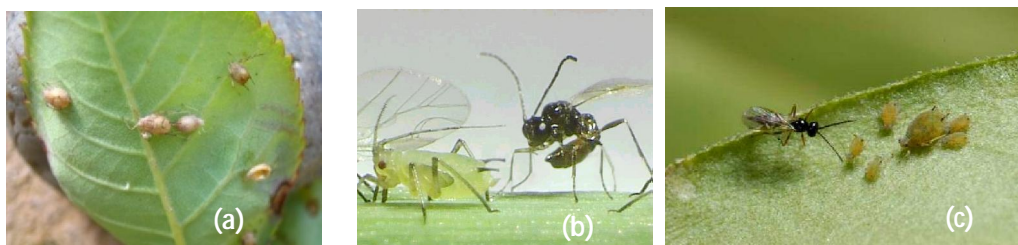


Figure n° 2.9 : Momies de pucerons parasités (a), adulte d'*Aphidius colemani* (b). [http : // www.bioest.be/](http://www.bioest.be/)). Le parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* sur une feuille de concombre face à une colonie du puceron *Aphis gossypii* (c),. Réalisée par JC Malausa, 2006, INRA Sophia Antipolis

- Névrotères

Les chrysopes et hémérobes sont prédatrices de pucerons, cicadelles, aleurodes, lépidoptères, thrips et acariens. A noter que les larves de chrysope consomment un grand nombre de puceron au cours de leur vie larvaire. Les adultes exercent une activité prédatrice partielle. On retrouve également la famille des Conioptéridés, discrets, ils sont prédateurs d'acariens et d'aleurodes.

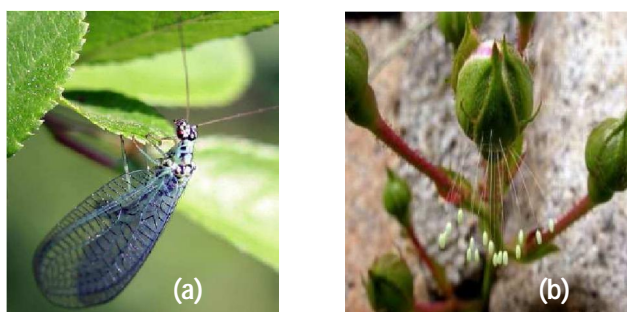


Figure n° 2.10 : Adulte (a) et Œufs de chrysopes *Chrysopa perla* (b) (photo Robert <http://aramel.free.fr/>)

- Coléoptères

Plus de la moitié des espèces prédateurs appartiennent à l'ordre des Coléoptères et se répartissent à plusieurs familles telles que Coccinellides, Carabides consommateurs d'insecte du sol. Selon Ipert (1984), 65% des coccinelles sont aphidiphages, 10% coccidiphages et 1% aleurodiphages ou mycophages.

Les prédateurs carabiques et staphylins sont présents dans les cultures, ils sont surtout actifs au niveau du sol. Beaucoup de larves de Carabes sont de gros prédateurs d'œufs ou de larves de limaces, escargots, ainsi que de larves et d'adultes d'insectes. Les adultes sont principalement prédateurs mais ils peuvent également être granivores ou phytophages.

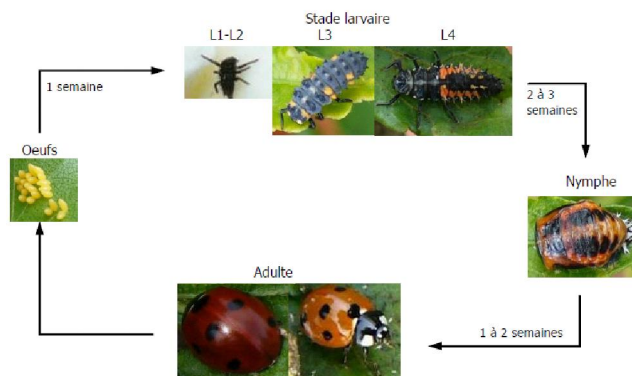


Figure n°2.11 : Cycle biologique des coccinelles d'*Harmonia axyridis* en images (il est généralisable à toutes les espèces de coccinelles)

- Hémiptères

Principalement, trois familles de punaises prédatrices (Anthocorides dans les fleurs, Nabides sur les herbes et prairies, et Mirides sur les ligneux et buisson) sont actives dans les cultures de plantes aromatiques et maraîchères.

Les proies sont diversifiées : acariens, chenilles, cicadelles, pucerons, thrips. On peut citer *Orius* spp, *Anthocoris* spp, *Dicyphus* spp, *Macrolophus* spp et *Nabis* spp. Leur rôle dans la régulation des populations de ravageurs est non négligeable.

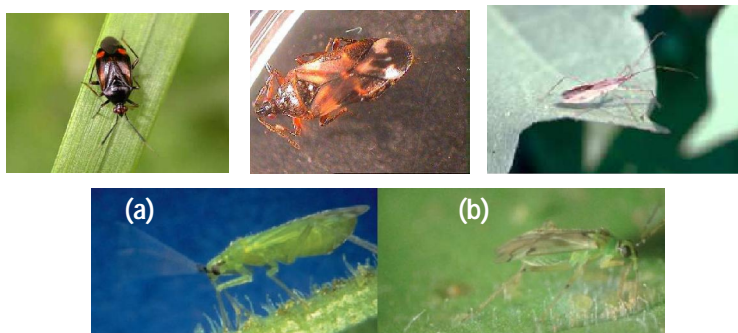


Figure n° 2.12: (a) *Deraeocoris ruber* L. (photo Ramel, <http://aramel.free.fr/>), (b) *Anthocoris nemoralis* Fabricius adulte (photo INRA), (c) *Nabis* spp. (photo Smith). Les (d) *Nesidiocoris tenuis* (Nesibug) et (e) *Macrolophus caliginosus* (Mirical) sont efficaces contre les œufs et les jeunes larves de *Tuta absoluta*.

- Thysanoptères

Les thrips prédateurs sont actifs sur thrips, œufs d'insectes et acariens, leur rôle est complémentaire.

- Acariens

La famille des acariens Phytoseiides est prédatrice d'autres acariens, de thrips et d'aleurodes.. Les principaux acariens prédateurs ayant été identifiés lors des études

sur la répression biologique des acariens phytophages sont : *Agistemus fleshneri* (Famille, Stigmaeidae), *Typhlodromus caudiglans* et *Amblyseius fallacis* (Famille, Phytoseiidae), *Phytoseiulus persimilis* contre *Tetranychus urticae* et *T. cinnabarinus*, ravageurs des concombres, tomates et chrysanthèmes.



Figure n° 2.13 : (a) acarien prédateur (*Phytoseiulus persimilis*), (b) attaque d'*Amblyseius* sur acarien, (c) sur thrips (Source : [http : // www.earlgenty.fr](http://www.earlgenty.fr))

- Aranéides

Prédateurs polyvalents, leur présence est un critère de qualité du milieu car elles sont en général sensibles aux produits phytosanitaires. Les araignées piègent et chassent leurs proies dans toutes les strates de la végétation.

### 2.2.2.2 Les nématodes entomoparasites

Nombreux sont les nématodes qui ont une bonne capacité dans la lutte contre les insectes. Les plus prometteuses comme biopesticides sont : les genres *Steinernema* et *Heterorhabditis*, inféodés au sol [69].

Quand une larve d'insecte est repérée, le nématode pénètre à l'intérieur du corps par les voies naturelles. Le nématode vit en symbiose avec une bactérie du genre *Xenorhabdus* qui va alors se multiplier à l'intérieur de la larve entraînant ainsi sa mort. Par la suite, les nématodes vont se multiplier dans le cadavre et partir à la recherche de nouvelles proies [69]

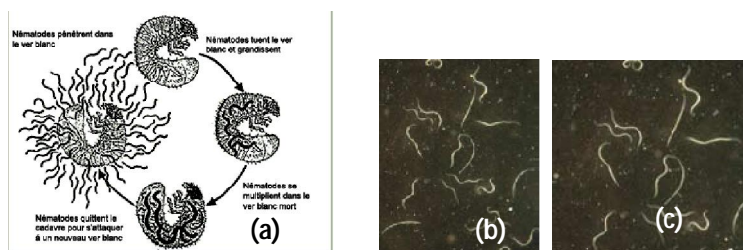


Figure n°2.14 : Attaque des nématodes entomopathogène sur le ver blanc(a). Nématode prédateur (b) *Steinernema feltiae* et (c) *Heterorhabditis bacteriophora* (Source : [http :// www.earlgenty.fr.](http://www.earlgenty.fr))

Le spectre d'hôtes des nématodes est large en laboratoire. Ainsi, les essais biologiques ont montré que *S. carpocapsae* est pathogène de 250 espèces d'insectes de 17 familles de 11 ordres. Toutefois, dans la nature, l'efficacité est plus limitée et dépend des conditions de rencontre entre les protagonistes.

### 2.2.3 Les biopesticides à base de substances botaniques (molécules allélochimiques de plante)

Les composés botaniques sont utilisés depuis très longtemps et connaissent depuis une dizaine d'années un regain d'intérêt. Il s'agit essentiellement des composés intervenant dans l'interaction ou la communication au sein des espèces ou entre les espèces. Ils représentent actuellement une part importante des composés développés commercialement.

Tableau n° 2.2: Données sur les principaux insecticides végétaux commercialisés aux Etats-Unis [99]

Propriété	Pyrèthre	Roténone	Neem	Huiles essentielles
Origine	Kenya, Australie	Asie du Sud-est, Venezuela	Inde	Monde entier
Matières actives	Pyéthrinés	Roténoïdes (isoflavonoïdes)	Azadirachtine (limonoïdes)	Monoterpènes (phénols simples)
% de matières actives dans le produit technique	20 - 25	5 - 7	10 - 20	50 - 95
Prix moyen (\$ US/kg)	45 - 60	3 - 5	125 - 200	10 - 25
Formulations	Nombreuses	Poudres, poudres mouillables	Concentrés émulsionnables	Nombreuses
% de matières actives dans la formulation typique	Concentré émulsionnable 6%	Poudre 1% Poudres mouillables 5%	Concentrés émulsionnables 1 – 4,5%	Concentrés émulsionnables 35% et aérosols 6%
Situation réglementaire	Homologué	Homologué mais pourrait être retiré de la liste	Homologué	Exempté
Utilisation en agriculture biologique	Approuvée	Approuvée	Approuvée	Approuvée
Action chez les ravageurs ciblés	Contact/knock down	Poison d'ingestion cytotoxine	Poison d'ingestion/RCI /anti-appétent	Contact: knock down
Rémanence	Très limitée	Limitée	Très limitée	Très limitée
Toxicité pour les mammifères	Minimale	Modérément toxique, mais très toxique pour les poissons	Non toxique	Non toxique

RCI= Régulateur de la Croissance des Insectes.

### 2.2.3.1 Critères de sélection du matériel végétal

La sélection du matériel végétal est la première étape dans une étude phytochimique. Du soin avec lequel elle sera réalisée dépend en grande partie le succès du travail entrepris par la suite. Les critères suivants peuvent guider le phytochimiste lors de la récolte de plantes :

- Utilisations traditionnelles des plantes par la population locale
- Observation des plantes dans leur environnement naturel
- Aspects botaniques et chimiotaxonomiques.

Cependant, le chercheur peut également décider de procéder à une récolte aléatoire.

- Récolte aléatoire

Comme le réservoir des végétaux est immense, avec une estimation d'environ 500 000 espèces dont à peine la moitié est connue et une petite fraction a été étudiée [155], cette approche a de bonnes chances d'aboutir à l'isolement de produits nouveaux.

Un examen systématique des découvertes phytochimiques répertoriées, en utilisant la base de données NAPRALERT (Natural Products Alert Database), révèle que seulement 2 à 5% des espèces végétales ont été examinées en détail d'un point de vue phytochimique [178].

Une étude réalisée par Balick et al., 1995 a montré que moins de 1% des plantes tropicales sont étudiées d'un point de vue phytochimique. La voie donc, reste ouverte vers la découverte de nouvelles plantes et par la suite de nouvelles molécules à effet phytocide.

- Critères de sélection des extraits

Il est de l'importance d'une prise en charge rationnelle du matériel végétal, dès qu'il a été sélectionné pour l'investigation phytochimique. Pour ce faire, le phytochimiste a sa disposition des méthodes d'évaluation des extraits bruts, qui sont regroupées dans les classes suivantes:

- Criblages chimique et biochimique

La recherche des dérivés chimiques des plantes qui ont une utilisation potentielle dans la protection des cultures (insecticides, anti- appétant, inhibiteurs de croissance) commence par le criblage (screening) des extraits de plants [91], [111] Cette opération

englobe toutes les analyses préalables par chromatographie sur couche mince (TLC) avec détection chimique, biochimique ou spectroscopique.

Les observations visuelles effectuées sous les lampes UV à 254 nm et 366 nm et après vaporisation de réactifs de dérivatisation sur TLC donne une première idée sur les classes de substances composant les extraits criblés.

- Criblage biologique

Afin de mettre tout en œuvre pour isoler des produits potentiellement bioactifs, il importe de disposer d'une série de tests biologiques rapides, fiables et pertinents, ne nécessitant que peu de matériel et n'exposant le manipulateur qu'à un minimum de risques.

Grâce à ces tests, les extraits bruts peuvent être évalués quant à leur potentiel, tout en gardant à l'esprit qu'il s'agit d'une approche forcément subjective. En effet, des extraits inactifs contre les cibles choisies ont peut-être des substances actives en très faible concentration ou peuvent posséder d'autres potentiels non évalués [15].

- La quantité d'extrait brut à disposition

Ce critère peut se révéler de la première importance.

#### 2.2.3.2. Les produits naturels aux propriétés insecticides

D'après Jacobson [101] plus de 2 000 espèces végétales possédant une activité insecticide sont déjà identifiées. Certaines familles des plantes en particulier les Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Labiateae, Piperaceaea et Annonaceae ont dévoilé un aspect prometteur et exceptionnel comme insecticide à base de plantes [170],[100].

Trois familles de composés végétaux suscitant un fort intérêt actuellement : les limonoïdes principalement l'azadirachtine, les pyréthrinés et les composés soufrés (glucosinolates et thiosulfates) [15].

##### 2.2.3.2.1 La méliacée

La méliacée *Azadirachta indica*, originaire d'Afrique et d'Asie, fournit à partir de ses graines une huile utilisée depuis des siècles par les paysans pour la protection des stocks de céréales face à divers insectes, papillons et coléoptères.

En 1980, la molécule d'azadirachtine est isolée : elle appartient au groupe des limonoïdes qui sont des triterpènes oxydés et réarrangés [175]. Cette molécule possède

des propriétés anti-appétentes et inhibitrices de croissance. Elle est présente dans l'huile de graines qui sont particulièrement intéressantes, dans les tourteaux, l'écorce ou encore dans les poudres et extraits de Neem.



Figure n°2.15 : Les produits de Neem. (A) branches, (B) feuilles, (C) Fruits, (D) semences (avec endocarpe), (E) Semences (sans endocarpe) [73].

- Le potentiel pesticide du Neem

Le Neem est à la tête d'une liste de 2400 espèces de plantes ayant des propriétés pesticides, il est considéré comme la source de biopesticide la plus propre et ne présente aucune menace contre l'environnement. Le Neem est aussi utilisé comme agent de bio-contrôle dans la lutte de plusieurs maladies [109].

Les produits de Neem sont efficace contre plus de 350 espèce d'arthropodes, 12 espèces de nématodes, 15 espèces de champignons, 3 espèce de virus, 2 espèces de gastéropodes et une espèce de crustacé [137] , [176].

En effet, le pouvoir du Neem provient de la richesse de l'extrait de graines en limonoïdes (triterpènes) principalement l'azadirachtine, la salanine et la nimbine et leurs analogues. Ces composés sont en fait retrouvés dans toutes les parties de l'arbre mais ce sont les graines qui en sont les plus riches. A. Indica produit également de nombreux sulfures et particulièrement le disulfure de dipropyle [176].

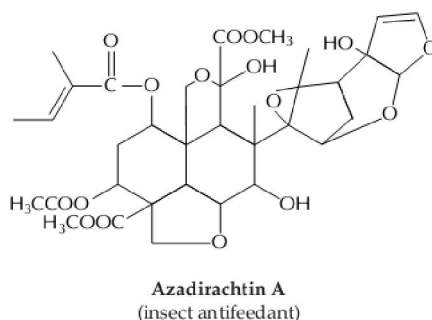


Figure n° 2.16: La structure chimique de l'azadiractine A (antiappétant des insectes) [37]

### Les modes d'action de l'azadirachtine sur les insectes :

- Action anti-appétente et toxique par ingestion.
- Action par contact : la molécule pénètre à travers la cuticule et inhibe la synthèse de chitine.
- Action répulsive en perturbant la communication entre les insectes.
- Action inhibitrice de la croissance en empêchant le phénomène de mue par la suppression de l'activité de l'ecdysone chez l'insecte.
- Perturbe la ponte.
- Perturbe le fonctionnement du système nerveux des insectes. En remarque, le neem n'a pas un effet universel mais variable d'insecte en insecte. Les lépidoptères y sont particulièrement sensibles [147].

Les autres critères faisant du Neem une plante intéressante sont les suivants :

- L'azadirachtine possède un large spectre d'activité mais reste sélective en favorisant les ennemis naturels et les pollinisateurs.
- De plus, sa toxicité sur les mammifères la classe dans les substances atoxiques. Par exemple, la CL50 du produit commercial Margosan-O® est de 5 g/kg sur le rat.
- Enfin, le neem présente peu de persistance dans l'environnement car il est photolabile [142]

Perveen et al. [208] ont constaté qu'un apport de 100 kg de poudre de graines séchées pour 1 hectare permettait à des plantes au contact de *M. incognita* de ne pas développer de galles et de croître comme des plantes non soumises à la pression du nématode. Il a été montré à plusieurs reprises que des apports de feuilles et de tourteaux permettent de réduire de près de 50 % les attaques de *Meloidogyne* sp.

#### 2.2.3.2.2 Le pyrèthre

Le pyrèthre est un insecticide naturel utilisé pour lutter contre de nombreux insectes nuisibles. Il est produit par les capitules de fleurs de certains chrysanthèmes, en particulier le pyrèthre de Dalmatie (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) appartenant à la famille des astéracées.

Le pyrèthre de Dalmatie est une espèce originaire du sud-est de l'Europe (Croatie, Monténégro, Albanie) qui a été largement répandue pour sa culture, notamment en Europe (France, Italie, Espagne), au Japon, et en Afrique du Nord.

Le pyrèthre est en fait un mélange d'esters : pyréthrine I et II, cinérines I et II, et jasmolines I et II. La pyréthrine I est le composé le plus abondamment produit [158]

#### Mode d'action

Les 4 esters les plus abondants ont des toxicités très différentes :

- pyréthrine I possède 100 % de toxicité relative,



- pyréthrine II : 23 %,
- cinérine I : 71 %,
- cinérine II : 18 %.

Ces molécules confèrent au pyrèthre un effet toxique rapide dit « knock down » sur les insectes. Elles agissent en perturbant l'influx nerveux par la fermeture des canaux sodium. En conséquence, les insectes mis au contact d'une solution à base de pyrèthre présentent une hyperactivité puis meurent.

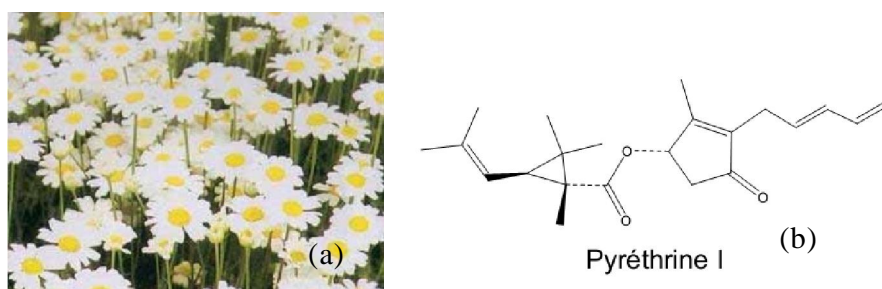


Figure n° 2.17 : Plante de pyrèthre (a), structure chimique de la pyréthrine I (b) [37]

Le pyrèthre est efficace contre un grand nombre d'insectes adultes mais il est beaucoup moins sur les larves. Cette toxicité rapide et importante de la part du pyrèthre sur les insectes lui a valu son succès. De plus, il est faiblement toxique pour les mammifères. Cependant, il est toxique vis-à-vis des organismes aquatiques [174]

Enfin, il n'est pas dangereux pour les abeilles ni pour les larves de coccinelles mais il peut quand-même affecter un grand nombre d'insectes bénéfiques. En effet, l'équilibre peut être rompu et entraîner une recrudescence du ou d'un autre ravageur, tel que l'araignée rouge [178].

#### 2.2.3.2.3 Les composés soufrés

Les espèces des familles des alliacées et des brassicacées possèdent des propriétés insecticides et fongicides bien connues de par le fait qu'elles émettent des composés volatils soufrés.

- Les molécules actives des alliacées

Concernant les Allium, les composés actifs proviennent de dérivés de la cystéine, acide aminé soufré très retrouvé au sein de ce genre végétal [15].

- Les molécules actives des brassicacées

Les Brassicacées produisent les glucosinolates. Une centaine de glucosinolates a été identifiée et ils sont classés en trois familles selon leur structure chimique. A partir des glucosinolates, un mécanisme enzymatique analogue à celui décrit chez les *Allium* permet la production de composés volatils soufrés. Les composés volatils émis sont des thiocyanates, des nitriles et des isothiocyanates (ITC) [15].

- Mode d'action

Concernant l'action insecticide, les ITC par exemple, génèrent divers effets comportementaux et physiologiques et en particulier répulsion des adultes, anti-appétence et toxicité. Ensuite, les ITC ont une activité nématocide sur de nombreuses espèces comme les *Meloidogyne* spp, et les *Pratylenchus* spp. Puis, les plantes productrices de glucosinolates ont montré une nette activité herbicide.

Pour ce qui est des effets fongicides, l'utilisation de brassicacées en amendement est censée réduire la population de pathogènes des racines comme *Fusarium oxysporum* [15]. Et, selon Sevenet [174], les glucosinolates peuvent libérer des composés toxiques pour les champignons vecteurs de la rouille.

L'inule visqueuse (*Inula viscosa*) est une plante pérenne méditerranéenne fréquente dans les talus et au bord de la route. Elle est connue pour ses propriétés médicinales mais est apparue comme possédant également des vertus en protection des cultures. Des travaux ont notamment été menés contre le mildiou de la vigne, *Plasmopara viticola*, et se sont montrés encourageants [160].

### 2.2.3.3 Les produits naturels aux propriétés herbicides

Les substances végétales qui possèdent des propriétés herbicides sont des substances dites allélopathiques [209].

Actuellement, la majorité des produits et des molécules aux effets allélopathiques sont testés sur la germination et/ou la croissance de jeunes plantules car ces stades physiologiques correspondent à des phases du développement particulièrement sensibles. Les phénomènes observés sont de diverses natures [105]:

- Division et élongation cellulaires affectées (souvent par l'inhibition de la synthèse d'ADN).
- Perturbation de la synthèse et de l'activité des hormones végétales.
- Perturbation de l'activité respiratoire.

- Réduction de l'activité photosynthétique.
- Dérèglement des mécanismes d'absorption minérale (en particulier phosphore et potassium).

#### 2.2.3.3.1 L'intérêt des alcaloïdes

Les alcaloïdes nommés quinolizidines sont abondamment retrouvés dans les plantes du genre *Lupinus*. Il a été étudié l'effet de l'espèce *L. mexicanus* sur la germination de graines de la dicotylédone *Amaranthus hybridus* et de la monocotylédone *Echinochloa crus-galli*.

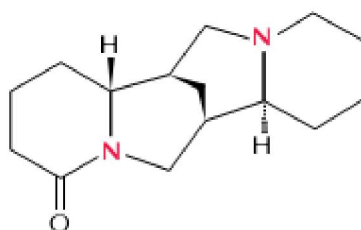


Figure n°2.18 : La structure chimique de lupanine [37]

Le lupin étudié était composé des alcaloïdes suivants : lupanine (76 % des alcaloïdes), 3b-hydroxylupanine, multiflorine, aphylline, épiaphylline et a-isolupanine [210].

#### 2.2.3.3.2 L'intérêt des glucosinolates

Les brassicacées et principalement les espèces de *Brassica*, contiennent naturellement dans leurs tissus des quantités importantes de glucosinolates (GSL) aux activités herbicides et toxiques [59].

Tandis qu'en laboratoire, les résultats ont montré une activité herbicide intéressante, il s'est avéré qu'en conditions réelles, la quantité de poudre nécessaire à mélanger dans le sol était trop importante pour envisager une utilisation à grande échelle. Donc, il s'agit de trouver d'autres méthodes de préparation afin de profiter au mieux des effets toxiques des glucosinolates [108].

- Le phénomène d'autotoxicité

L'armoise, *Artemisia vulgaris*, sécrète des composés réputés pour leur effet inhibiteur sur la germination de diverses graines et la croissance des jeunes pousses mais elle possède également des propriétés autotoxiques. Cette autotoxicité s'avère utile à l'espèce qui subit par conséquent moins de compétition. De plus, elle permet aux plantes

de mieux réguler leur croissance et de se disperser dans le temps et dans l'espace de manière plus homogène [141].

#### 2.2.3.4. Les produits naturels aux propriétés nématocides

Beaucoup de composés de natures diverses ont dévoilé des propriétés nématocides. [113] ont établi que pour la lutte contre le nématode du pin (*Bursaphelenchus xylophilus*), des monoterpénoïdes, quelques acétylènes, des quinolizidines (alcaloïdes), des liganes et des composés phénoliques et phénylpropanoïques possédaient une activité plus ou moins forte.

Une étude menée en laboratoire a évalué le potentiel de 88 huiles essentielles de plantes, préparées ou directement achetées en magasin. Parmi ces 88 plantes, les plantes aromatiques et médicinales suivantes étaient retrouvées : absinthe, achillée millefeuille, aneth, angélique, anis vert, basilic, carvi, camomille, citronnelle, coriandre, hysope, lavandin, lavande, mélisse, origan, persil, menthes, menthe poivrée, romarin, sarriette annuelle, sauge sclarée, sauge officinale, thym et valériane.

Ainsi, les HE de cannelle, coriandre, citronnelle de Madagascar, origan d'Espagne, thym vulgaire et clou de girofle ont soulevé un fort intérêt pour les chercheurs [113].

- Extraits aqueux contre *Meloidogyne incognita*

L'ail (*Allium sativum*), la crucifère *Brassica campestris*, le piment de cayenne (*Capsicum frutescens*) et le fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*) ont été jugés sur leurs propriétés nématocides sur le stade juvénile de *Meloidogyne incognita* [211].

#### 2.2.3.5. Les produits naturels aux propriétés viral et bactéricide

Un moyen de lutte contre les virus est traduit par l'application de triterpènes et de glycosides triterpénoïdes qui sont efficaces contre le virus de la mosaïque du tabac (TMV).

*O. vulgare* s'est montré très efficace contre *Erwinia carotovora*. Une autre étude a validé le pouvoir de cette huile essentielle d'origan contre *E. herbicola* et *Pseudomonas syringae* grâce à la présence de thymol et de carvacrol dans l'HE [212].

La famille des Labiateae a reçu une attention considérable dans la recherche des produits naturels pour lutter contre les ravageurs des denrées stockées.

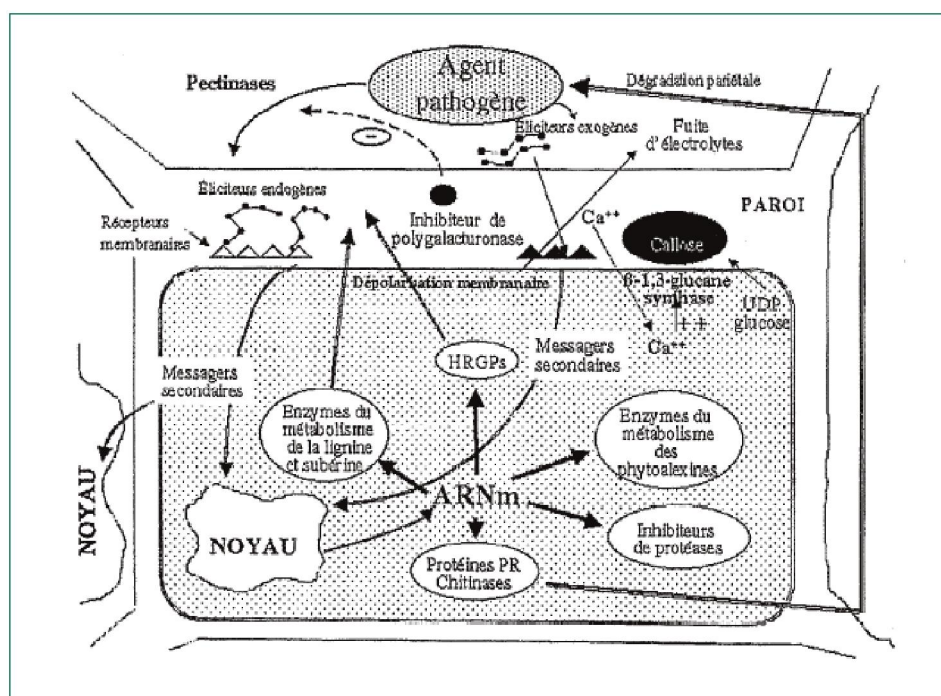
## 2.2.4 Les éliciteurs

Depuis la fin des années 1990, une nouvelle stratégie de protection préventive des plantes a émergé et fait l'objet de nombreuses études à travers le monde.

Cette stratégie se base sur les grands principes des interactions plante-agresseur. Elle consiste en application de substances sur une plante, qui lui permet d'enclencher ses mécanismes de défense et ainsi d'être en état de résistance vis-à-vis d'une agression à laquelle elle serait normalement sensible, ou face à des conditions stressantes (sécheresse, gel, carences).

### 2.2.4.1 Principe

Les éliciteurs sont encore appelés stimulateurs de défenses naturelles (SDN). Ce sont des molécules de faible poids moléculaire d'origine animale, végétale, minérale ou des molécules de synthèse, généralement non toxiques pour les micro-organismes, qui endossent le rôle de SDN [16].



Source : Benhamou et Picard, 2000

Figure n° 2.19 : Schéma simplifié des principales réactions de défense structurales et biochimiques élaborées par la plante en réponse à l'agression [26]

La perception d'un éliciteur par une plante déclenche différentes voies de signalisation : flux d'ions, burst oxydatif et synthèse de molécules de signal. Des gènes de défense sont ainsi induits et mènent au renforcement des parois cellulaires, à la synthèse de

protéines ayant une activité inhibitrice ou hydrolytique envers les agresseurs et à l'accumulation de métabolites secondaires comme les phytoalexines aux propriétés antimicrobiennes et les protéines PR qui ont pour mission de confiner le bioagresseur au point d'inoculation et d'empêcher son invasion dans toute la plante [26], [206], [44].

#### 2.2.4.2 Utilisation

Ces molécules pourraient être utilisées pour la protection des plantes à titre préventif et permettraient éventuellement de réduire les applications de produits phytopharmaceutiques contre les insectes, les maladies fongiques et les bactéries. En effet, de nombreuses recherches au niveau cellulaire ont prouvé l'existence et l'efficacité du système de défense induit contre les ravageurs et pathogènes. Mais il faut retenir que la diversité des molécules pouvant être élicitrices est considérable et que ce domaine de travail représente un large champ d'investigation pour les chercheurs [158].

#### 2.2. 4.3 Les différents types des SDN

Une première catégorie de SDN provoque dès son application, une cascade de réactions de défense destinées à protéger la plante d'une agression de la part d'un agent pathogène, qu'il soit présent ou non. Ce phénomène est nommé élicitation directe (Dubreuil et al. 2006).

Certains SDN agissent en venant se fixer sur les récepteurs membranaires de la plante qui détectent l'agression et transmettent les signaux nécessaires à la mise en place d'un arsenal de défense. Les SDN de cette catégorie qui sont principalement étudiés sont soient :

- Des composés protéiniques, saccharidiques, etc., issus de pathogènes, qui représentent des motifs propres à un microbe et qui viennent se lier à des récepteurs reconnaissant ces motifs. Ces composés sont nommés PAMP Pathogen-associated molecular patterns
- Des composés extraits d'animaux, végétaux ou algues mimant les PAMP
- Des versions avirulentes de pathogènes, encore que ce procédé se rapproche de la lutte biologique. (Nürnberg & Brunner, 2002).

D'autre part, les SDN peuvent être des molécules intervenant dans la cascade des signaux : ces molécules, au lieu de mimer l'agression d'un pathogène, s'insèrent directement dans la cascade complexe des signaux de la plante qui la conduisent à

mobiliser ses moyens de défense. En général, ces SDN sont des molécules analogues de l'acide salicylique ou de l'acide jasmonique (Blanchard et Limache, 2005).

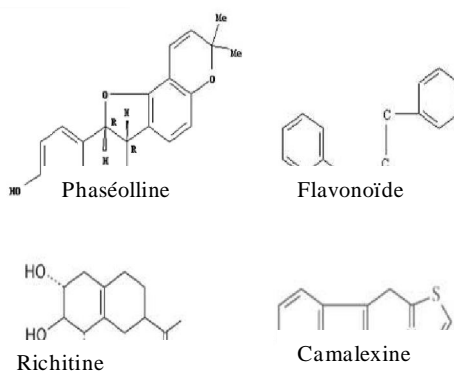


Figure n° 2.20 : Exemples de phytoalexines chez le concombre (flavonoïde), Arabidopsis (camalexine), haricot (phaséolline) et tomate (rishitine) [12]

L'intérêt de ce mécanisme est que la plante, tant que la pression parasitaire est faible, conserve toutes ses ressources pour sa croissance et sa reproduction. En effet, certains scientifiques déplorent que l'application de SDN induise la mise en production de métabolites secondaires et utilise par conséquent du carbone au détriment de la croissance [56].

Des substances tel l'acide salicylique, les polysaccharides bactériens ou l'acide  $\beta$ -aminobutyrique (BABA) peuvent provoquer ce phénomène mais les mécanismes à l'origine de ce processus ne sont pas encore expliqués. D'autre part, la potentialisation tient également un rôle dans l'amélioration de la tolérance à des stress abiotiques [102].

#### 2.2.4 Les phéromones

Les insectes transmettent les informations aux moyens de signaux visuels, auditifs, olfactifs (chimiques) et tactiles. Les messages échangés doivent être précis, fiables et spécifiques car beaucoup de comportements, comme la recherche d'un partenaire ou d'un hôte, sont sélectifs et orientés [38].

On distingue deux types de phéromones intervenant dans la communication chimique définis essentiellement à partir des observations d'insectes: les phéromones incitatrices agissant sur le comportement (telles que les phéromones d'agrégation, d'alarme et sexuelle) et les phéromones modificatrices, qui agissent sur la biologie (telles que la synchronisation de la maturité au sein d'une population) [33].

Chez beaucoup d'insectes, et en particulier chez les lépidoptères, la fonction des phéromones joue principalement le rôle d'attractif sexuel permettant à l'un des sexes de trouver sa/son partenaire sur de très longues distances [38].

- Utilisation

Deux applications sont possibles à partir de cette technique.

La confusion sexuelle : elle repose sur la diffusion de phéromones de synthèse mimant les phéromones sexuelles des insectes ravageurs des cultures. De ce fait il est possible de masquer les communications chimiques entre les mâles et les femelles empêchant ainsi leur reproduction et le développement de larves sur les récoltes. Cette technique est particulièrement adaptée en viticulture et en arboriculture

Le piégeage de masse : il repose également sur une attraction d'une espèce d'insectes dans un piège englué ou remplis d'eau. Une fois emprisonné, il sera éliminé par une faible quantité d'insecticide. Ce principe combine à la fois un moyen de bio-contrôle et un vecteur chimique classique [169].



Figure n°2.21 : Utilisation de phéromone dans la lutte contre *Tuta absoluta* piège à eau (Tutasan) (a), capsule de phéromone (phérodin 0.5 mg) (b)

### 2.3. Perspective et avenir des biopesticides

Les différentes estimations indiquent que le marché des biopesticides est prédit à un avenir prometteur. Malgré, que la part de marché qu'ils représentent actuellement est très faible. Il y a donc encore de gros progrès à réaliser pour étendre les parts de marché de la technologie phytosanitaire basée sur les biopesticides.

Les points à prendre en considération pour développer les spécialités à base de biopesticides sont multiples :



- Contraintes techniques

La stabilisation et la conservation de la matière biologique très sensible aux facteurs environnementaux pendant les processus de production et de stockage doivent être améliorés, cette remarque concernant l'ensemble des biopesticides.

L'homogénéisation et la standardisation des extraits à base de substances naturelles, notamment végétale, sont d'autres préoccupations de la production industrielle.

- Contraintes économiques

Les biopesticides occupent des marchés niche. Par exemple, une phéromone ou un biopesticide entomophage, actifs uniquement sur une seule espèce, se développent sur des marchés tellement ciblés et étroits qu'ils n'incitent qu'à un investissement industriel prudent puisque la rentabilité des investissements de recherche et développement est loin d'être assurée. Pour pallier ces obstacles d'ordre économique, les industriels producteurs de biopesticides souhaitent qu'une procédure d'homologation réduite soit mise en place, puisque les recherches biologiques ont montré les nombreux avantages écologiques des biopesticides par rapport aux pesticides organiques de synthèse.

- Contraintes réglementaires

Un débat est en cours en Europe pour savoir s'il conviendrait d'alléger les demandes d'autorisation sur le marché (AMM) pour cette catégorie de produits, à l'instar de la réglementation qui existe aux Etats Unies d'Amérique.

Par rapport à l'Europe, le marché américain offre la plus grande gamme de biopesticides approuvés par l'agence pour la protection de l'environnement (EPA). Cette situation est partiellement due aux procédures européennes d'enregistrement d'une nouvelle substance qui reste lente et complexe [107].

Tableau N°2.3 : Comparaison du nombre de substances actives autorisées

	insectes	maladies	mauvaises herbes	nématodes
Etats unies d'Amérique	151	55	9	5
Europe	42	21	1	1

(Source IBMA France, 2009)

Exemple le cas des plantes aromatiques riches en huiles essentielles qui sont utilisées aux Etats-Unis comme produits phytosanitaires d'origine botanique bénéficiant d'une exemption de la procédure d'homologation.

- Contraintes psychologiques

Les praticiens doivent accepter de changer leurs habitudes d'application des produits phytosanitaires, certains biopesticides nécessitant un surcroît de travail et de vigilance. Il faut aussi qu'un degré d'exigence moindre du niveau d'efficacité du produit soit accepté. Au niveau des consommateurs et des opérateurs du marché, une prise de conscience doit s'opérer qu'il est difficile d'attendre dans le cadre du développement de systèmes de culture plus respectueux de l'environnement, des produits agricoles, bien entendu de qualité sanitaire irréprochable sans résidus phytosanitaires, et tout à la fois esthétiquement parfaits.

### 2.3.1 Application des biopesticides

Les biopesticides s'utilisent généralement comme des pesticides conventionnels en pulvérisation foliaire ou en incorporation au substrat de culture. Cependant, ces produits, souvent constitués de particules vivantes, sont fragiles et leur application demande certaines précautions.

- Ils doivent, souvent, être associés à d'autres stratégies de lutte contre les ennemis des cultures.
- De nombreux produits n'ont qu'une action préventive et ne seront pas efficaces lorsque les ravageurs sont présents en grand nombre.
- De nombreux biopesticides agissent par contact sur le ravageur : il faudra alors veiller à appliquer le produit sur toutes les parties malades ou infestées de la plante.
- Les biopesticides sont peu rémanents : ils sont délogés par le vent ou la pluie ou se dégradent rapidement lorsqu'ils sont exposés aux UV. Il faut alors répéter fréquemment les applications

Paulitz et Bélanger [146] décrivent la démarche inhérente à accroître les chances de succès de la mise en marché d'un biopesticide, se référant au succès de la lutte biologique contre les insectes en serre. Les auteurs concluent que dans une première approche, les produits devraient être utilisés dans les conditions où les chances de succès sont optimales (environnement propice tel les productions serricoles).

### 2.3.2 Biopesticide et développement durable

Globalement, aujourd'hui, les biopesticides sont loin de remplacer la lutte chimique stricto sensu, en particulier au niveau des cultures industrielles, et ne sont pas davantage en mesure de permettre une production agricole à haut rendement et à un coût comparable à celle obtenue avec des pesticides de synthèse.

Si, pour s'inscrire dans le cadre du développement durable, l'on veut envisager de faire une place plus importante aux méthodes de lutte phytosanitaire dites « douces » et aux biopesticides, il va donc falloir modifier en profondeur les pratiques agricoles et accepter d'en payer le prix [158]

## CHAPITRE 3

### MATERIEL ET METHODES

#### 3.1 Etude de la succession des bioagresseurs des cultures de tomate et de concombre conduit sous serre plastique

##### 3.1.1. Présentation de la zone d'étude

Notre expérimentation est déroulée au niveau de la station de démonstration pédagogique de l'institut national spécialisé en formation professionnelle de Hadjout. La nature de sol est de type argileux occupant une superficie de 20 ares environ. Installer en 2010, 2 serres d'une superficie de 200 m<sup>2</sup> et 170 m<sup>2</sup> occupant le milieu de ce terrain. Le précédent cultural pour la serre 1 était le poivron, tandis que pour la serre 2 était la pomme de terre.



Figure n°3.1 : Vue générale des serres (à gauche (1) : culture de concombre ; à droite (2): culture de tomate)

##### 3.1.2 Matériel biologique utilisé

- Culture de tomate :

La variété hybride utilisée est Mercedes originaire d'Allemagne transplantés le 17 février 2010. Distance de plantation est de 40 cm entre les plants et 80 cm entre les lignes. Le nombre total des plants est de 60.

- Culture de concombre :

Le concombre (variété hybride Dacher II) est transplanté le 13.12. 2010. La densité de plantation est de 40 cm entre les plants et 60 cm entre les lignes. Le nombre total des plants est de 58.

- Conduite des cultures

Toutes les cultures sont conduites en lignes jumelés et irrigué par submersion, la source d'eau est l'eau de robinet. Chaque culture a subit les opérations culturales qui les conviennent (fertilisation, binage, palissage, ébourgeonnage et effeuillage...)

- Les traitements phytosanitaires

L'utilisation des pesticides été effectuée seulement en lutte curative (apparition de symptômes). Aucun traitement préventif n'est appliqué pour la nécessité de l'étude.

Tableau N°3.1 : Application des traitements phytosanitaires

Date	Produit	Dose	Nature de pesticide	Observation
02/02/2011	Pencozeb	30 g/L	Fongicide	
13/02/2011	Taché gazole	20ml/ L	Fongicide	
17/02/2011	Pencozeb	30g/L	Fongicide	
06/03/2011	Méthomyl	25g/ L	insecticide	
15/03/2011	Melody	6g/L	Fongicide	
8/05/2011	Méthomyl	25g/L	Insecticide	
10/04/2011	Taché gazole	20ml/L	Fongicide	
05/05/2011	Pencozeb	30g/L	Fongicide	
21/05/2011	Melody	6g/L	Fongicide	

### 3.1.3. Étude des facteurs climatiques

Nul ne peut nier l'action des facteurs climatiques notamment la température et la l'humidité sur la biocénose.

La région de Hadjout subit l'influence du climat méditerranéen caractérisé par un hiver doux et pluvieux et un été chaud et sec. La période sèche c'étale du mi- mai au mi octobre.

#### Relevés de température et humidité moyennes au niveau de la serre

La température est enregistrée quotidiennement à l'aide d'un thermomètre (minima-maxima) et l'humidité est mesurée par un hygromètre 3 fois par jour (9h, 12h, 16h)

### 3.1.4 Etude de l'abondance faunistique inféodées aux 2 cultures

#### 3.1.4.1 Méthode de piégeage à l'aide des bacs jaunes et bleus

Les pièges colorés sont connus depuis 1966 pour l'échantillonnage des insectes. La couleur référentielle pour la plupart des insectes est le jaune citron et l'abondance de

récoltes que l'on peut effectuer avec de tels pièges est remarquable (Roth M.1972). Les pièges colorés utilisés sont d'une conception simple.

Ce sont des récipients en matière plastique de couleur jaune citron et bleu dans lesquels on place de l'eau additionnée d'un produit mouillant (savon liquide) dont les dimensions avoisinent les 15 cm de diamètre sur 15 cm de hauteur.

	Couleur de piège	Serre 1	Serre 2
Piégeage	Piège jaune	2	2
	Piège bleue	2	2

Les récipients sont placés sur sol au niveau désiré et aussi près que possible de la végétation, car, la distance d'attractivité de ces pièges est très faible. Les Insectes qui se posent sur le liquide sont très rapidement tués et coulent, pour la plupart, presque instantanément.

Les pièges bleus sont destinés pour attirer et capturer les thrips.

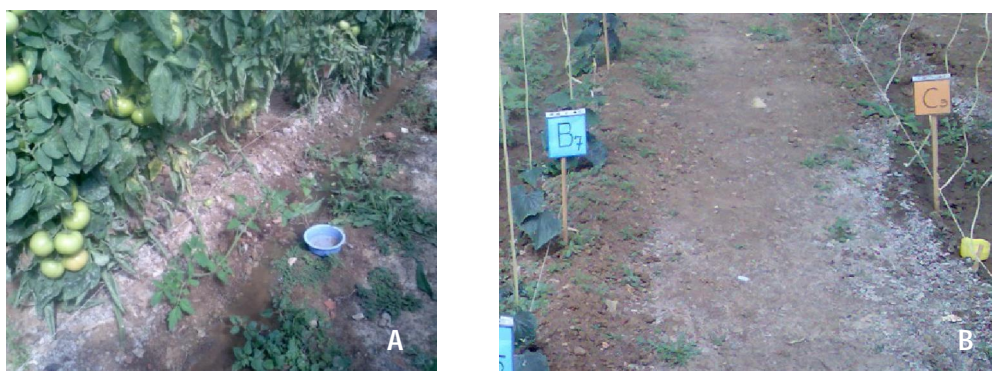


Figure n° 3.2 : Piège jaune (A :serre 1) ; Piège bleue (B : serre 2)

### Dispositif expérimental

Notre expérimentation est réalisée en 2 blocs aléatoires complets. Chaque bloc renferme 2 lignes jumelées composés de 20 plants de tomate et de concombre. Nous avons au total 40 plants

#### 3.1.4.2 Echantillonnage

On prend un échantillon de 30 feuilles au total (15feuilles de chaque bloc) au hasard éparpillé horizontalement et verticalement de chaque espèce étudiée. Les feuilles sont prélevées soigneusement pour un dénombrement d'une éventuelle présence de ravageurs et de maladies. Les feuilles sont mises dans des sacs en plastiques, étiquetés et ramenés au laboratoire de l'université Saad Dahleb pour identification.

### 3.1.4.3 La collecte

De mi février à la fin du mois de juin, chaque semaine 30 feuilles de tomate et de concombre étaient récoltées à la même heure.

Pour les échantillons capturés dans les pièges colorés, à l'aide d'un pinceau fin les spécimens sont misent directement dans les tubes a essai avec un peu d'acétone ; sur lesquels sont notés la date et le lieu de capture. L'eau des pièges est renouvelée après chaque prélèvement.

### 3.1.4.4 Au laboratoire

Les échantillons ramenés au laboratoire sont contrôlés sous la loupe binoculaire pour le triage et le comptage des insectes. Les acariens, les pucerons, et autre insectes minuscules sont conservés dans des flacons contenant de l'alcool à 70 % jusqu'à leur identification. Les insectes de taille moyenne à grande, sont fixés et étalés pour les préparer par la suite à l'observation et à l'identification.

### 3.1.4.5 Identification systématique

Une fois ramenées au laboratoire les feuilles sont observées sous la loupe binoculaire grossissement (2X8), identifié puis dénombré. L'identification été effectué par l'équipe de laboratoire de zoologie agricole de département d'agronomie (M<sup>me</sup> Benfekih L. pour les auxiliaires, M<sup>r</sup> Aroune F. pour les pucerons et M<sup>me</sup> Nabih D. pour les acariens. Les échantillons d'aleurodes sont identifiés auprès des services de protection des végétaux de Boufarik.



Figure 3.3: Observation sous loupe binoculaire des feuilles de tomate

### 3.1.4.6 Etude des agents cryptogamiques

Le travail d'échantillonnage c'est fait sur 30 feuilles de tomate et de concombre présent au hasard de différentes hauteurs.

#### 3.1.4.7 Identification des agents cryptogamique

On se basant sur la symptomatologie l'identification des agents pathogènes est plus au moins facile, elle été faite directement sur le lieu. Un échantillon été transmis au laboratoire de phytopathologie de l'INPV de Boufarik pour la confirmation.

#### 3.1.4.8 Etude de la mineuse de la tomate (Tuta absoluta)

##### 3.1.4.8.1. Echantillonnage

Durant tous les mois d'étude, un prélèvement des feuilles a été effectué chaque semaine dans chaque serre. Notre échantillonnage est de types systématique, 30 feuilles sont prélevées de chaque bloc.

##### 3.1.4.8.2 Capture des mâles

Les pièges à phéromone sont des pièges sexuels, ils sont utilisés pour capturer les adultes mâles (diffusion d'une phéromone femelle). Les pièges utilisés durant la période d'expérimentation sont des pièges à eaux qui sont des récipients contenant de l'eau à laquelle on a ajouté un détergent au dessus desquels sont fixées des capsules de phéromones obtenus auprès des services de la subdivision d'agriculture de Hadjout. Les papillons mâles ainsi attirés se noient. Un piège est placé par type de culture et par serre. Un renouvellement des capsules à phéromones se fait chaque 4 à 6 semaine.

Un dénombrement des mâles capturés se fait chaque semaine, après ils sont éliminés loin des serres.



Figure n°3.4 : Piège à phéromone (serre 2)

##### 3.1.4.8.3 Au laboratoire

Nous avons utilisé une loupe binoculaire pour observer les mines actives et les mines vides. Aussi pour la confirmation de l'espèce considérée (écarter la confusion avec d'autres espèces de mineuse de tomate et de concombre).



### 3.2. Essai de lutte par l'utilisation des extraits aqueux de 2 espèces spontanées (Lavendula stoechas L et Oxalis pes-caprea)

#### 3.2.1 Présentation de la région d'étude

Notre expérimentation c'est déroulée au niveau de la ferme pilote l'entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée l'EURL de Douaada.

Cette ferme se situe dans la région de littorale à 35 km est du chef lieu de la wilaya de Tipaza. Elle est limitée à l'est par la route nationale reliant Koléa-Douaouda, au nord par le chemin communal reliant Fouka-Douaouda, au sud par l'ex-Das « Zami », et à l'ouest par la propriété privée « Bacha ».

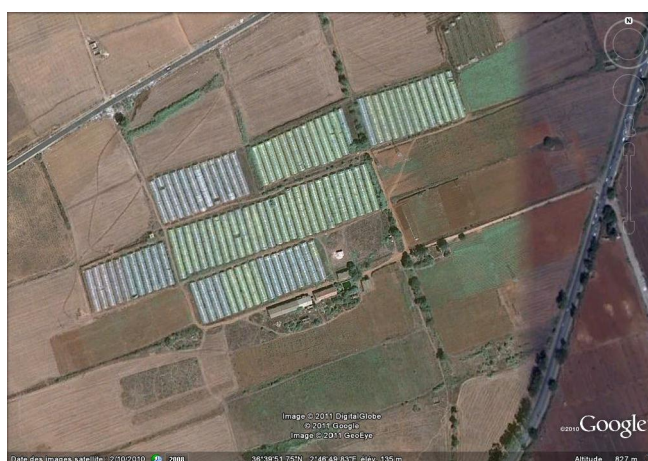


Figure n°3.5 : La ferme pilote de Deoueda (vue aérienne, Google earth, 2011)

La serre de poivron lieu de l'essai est limité au nord par des serres de poivron, au sud par de la courgette saison, à l'ouest par des serres de poivron et à l'est par un champ de blé tendre.

#### 3.2.2 Entretien et travaux agricoles

Le sol des serres a été préalablement désinfecté au Mocap à raison de 21 kg par serre. La variété de poivron « Lipari » été semée le 07/02/2011, et le repiquage est réalisé le 12/03/2011.

L'entretien de la culture de poivron comporte les opérations de ferti-irrigation, traitements phytosanitaires contre les ravageurs et les maladies ainsi que les opérations de palissage et de désherbage. Ces travaux ont été réalisés périodiquement en fonction de besoins de la culture et les risques phytosanitaires.

L'intervalle entre deux traitements phytosanitaires était de 8 à 10 jours avec alternance de la matière active.

### 3.2.3 Présentation et description des plantes spontanées utilisées

#### 3.2.3.1 Lavande

Position systématique [128] :

Règne : Plantes

Sous règne : Plantes vasculaires

Embranchement : Spermaphytes

S/embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Dialypétales

Ordre : Lamiales (labiale)

Famille : Lamiaceae

Genre : *Lavendula*

Espèce : *Lavendula stoeckas*

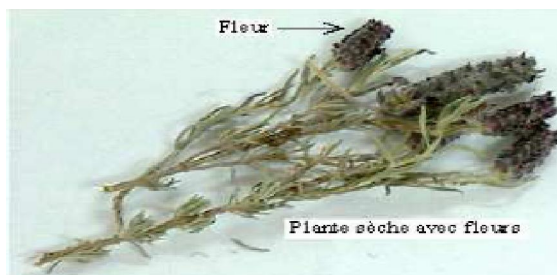


Figure n°3.6 : Plante *L.stoeckas* après dessèchement

#### Aperçu botanique

*L. stoeckas* est un sous arbrisseau à tige et feuilles persistantes, jusqu'à 1 mètre, étroit, vert pâle, peuvent s'étendre du gris bleuâtre profond au vert à brun pale, fleurs de couleur bleu-violet. L'ensemble de la plante très aromatique comprenant fleurs et feuilles [126]; [127]. La lavande est cultivée pour son parfum et pour ses vertus médicinales [122].

C'est une plante tendre, qui préfère les endroits ensoleillés et les sols riches, les tiges étroites sont quadrangulaires à feuilles opposées, tendent à être plus vertes que grises, à son extrémité une inflorescence terminée par un toupet de longues bractées violettes. Largement distribué dans les îles canari, Islande et à travers tous le tell méditerranéen, l'Afrique du Nord, sud West de l'Asie, Afrique tropical avec une disjonction vers l'Inde [128]; [125].



Figure n° 3.7 : *Lavendula stoeckas* dans son milieu naturel

### 3.2.3.2. La vinaigrette (*Oxalis pes-caprea*)

#### Position systématique

Règne :	végétal
Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Eudicots
Classe	Rosids
Ordre :	Oxalidales
Famille :	Oxalidaceae
Genre :	Oxalis
 Espèce :	 O. pes-caprae



Figure n°3.8 : Plante Oxalis pes-caprea

#### Aperçu botanique

Originnaire du Cape en Afrique du sud l'*Oxalis pes-caprea* c'est largement naturalisé en région méditerranéenne, c'est une mauvaise herbe hautement invasive dans plusieurs régions du monde. Le genre *Oxalis* L est cosmopolite, comporte approximativement entre 800 à 950 espèces [214].

C'est une plante géophyte annuelle de 8 à 15 cm de hauteur, à souche grêle et rampante, avec occupation forte de l'espace via des feuilles, disposées en rosettes denses, longuement pétiolées à trois folioles à forme de cœur.

La Propagation est essentiellement par voie végétative, par l'intermédiaire de bulbes et bulbilles (pas de fruits ni de graines viables observés en Méditerranée). Production d'environ 20 bulbilles (de la taille de pois) par bulbe et par an, transportés par les véhicules et engins agricoles, le vent, l'eau (flottaison des bulbilles) et les oiseaux [43].

#### 3.3.4 Contexte globale de la cueillette des plants

Nous avons récoltés uniquement des plantes saines. Il faut éliminer toute plante abîmée qui risque de rendre toxique la préparation aqueuse.

La cueillette été effectués par temps sec, et par une matinée bien ensoleillée, lorsque la rosée s'est évaporée. Les plantes cueillies dans de bonnes conditions climatiques et au moment de leur pleine maturité ont une teneur très élevée en composants actifs.

### 3.3.4.1 La récolte du matériel végétal utilisé

- Lavendula stoeckas L.

Le 10 avril 2011, environ 3 kg de biomasse fraîche de la partie aérienne de *L. stoeckas L* (fleurs, feuilles et tige) été récolté au niveau de l'Atlas Blideen (mont de Chréa à 810m d'altitude).



- Oxalis pes-caprea

Entre le 2 et 8 mars 2011 environ 3 kg de biomasse fraîche, de la plante entière d'*Oxalis pes-caprea* (fleurs, feuilles, racines et bulbilles) sont récoltés de la station de démonstration pédagogique agricole au niveau de l'INSFP de Hadjout (255 m d'altitude)

### 3.3.4.2 Préparation des extraits des plantes étudiées

Les organes des plants récoltés (feuilles, tiges, fleurs) de la lavande (*Lavendula stoechas L*) et la plante entière (feuilles, bulbille, tige, fleurs) de la vinaigrette (*Oxalis pes-caprea*) sont nettoyés à l'eau courante et misent à sécher à l'ombre sur du papier journal ; un endroit chaud et sec est l'idéal le cas du laboratoire.

Après le séchage (35 jours pour la lavande, et 62 jours pour la vinaigrette), les différentes parties des 2 espèces végétales sont finement broyées à l'aide d'un broyeur à hélice et les poudres obtenues séparément sont conservées à l'abri de la lumière et de l'humidité dans des flacons stériles hermétiquement fermés en vue de leur utilisation ultérieure.

Une quantité connue de poudre des plantes étudiées est macérée dans un litre d'eau distillée [105]. L'extrait aqueux des plants spontanée testés est agité pendant 72 heures par un agitateur magnétique. La solution est ensuite filtrée à travers du papier Wattman (de 0.5µm d'épaisseur). [106].



Figure n° 3.9 : Préparation des extraits aqueux

Le filtrat récupéré représente la solution mère ou initiale. Les extraits bruts obtenus ont été ensuite préservés hermétiquement dans des flacons. Ces derniers sont recouverts par du papier aluminium contre le risque de la dégradation photonique étiquetés et puis sont conservés au réfrigérateur à une température de 6°C.

#### 3.4.5. Préparation des extrais aqueux

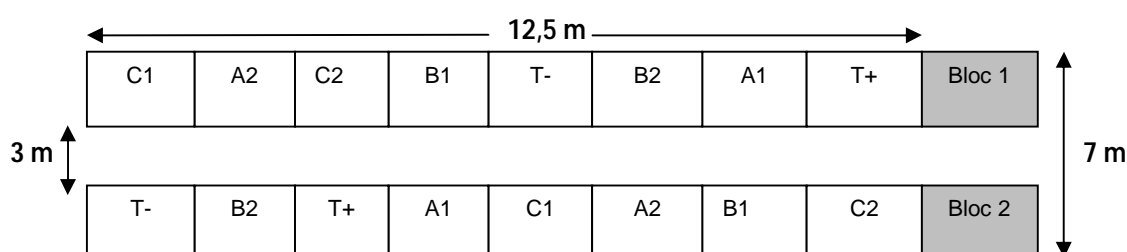
Nous avons procédé à des dilutions des solutions mères obtenues à partir des extraits des 2 espèces végétales. Nous avons préparés 8 lots de traitement, chaque lot comporte 5 plants de poivron, réparti en 2 blocs aléatoires complets.

A partir de la solution mère nous avons préparé une série de dilution pour les 2 espèces végétales testées

- Une préparation d'une concentration de 100% de la solution mère : 100g de poudre de *L. stoeckas* diluée dans 1000 ml d'eau distillée.
- Une préparation d'une concentration à 50% de la solution mère : 50g de poudre de *L. stoeckas* diluée dans 1000 ml d'eau distillée.
- Une préparation de mélange de 2 espèces d'une concentration de 50% de la solution mère : 50g de poudre de *L. stoeckas* et 50 g d'*O. pes-caprea* dilué dans 1000 ml d'eau distillée.

##### 3.3.4.5.1. Dispositif expérimental

Une serre de poivron est choisie au hasard, 80 plants au total sont utilisés réparti en 2 blocs aléatoires complets. Chaque bloc est subdivisé en 8 lots, chaque lot est constitué de 5 plants de poivron. Les traitements sont affectés d'une façon aléatoire et répétés une seule fois.



Légende :

A1 : <i>L. stoeckas</i> concentration à 100%	A2 : <i>L. stoeckas</i> concentration à 50 %
B1 : <i>O. pes-caprea</i> concentration à 100%	B2 : <i>O. pes-caprea</i> concentration à 50%
C1 : Mélange ( <i>Lavande</i> x <i>Oxalis</i> ) concentration à 100%	C2 : ( <i>Lavande</i> x <i>Oxalis</i> ) concentration à 50%
T+ : Témoin positif (Traitement avec insecticide (Méthomyl))	T- : Témoin négatif (Traitement avec de l'eau)

#### 3.3.4.5.2. Application d'extraits aqueux

Une vaporisation copieuse des extraits aqueux préparés à l'aide d'un pulvérisateur manuel d'une contenance de 2 litres est appliquée ; jusqu'au mouillage total de feuillage. L'opération été réalisé le 18 juillet 2011 à 19h15 dont la température été de 25°C.

#### 3.3.4.5.3. Echantillonnage

Au début nous avons procédé à un échantillonnage initial des lots pour connaitre l'état des lieux de la population existante des ravageurs. Par la suite, une récolte des feuilles quotidienne été effectués à la même heure et pendant 8 jours. Nous avons récolté 15 feuilles au hasard de chaque lot traité et de chaque bloc.

Les feuilles sont mises dans des sachets en plastiques étiquetés et ramenés au niveau de laboratoire de l'INSFP de Hadjout pour observation et examen sous une loupe binoculaire. Un dénombrement des populations des ravageurs est effectué par la suite.

### 3.3. Essai de lutte biologique par l'utilisation de Bacillus subtilis contre les l'oidium de poivron

#### 3.3.1. Présentation de la souche

La souche (S12) de Bacillus subtilis provienne de l'université de Laghouat et conservée dans un tube à essai.

#### 3.3.2. Activation de la souche bactérienne

Pour activer la souche (S12) de Bacillus subtilis à l'aide d'un anse d'ensemencement nous avons étalé la souche bactérienne sur le milieu de culture (LPGA) dans des boites de petri et mise pour une incubation dans une étuve à 37°C pendant 48 h.

#### 3.3.3. Mesure de la densité optique nécessaire pour la préparation d'inoculum

De très nombreuses techniques permettent de mesurer la biomasse d'une suspension bactérienne. La mesure de la densité optique est la technique la plus simple, la plus rapide et la plus utilisée. Elle consiste à mesurer la lumière absorbée par une suspension bactérienne à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 600 à 650nm (longueur d'onde pour laquelle l'absorption de la lumière par les constituants cellulaires est la plus faible). D'une manière générale, l'absorbance est proportionnelle à la concentration cellulaire.

Sous la hotte, et dans des conditions aseptiques, nous avons préparé la solution mère en raclant à l'aide d'une anse stérile la culture bactérienne d'une souche âgée de 48h cultivée sur le milieu LPGA. La souche de B.subtilis a été par la suite mise en

suspension dans un tube à essai contenant de l'eau distillée stérile. Afin de réaliser le comptage des colonies bactériennes, et après agitation, nous avons réalisé une série de dilutions (suspensions-dilutions) par prélèvement d'un millilitre pour chaque dilution à l'aide d'une micropipette stérile. Le volume prélevé (1 ml) est mis dans un tube contenant 9 ml d'eau distillée stérile.

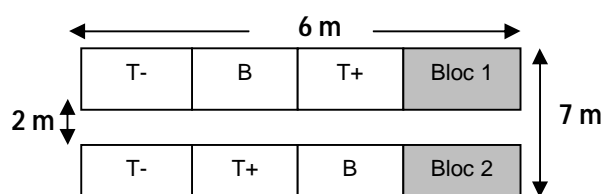
A l'aide du spectrophotomètre (Prolabo, Paris), nous avons effectué la lecture de la densité optique de chaque dilution des suspensions bactériennes à la longueur d'onde de 600 nm.

Pour l'étape d' inoculation, nous avons préparé des suspensions bactériennes à une densité de 0,26 à une longueur d'onde de 600 nm, ce qui correspond à une densité cellulaire de  $10^8$  bactéries/ml. En effet, pour notre expérimentation, cette densité d' inoculum de bactéries/ml, est indiquée par plusieurs travaux effectués sur *Agrobacterium tumefaciens* et *Agrobacterium vitis* [90].

Après une incubation de 48h à 72h, le comptage des colonies est réalisé sous la loupe binoculaire où apparaissent 30 à 300 colonies suivant la souche bactérienne.

#### 3.3.4. Dispositif expérimental

Nous avons choisis une serre au hasard, 30 plants au total sont utilisés réparti en 2 blocs aléatoires complets et subdivisé en 3 lots. Le 1<sup>er</sup> lot est constitué de 6 plants et pulvérisé par la solution de la bactérie *Bacillus subtilis* (à une concentration de  $10^8$  bactérie/ml), le 2<sup>ème</sup> est le témoin positif où les plants sont traités par un fongicide systémique « Tétrazole, Triazole » et le 3<sup>ème</sup> est le témoin négatif dont les plants sont traités avec de l'eau.




---

B : lot traité par *Bacillus subtilis* ( $10^8$  bactérie/ml)

T+ : Témoin positif (Traitement avec fongicide (tétrazole))

---

T- : Témoin négatif (Traitement avec de l'eau)

---

### 3.3.5. Application

La solution d'inoculum est pulvérisée dans les heures qui suivent son préparation sur les plants de poivron infesté par l'oïdium. La solution préparée dans le laboratoire de zoologie est mise dans une glacière (pour ralentir la croissance des bactéries) est acheminé rapidement au lieu de l'expérimentation. Une pulvérisation abondante est appliqués jusqu'au mouillage des feuilles. Etant donné la période estivale et les conditions de sous serre dont la température est relativement élevé dans la journée, nous avons procédé à l'application de la solution bactérienne tard dans la journée précisément à 19h 15 dont la température été de 25,3°C

### 3.3.6. Echantillonnage

Un échantillonnage est réalisé avant la pulvérisation pour connaître l'état phytosanitaire initiale des plants de poivron, 8 jours après le traitement nous avons procédé à l'échantillonnage final, il consiste à prélevé 15 feuilles au hasard de chaque lot et de chaque bloc.

Seules les pustules sporulant (blanchâtres) ont été prises en compte

## 3.4. Analyse des données recueillis

### 3.4.1 Etude de la succession et de disponibilité des bioagresseurs inféodés aux cultures de tomate et de concombre conduite sous serre

#### 3.4.1.1 Estimation de l'abondance relative (dominance) des populations faunistiques inféodés aux cultures de tomate et de concombre conduit sous serre en plastique

Dans un milieu bien définis, des espèces vont dominer plus ou moins nettement toutes les autres. Cette dominance se caractérise soit : en nombre d'individus (le cas de notre étude), en biomasse ou en énergie potentielle. Nous avons jugé utile d'étudié l'abondance relative (AR) des espèces existantes pour estimer la dominance des espèces qui caractérise ce milieu en nombre d'individus, souvent la dominance de certaines espèces est déterminée par des facteurs divers d'origine interne ou externe [89].

$$AR = \frac{\text{nombre d'individus de l'espèce}}{\text{nombre total d'individus}} \times 100$$



### 3.4.1.2 Distribution rangs/fréquence des populations de la diversité faunistique présentes au niveau des cultures de tomate et de concombre

Les abondances des arthropodes ont été exprimées en nombre total d'individus par feuille en plus les pièges jaunes. Chaque semaine, l'abondance de chaque taxon a été rapportée au nombre total d'individus récoltés pour avoir l'abondance relative de ces taxons. L'ordre d'importance des abondances des espèces faunistiques inventoriés dans les 2 serres étudiées ont été analysées à l'aide du modèle de Motomura (1932) [289], basé sur les diagrammes rang des espèces et leur fréquence calculée à partir de la transformation logarithmique des abondances.

#### 3.4.1.3 Analyses de corrélation (PAST vers. 1.37)

Des corrélations ont été recherchées entre les différentes variables et analysées (relation abondance des taxons et leur interférence avec les 2 principaux facteurs climatiques à savoir la température et l'humidité sanitaires) à l'aide du logiciel PAST. La significativité des corrélations a été mesurée par le coefficient  $r$  de Pearson.

#### 3.4.1.4 Analyse factorielle des correspondances (A.F.C) (PAST vers. 1.37)

Dans le cas de variables qualitatives de type présence - absence, ou de type abondance moyenne ou classes d'abondance, nous avons eu recours à une A.F.C. La classification hiérarchique des facteurs lignes ou colonnes se fait en considérant les coordonnées sur les premiers axes de telle sorte qu'au moins 50 % de la variance cumulée soit observée. La distance euclidienne basée sur les mesures de similarité entre variables a été prise en compte avec le logiciel PAST.

### 3.4.2 Etude d'efficacité d'extraits aqueux de plantes spontanée sur la population d'Aphis gossypii sur poivron conduit sous serre plastique

#### 3.4.2.1 Estimation des populations résiduelles

L'évaluation de l'efficacité des extraits aqueux des plantes spontanées sur la population d'Aphis gossypii comparé à un produit phytosanitaire de synthèse a été estimé par la comparaison des abondances exprimées en pourcentages des populations résiduelles (PR) selon le test de Dunnett [210]. Le pourcentage des populations résiduelles des populations d'Aphis gossypii est exprimé par le rapport du nombre des formes vivantes dans les sujets traités sur le nombre des formes vivantes dans le lot témoins exprimé en pourcentage. Les différents pourcentages de Pr obtenus permettent

de déduire la nature de la toxicité des substances contenues dans les plantes spontanées.

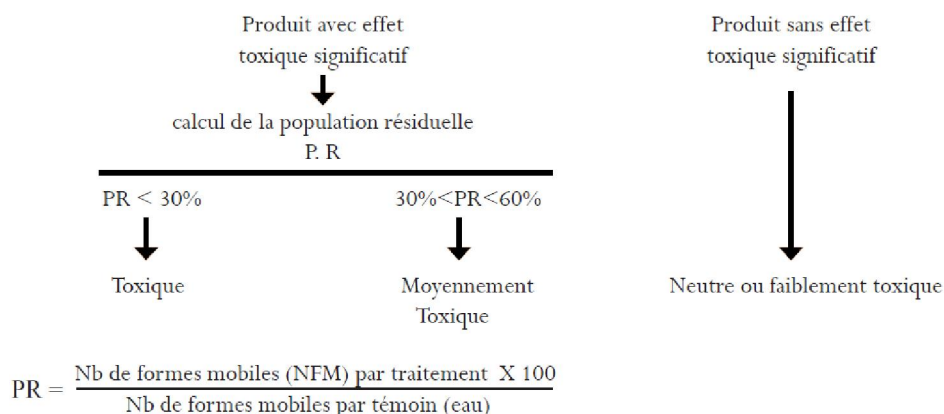


Figure 3.10 ; Schéma indiquant l'évaluation des pourcentages de populations résiduelles ainsi que les effets toxiques après traitement (d'après le test de Dunnett) [82].

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

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (matière active, dose), nous avons eu recours à une analyse de variance (ANOVA pour Analysis Of Variance) qui permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale.

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.).

#### 3.4.2.3 Analyse en composantes principales (PAST vers. 1.37)

Le principe de cette analyse est de représenter un phénomène multidimensionnel par un graphique à deux ou plusieurs dimensions. Ce test permet de résumer la plus grande variabilité temporelle des préparations d'extraits aqueux des espèces *Lavendula stoeckas* et *Oxalis pes-caprea* sur l'abondance des populations d'*Aphis gossypii* sur la culture de poivron pour un nombre plus réduit de variables synthétiques appelées axes factoriels. Ces axes définissent le premier plan factoriel de l'ACP dans lequel sont projetés les différents groupes étudiés.

Dans l'ACP, la nature des préparations ainsi que leurs doses appliquées projetés ont des coordonnées comprises entre  $-1$  et  $+1$  et appartiennent à un cercle des corrélations. L'interprétation de l'ACP se fait à partir de l'examen du cercle des corrélations et de la position de chaque variable sur les axes factoriels [291].

## CHAPITRE 4

### RESULTATS

Nous avons essayé dans ce chapitre de groupé les résultats relatifs à la variation temporelle de la faune inféodée aux 2 spéculations maraichères : la tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) et le concombre (*Cucumis sativus* L.) élevées sous serres, en évaluant sa tendance de disponibilité et la relation trophique interférente ainsi que l'ordre d'arrivé de ces espèces en fonction de leur abondance moyenne. Nous avons évalués aussi la relation existante entre cette faune et le biotope.

En 2<sup>ème</sup> lieu les résultats liés aux essais d'efficacité des extrait aqueux de 2 plantes spontanées (*Lavendula stoeckas* et *Oxalis pes-caprea*) sur le contrôle les populations d'*Aphis gossypii*, comparé avec un produit de synthèse (Méthomyl) ; dont nous avons analysé la toxicité de la dose et demi-dose de ces extraits aqueux sur les populations résiduelles.

#### 4.1 Distribution globale et abondance des taxons rencontrés sur les cultures de tomate et de concombre

Les résultats obtenus montrent une variabilité faunistique quantitatives et qualitatives. En plus, nous avons constaté la présence de spécificité d'hôte de certains ravageurs *Tuta absoluta* et *Liriomyza* sp et les larves défoliatrices (appartenant à une espèce non identifié) sur tomate avec une abondance relative de 32,39 %, 13,37% et 2.08% respectivement. Pour les espèces communes : les pucerons (*Ahis gossypii*) viennent en premier avec une abondance relative de 42,52%, les aleurodes (*Bemisia tabaci*) 41,66 et les acariens 32,55%.

Il faut signaler que la quasi-totalité d'individus de puceron collecté appartiennent à l'espèce d'*Aphis gossypii* cependant, une présence très sporadique des espèces de *Myzus persicae* et *Macrosiphum euphorbiae* sur tomate ont été reporté (dont nous avons jugé utile de n'est pas les prendre en considération).

L'espèce hyménoptère parasite de pucerons se trouvée sur les 2 cultures avec une abondance relative de 24,52%. Les larves de la cécidomyie et de coccinelle sont présentes seulement sur concombre, avec une abondance faible de l'ordre de 9,10% et 1,81% respectivement (Figure n°01)

L'examen des groupes trophiques révèle une nette différence d'effectifs entre les consommateurs primaires et les consommateurs secondaires, en effet, l'abondance des

ravageurs sur tomate prédomine ceux de concombre avec 92,23% et 72,23% respectivement. Cependant les consommateurs secondaires sur concombre sont supérieurs à ceux de la tomate soit 27,66 et 7.77%. (Figure n° : 02)

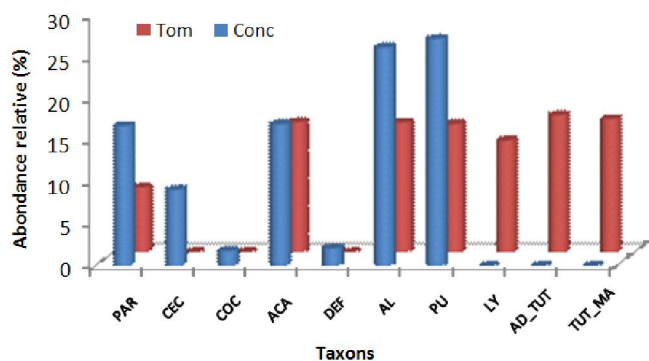


Figure n°4.1: Abondances relatives moyennes des taxons identifiés

(PAR : puceron momifié ; CEC : cécidomyie ; COC : larve coccinelle ; PU : Aphis gossypii ; Ly :mine active Lyriomyza sp ; AD\_tuta : adulte T. absoluta ; TUT\_MA : Mine active T. absoluta ; ACA : Tetranychus urticae ; Tom : tomate ; Conc : concombre) ; Al : larve Bemisia tabaci

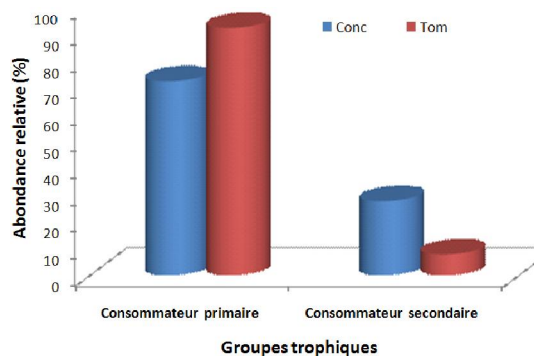


Figure n°4. 2 : Abondance relative des groupes trophiques

(Tom : tomate ; Conc : concombre)

#### 4.2 Tendence de la variation temporelle de l'abondance de la disponibilité faunistique de deux spéculations maraichères sous abris serre

Notre étude été étalé sur 18 semaines de suivi et d'observation, les résultats recueillis sont présentées dans la (figure n° 3). Ils révèlent une variabilité d'abondance très marquée par temps et par culture des populations des bioagresseurs et leur cortège auxiliaire (Figure n° 4). Ce la fait ressortir une biodiversité fonctionnelle relative à cet agrosystème localisé (serre). De même, les 2 cultures présentaient des fluctuations des populations faunistiques périodiques palpables.

Nous avons signalés les premiers foyers des bioagresseurs dès l'apparition du 1<sup>er</sup> bouquet floral de la tomate soit (35 jours de sa transplantation) et le stade début floraison du concombre (28 jours après transplantation). Par défaut de produits phytosanitaires seulement 2 applications de traitement insecticides (Méthomyl) ont été réalisé le 06 mars et le 8 mai 2011.

L'impact des produits de synthèse est nettement observable sur l'abondance des populations faunistiques inféodés au concombre (figure n°: 3 a.) et au tomate (figure n°3 b.), en particulier sur *Aphis gossypii* et *Bemisia tabaci* et le défoliateur (espèce non identifiée). Cependant, l'abondance des 2 populations de ravageurs avaient une tendance de se rattrapé rapidement et arrivaient à des niveaux supérieurs dans peu de temps (espace de moins de 15 jours) en particulier sur la culture de tomate (figure n°:3 b'). L'abondance moyenne des populations de *Bemisia tabaci* ce décline rapidement vers la 1<sup>ère</sup> semaine du mois de juin sur la culture de tomate contrairement à la culture du concombre où elle continuait à augmentée. L'abondance des larves de la mouche mineuse de la tomate (*Lyriomyza* sp) semble être constante dans le temps et augmente progressivement à partir de mi-mai jusqu'à la fin juin.

Concernant, la culture de concombre les populations des bioagresseurs ainsi que le cortège auxiliaire qui les accompagne se montraient régresser après une évolution sensible du mi- février jusqu'a la 1<sup>ère</sup> semaine du mois d'avril, l'abondance de ces populations se met par la suite en recrudescence dès le mois de mai (figure n° :3 a').

A l'exception de l'abondance d'auxiliaire hyménoptère parasite d'*Aphis gossypii* qui été assez importante du mi-février au 1<sup>ère</sup> semaine du mois d'avril, et qui diminuera rapidement dans les 15 jours qui suivent ; la population de cet auxiliaire n'est jamais rétablie après. Concernant L'abondance des autres auxiliaire cécidomyie et larve de coccinelle c'est montrée relativement faible.

Les abondances des populations de *Tuta absoluta* et *Tetranychus urticae* semble ne pas être affecté par ces 2 traitements en raison de la nature de la matière active qui est non cible et poursuivais leur développement d'une manière usuelle. Jusqu'à la fin du cycle des 2 cultures les populations de bioagresseurs continus à provoqués des dégâts assez importante sur la production.

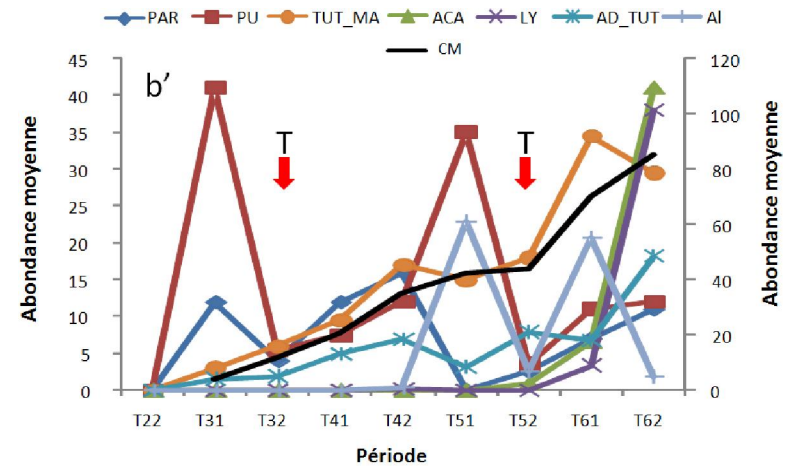
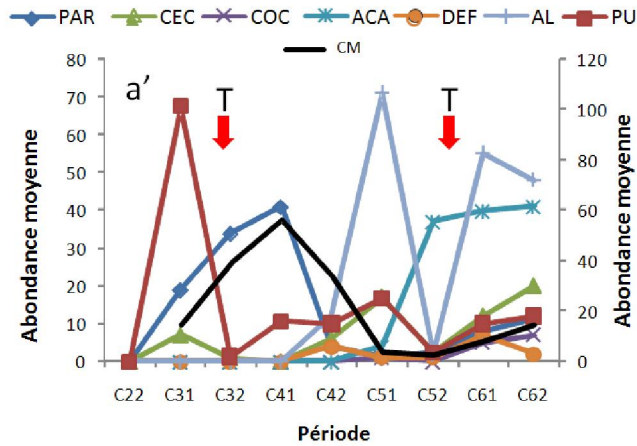
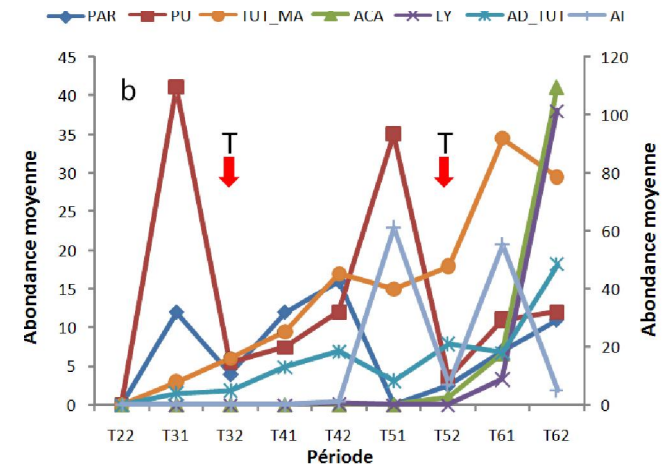
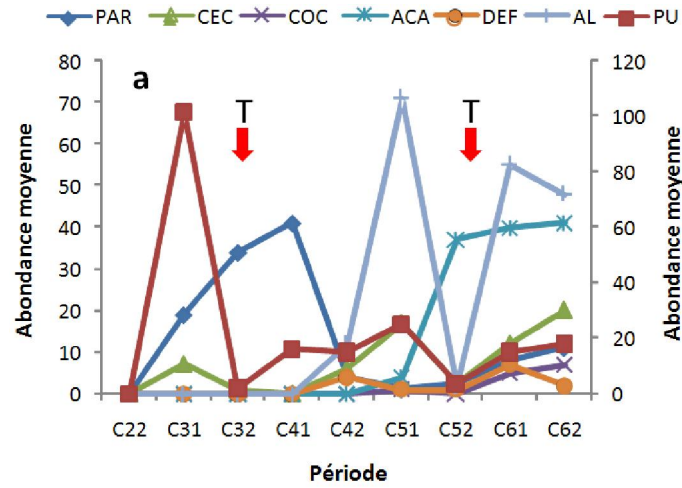


Figure n°4.3 Tendance de la variation temporelle de l'abondance de la disponibilité faunistique de deux spéculations maraichères sous abris serre

a, a' : culture de concombre ; b, b' : culture de tomate (PAR : Puceron momifié ; CEC : Cécidomyie ; COC : Larve coccinelle ; ACA : Tetranychus urticae ; PU : Aphis gossypii ; Ly : mine active Lyriomyza sp ; AD\_tuta : Adulte T. absoluta ; TUT\_MA : Mine active T. absoluta ; AI : larve Bemisia tabaci ; CM : courbe moyenne ; T : Traitement insecticide ; a-a' : Culture de concombre, b-b' : Culture de tomate ; C22-C62, T22-T62 : période 1 et 2 quinzaine du mois C : concombre, T : tomate )





a. Larve de défoliateur + symptômes sur feuille de concombre (espèce non identifiée)



b. Amas d'œufs de défoliateur



c. Adulte d'hyménoptère parasite d'Aphis gossypii (Espèce non identifiée)



d. Larve de coccinelle entrai de divorée un puceron



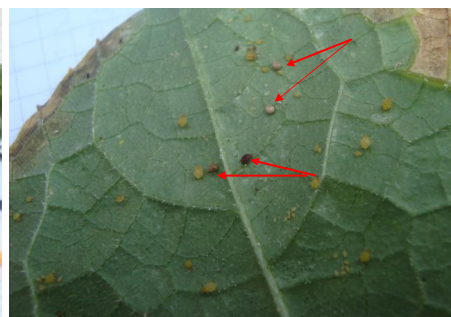
e. Population d'Aphis gossypii sur feuille de concombre



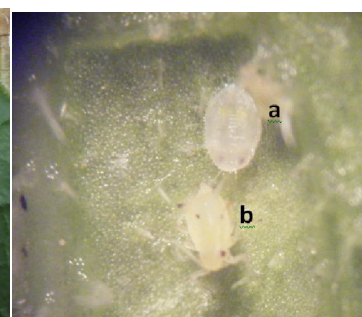
f. Tetranychus urticae sur feuille de concombre



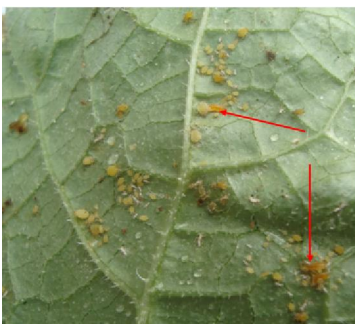
g. Mine active de Tuta absoluta sur feuille de tomate



h. Puceron momifié sur feuille de concombre



i. Larve de Bemisia tabaci + adulte puceron Aphis gossypii



j. Larves de la cécidomié s'attaquant aux pucerons



k. mines de la mouche mineuse Lyriomyza sp sur feuille de tomate



l. Adulte d'aleurode Bemisia tabaci (feuille de tomate)

Figure n°4.4 : variabilité d'espèces de bioagresseurs et d'auxiliaires inféodés aux cultures de tomate et de concombre conduit sous serre

### 4.3 Analyse de la fluctuation temporelle des consommateurs primaires et secondaires de deux spéculations maraichères sous abris serre

L'évolution temporelle de la disponibilité faunistique a été évaluée au cours de dix huit semaines de suivi allant de mi février à la fin du mois de juin (fin de cycle des 2 cultures) sous les conditions naturelle de la serre.

#### 4.3.1 : Concombre

La reconnaissance des assemblages des consommateurs et primaire et secondaires selon le temps de disponibilité sur la culture ont été étudiées par une analyse factorielle de correspondance (AFC). Elle consiste à rechercher la meilleure représentation simultanée des 2 ensembles constituant l'abondance des espèces en lignes et les périodes de prélèvement en colonne de la matrice.

L'AFC est suivi d'une classification hiérarchique ascendante (CAH). Les scores obtenus pour les 3 premiers axes de l'AFC sont utilisés pour calculer les distances euclidiennes entre les espèces et les périodes. Cette méthode de classification est destinée à produire des groupements décrits par un certain nombre de variable ou caractères et d'examiner les différences de composition des échantillons. On obtient une construction de paquets ou assemblage par agglomération successive des objets 2 à 2 qui fournissent une hiérarchie des partition des objets (MARTIKAINEN et al.; 2000).

La projection de populations inféodées à la culture de concombre et les périodes de prélèvement sur le plan factoriel Axe1 et Axe2 de l'AFC nous donne un pourcentage total satisfaisant de l'ordre de 69% de la contribution de la variance aux informations (fig.5).

La CAH effectuée sur la base des distances euclidiennes entre les coordonnées des différentes variables et selon la valeur de mesure de similitude (- 4) a mis en évidence 3 groupes de statut différent (fig.6).

Le groupe 1 comprend 2 espèces *Aphis gossypii* et l'hyménoptère parasite de puceron rencontrés durant la 2<sup>ème</sup> quinzaine de mois de février et tout le mois de mars.

Le group 2 renferme les acariens *Tetranychus urticae* et les larves de coccinelles qui sont présentes exclusivement durant la 1<sup>ère</sup> quinzaine du mois de mai.

Le groupe 3 englobe les espèces *Bemisia tabaci*, larves de cécidomyie et les larves d'une espèce défoliatrice non identifié. Ces espèces sont disponibles durant les mois d'avril mai et juin.



Les D.C.A. obtenues montrent une réaction temporelle variable de la faune. Les prélèvements prouvent que la richesse et la disponibilité spécifique des groupes fonctionnels faunistiques sont appréciables toute au long du cycle de la culture.

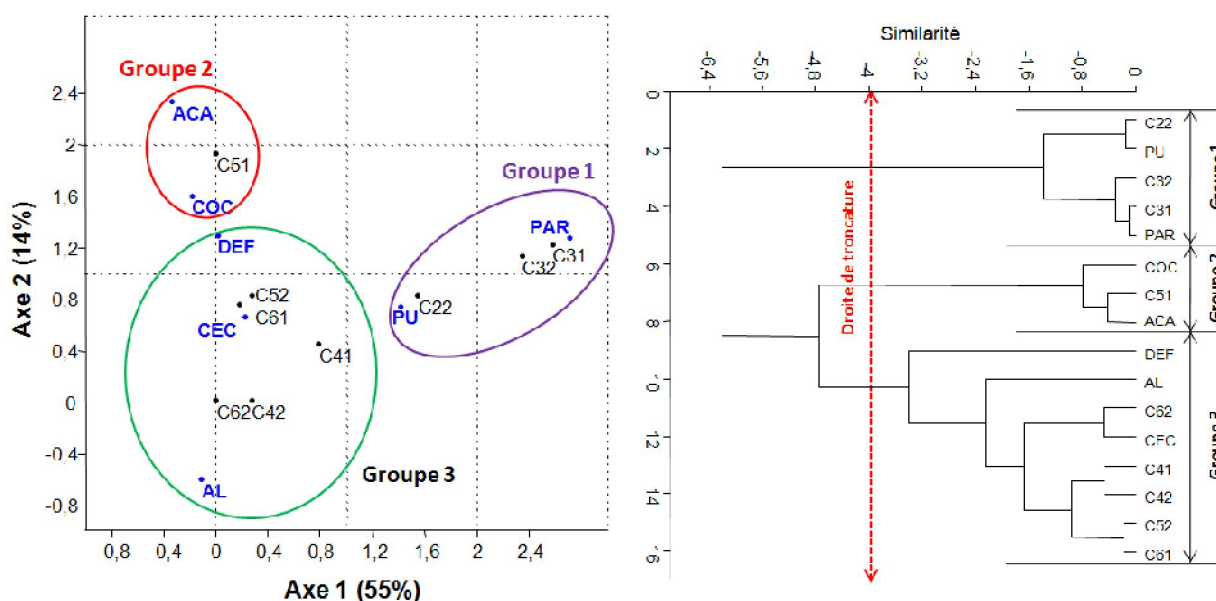


Figure n° 4.5 : Projection des groupes trophiques entomofauniques de concombre sur le plan factoriel F1XF2 de l'AFC

Figure 4.6 : Classification ascendante hiérarchique de la disponibilité temporelle des populations de consommateurs primaires et secondaires sur la culture de concombre

PAR : Puceron momifié ; CEC : Cécidomyie ; COC : Larve coccinelle ; PU : Puceron ; C22-C62, T22-T62: période 1 et 2 quinzaine du mois C : concombre ; ACA : Tetranychus urticae) ; AL : larve Bemisia tabaci

#### 4.3.2 : Tomate

La projection de populations présentes au niveau de la culture de tomate et les périodes de prélèvement sur le plan factoriel Axe1 et Axe2 de l'AFC nous donne un pourcentage total très satisfaisant de l'ordre de 72 % de la contribution de la variance aux informations (fig.7). La CAH effectuée sur la base des distances euclidiennes entre les coordonnées des différentes variables et selon la valeur de mesure de similitude (- 3) a mis en évidence 3 groupes de statut différent (fig.8).

Le group 1 renferme les acariens Tetranychus urticae, adultes de Tuta absoluta et les larves (mines actives) de Lyriomyza sp; qui sont disponibles significativement à la 1<sup>ère</sup> quinzaine du mois du juin.

Le groupe 2 comprend 2 espèces *Aphis gossypii* et *Myzus persicae* et l'hyménoptère parasite de puceron (espèce non identifiée) rencontrés durant la 2<sup>ème</sup> quinzaine de mois de février et celle du mois de juin.

Le groupe 3 englobe les espèces *Bemisia tabaci*, et les larves de *Tuta absoluta*. Ces 2 espèces sont disponibles pendant une longue durée allant de mi-mars à la fin du mois de mai.

Les D.C.A. obtenues sur tomate montrent une variabilité temporelle de la faune. Les prélèvements prouvent à un degré moindre la disponibilité spécifique des groupes fonctionnels faunistiques que celle perçue sur concombre.

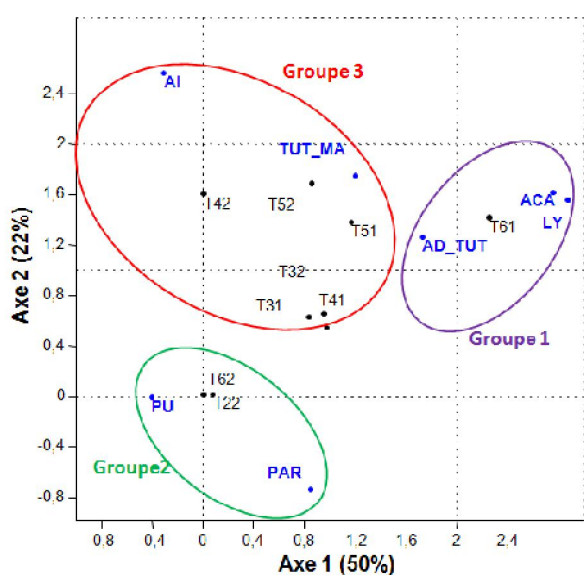


Figure n°4.7: Projection des groupes trophiques entomofauniques de tomate élevée sous serre sur le plan factoriel F1X2 de l'AFC

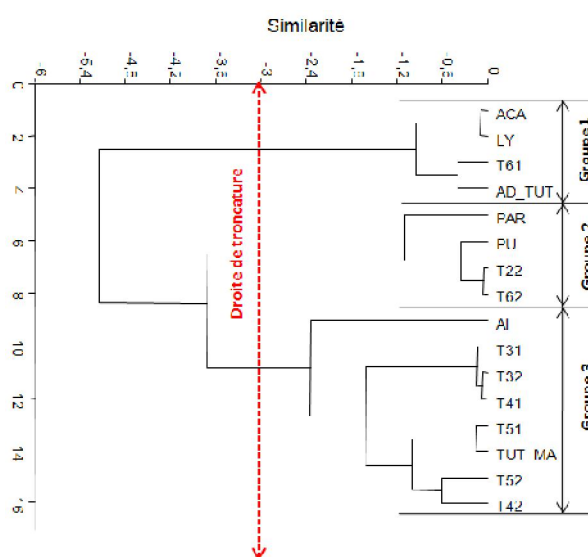


Figure n° 4.8: Classification ascendante hiérarchique de la disponibilité temporelle des populations de consommateurs primaires et secondaires sur la culture de tomate élevée sous serre

PAR : Puceron momifié ; PU : *Aphis gossypii* ; Ly mine active ; Lyriiizee sp ; AD\_tuta : Adulte *T. absoluta* ; TUT\_MA : Mine active *T. absoluta* ; ACA : *Tetranychus urticae* ; T22-T62: période 1 et 2 quinzaine du mois ; T : tomate ; AI : larve *Bemisia tabaci*

### 3.4. Ordre d'arrivée écologique des taxons de deux spéculations maraichères sous abris serre et estimation des perturbations liées aux actions anthropiques

L'évaluation de la diversité faunistique dans le temps estimée par l'ordre d'arrivée des espèces sur les 2 cultures étudiées ont été analysées à l'aide du modèle de Motomura (1932) [289], basé sur les diagrammes rang des espèces et leur fréquence calculée à partir de la transformation logarithmique des abondances. La variabilité temporelle des espèces de la faune disponible sont obtenues par la comparaison des pentes des équations des droites de régression du modèle de Motomura, en utilisant la procédure décrite dans PASTvers 1.81 [290].

L'ajustement de la variabilité temporelle des espèces de ravageurs et celles des auxiliaires au modèle de MOTOMURA présente une différence hautement significative pour la culture de concombre ( $P=3,58 \times 10^{-6}$ ). Cette différence est significative pour la culture de tomate ( $P = 1,55 \times 10^{-3}$ ) (fig. 9 a).

Le diagnostic des diagrammes rang/fréquence montre une richesse spécifique et une installation graduelle des groupes fonctionnels de manière assez contrasté chez le concombre les *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci*, l'hyménoptère parasite des pucerons et acariens et en dernier lieu les larves de défoliateurs et de coccinelle. Ce qui reflète la pression de ces ravageurs potentielle de concombre. Les auxiliaires viennent par la suite et leur potentielle de prédation est plus ou moins marquant. La disponibilité temporelle des espèces de ravageurs et d'auxiliaires se rapproche au modèle naturel (figure n : 9 b).

Contrairement à la tomate où les populations des espèces entomofaunes endémique de la culture sont perturbées sous l'action de milieu. Nous avons remarqué l'importance des populations de *Tuta absoluta* (espèce spécifique de la tomate) qui viennent en premier suivi par les acariens, aleurodes, et pucerons, et en dernier lieu les populations des larves de *Lyriomyza* sp et ceux d'hyménoptère parasite de pucerons montrant une faible action des consommateurs secondaires sur la tomate (Figure n° :9 c).

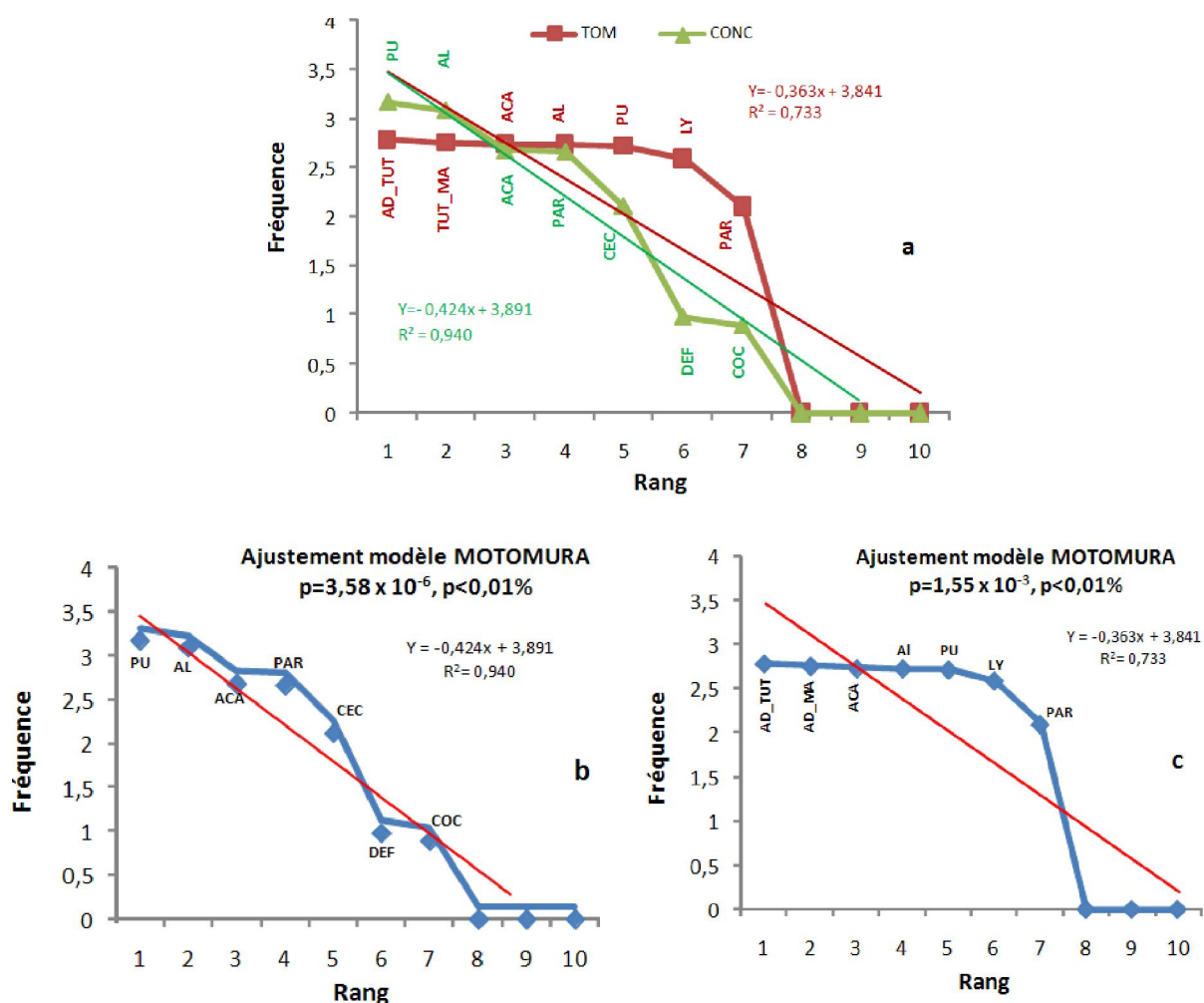


Figure n°4.9: Ajustement des fluctuations des abondances des populations d'espèces faunistique au modèle de Motomura sur 2 cultures maraichère (a : modèle combiné des 2 cultures, b : culture de concombre, c : culture de tomate)

PAR: Puceron momifié; CEC: Cécidomyie; COC: Larve coccinelle; PU: Aphis gossypii; Ly mine active *Lyriomyza* sp; AD\_tuta: Adulte *T. absoluta*; TUT\_MA: Mine active *T. absoluta*; ACA: *Tetranychus urticae*; AI: larve *Bemisia tabaci*

#### 4.5 Étude des interactions entre les abondances taxonomiques de deux spéculations maraichères sous abris serre avec les facteurs abiotiques du milieu

##### 4.5.1 Analyses de corrélation

Des corrélations ont été recherchées entre les différentes variables analysées (relations abondances des taxons et conditions climatiques température moyenne et humidité relative) à l'aide du logiciel PAST. La significativité des corrélations a été

mesurée par le coefficient  $r$  de Pearson. Tous les taxons sont soumis à une analyse de corrélation avec les facteurs climatiques (température moyenne et humidité relative) pour mettre en relation l'effet de ces 2 facteurs climatiques sur l'abondance de la prolifération des espèces faunistiques (bio-agresseurs et auxiliaires) sur les 2 cultures (tableau n° : 01 et 2).

En dessous de la diagonale sont indiqués les coefficients ( $r$ ) de Pearson, au dessus les probabilités associées ( $P$ ) en se référant aux valeurs des probabilités associées inférieures à 0,05.

Les corrélations existantes entre la température moyenne et l'humidité relative avec l'abondance des communautés fauniques dans les 2 serres étudiées sont comme suit:

Sur la culture de concombre, la corrélation de l'abondance des cécidomyie ( $r=0,6874$   $P=0,0407$ ), coccinelles ( $r=0,6991$   $P=0,0361$ ), acariens ( $r=0,8788$   $P=0,0018$ ), aleurode ( $r=0,6818$   $P=0,0431$ ) et larves défoliatrices ( $r=0,5890$   $P=0,0951$ ) est positive avec la température. Cependant une corrélation négative est observée avec l'humidité pour la cécidomyie, coccinelle et acariens ( $r=-0,63322$   $P=0,0672$ ;  $r=-0,64664$   $P=0,0598$ ;  $r=0,0105$   $P=-0,79458$ ) respectivement.

Tableau n°4.1 : Les corrélations entre les espèces disponibles sur concombre (*Cucumis sativa* L) et les facteurs climatique (température moyenne, humidité relative)

	PAR	PU	CEC	COC	ACA	DEF	AL	TM	HR
PAR	█	0,762	0,304	0,650	0,386	0,342	0,267	0,352	0,700
PU	0,1183	█	0,6259	0,8256	0,5590	0,6759	0,8760	0,6198	0,7874
CEC	-0,3866	0,1892	█	0,0151	0,1779	0,2781	0,0012	0,0407	0,0672
COC	-0,1766	-0,0861	0,7707	█	0,0163	0,1192	0,0464	0,0361	0,0598
ACA	-0,3296	-0,2259	0,4926	0,7649	█	0,1365	0,2314	0,0018	0,0105
DEF	-0,3598	-0,1627	0,4061	0,5571	0,5364	█	0,1474	0,0951	0,2131
AL	-0,4146	-0,0610	0,8932	0,6743	0,4438	0,5243	█	0,0431	0,1328
TM	-0,3524	-0,1925	0,6874	0,6991	0,8788	0,5890	0,6818	█	0,0002
HM	0,14994	0,10532	-0,63322	-0,64664	-0,79458	-0,45975	-0,5407	-0,93438	█

PAR : Puceron momifié ; CEC : Cécidomyie ; COC : Larve coccinelle ; PU : Aphis gossypii ; ACA : Tetranychus urticae) DEF :défoliateur ; AL ; Bemisia tabaci ; TM : température moyenne ; HR : humidité relative)

Sur la culture de tomate, les adultes capturés dans le piège à phéromone de *Tuta absoluta* sont corrélés positivement avec la température ( $r=0,7994$   $P=0,0097$ ) et négativement avec l'humidité ( $r=-0,8173$   $P=0,0071$ ). De même, les larves de *Tuta*

absoluta présentes dans les mines sont corrélés négativement avec l'humidité ( $r=-0,8173$   $P=0,0002$ ). Le même constat est observé pour les populations d'acariens ( $r=-0,6607$   $P=0,0527$ ), *Lyriizee* sp ( $r= -0,6199$   $P=0,0749$ ) qui sont corrélés négativement avec l'humidité

Tableau n°4.2 : Les corrélations entre les espèces disponibles sur tomate (*Lycopersicum esculentum* L) et les facteurs climatique (température moyenne, humidité relative)

	PAR	PU	ACA	LY	AD_TUT	TUT_MA	AI	TM	HR
PAR	-	0,69879	0,53471	0,5175	0,3201	0,6111	0,3043	0,6400	0,8574
PU	0,1507	-	0,8420	0,8670	0,6699	0,8095	0,3458	0,9779	0,9120
ACA	0,2396	-0,0780	-	0,0000	0,0013	0,0968	0,9072	0,1000	0,0527
LY	0,2494	-0,0655	0,9973	-	0,0018	0,1357	0,8222	0,1314	0,0749
AD_TUT	0,3750	-0,1658	0,8891	0,8786	-	0,0166	0,9717	0,0097	0,0071
TUT_MA	0,1972	-0,0942	0,5866	0,5374	0,7638	-	0,15243	9,11E-05	0,0002
AI	-0,3864	0,3569	-0,0456	-0,0878	-0,0139	0,51877	-	0,19553	0,1662
TM	0,1816	0,0109	0,5823	0,5424	0,7994	0,94944	0,47573	-	3,63E-05
HM	-0,0703	0,0433	-0,6607	-0,6199	-0,8173	-0,93757	-0,50433	-0,96124	-

PAR : Puceron momifié ; LY : mines actives *Lyriomyza* sp; AD\_TUT : adulte *Tuta absoluta* ; PU : *Aphis gossypii* ; ACA : *Tetranychus urticae*) TUT\_MA : mines actives *Tuta absoluta* ; TM : température moyenne ; HR : humidité relative) ; AI : larve *Bemisia tabaci*

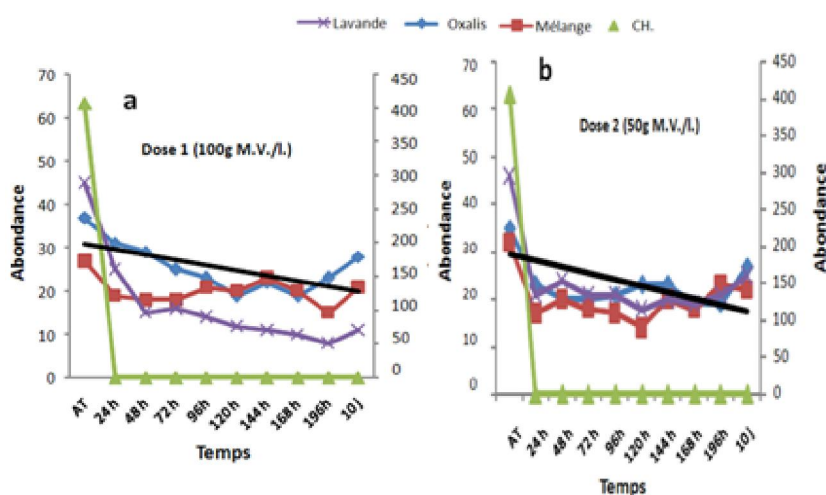
#### 4.6 Variation temporelle des abondances d'*Aphis gossypii* sous l'effet des extraits aqueux de plantes spontanées par comparaison a un produit de synthèse

Dans l'esprit de rechercher de nouvelles substances d'extraits aqueux de plantes a activité insecticide, Les populations d'*Aphis gossypii* sur le poivron (*Capsicum annum* L) sont soumises à des applications de différentes doses des 2 plantes spontanées (*Oxalis pes-caprea* et *Lavandula stoeckas*) comparé à un produit insecticide de synthèse (Méthomyle).

Les résultats obtenus montrent l'effet foudroyant de l'application de produit chimique de synthèse même à la mi-dose le (Méthomyle) apparaît comme un produit hautement toxique. L'application de la dose (100 g de matière végétale/litre d'eau distillée) de la *Lavandula stoeckas* L. montre un effet positif dans le contrôle d'*Aphis gossypii* dont elle garde une pression létale sur les populations de pucerons pendant 48 h une légère augmentation de nombre d'individus après 72 h de la pulvérisation et se décline après. Cette action semble perdre leur efficacité après le 8<sup>ème</sup> jour d'application.

L'action d'extraits aqueux d'Oxalis pes-caprea sur le bioagresseur est constante dans le temps jusqu'au 120h. Après une légère recrudescence, la population d'Aphis gossypii ce décline à nouveau. Le même constat est observé sur le lot pulvérisé par le mélange des 2 espèces végétales. La courbe médiane donne un aperçu général de la tendance abaissante des traitements sur l'activité de puceron (Fig. n°10 a).

Concernant les lots pulvérisé par la demi dose, le produit de synthèse donne un effet de choc non réversible, concernant les applications par la Lavendula stoeckas, Oxalis pes-caprea et le mélange leur action été presque identique, un effet immédiat dans les première 24 heures suivi d'une faible fluctuation descendante dans le temps jusqu'au 120 h. la population d'A.gossypii augmente puis s'incline rapidement après 144 h est remonte à nouveau une journée après soit 168 h après l'application des traitements. La courbe médiane donne un effet d'abaissement pour l'ensemble des traitements (Fig. n°10 b).



Lavande : Lavandula stoeckas ; Oxalis : Oxalis pes-caprea ; Mélange : (Lavandula stoeckas + Oxalis pes-caprea) (Ch : Méthomyl)

Figure n° 4.10 Evolution temporelle de l'efficacité des extraits aqueux de la Lavendula stoeckas L et Oxalis pes-caprea sur l'abondance d'Aphis gossypii sur le poivron (Capsicum annum L) conduit sous serre

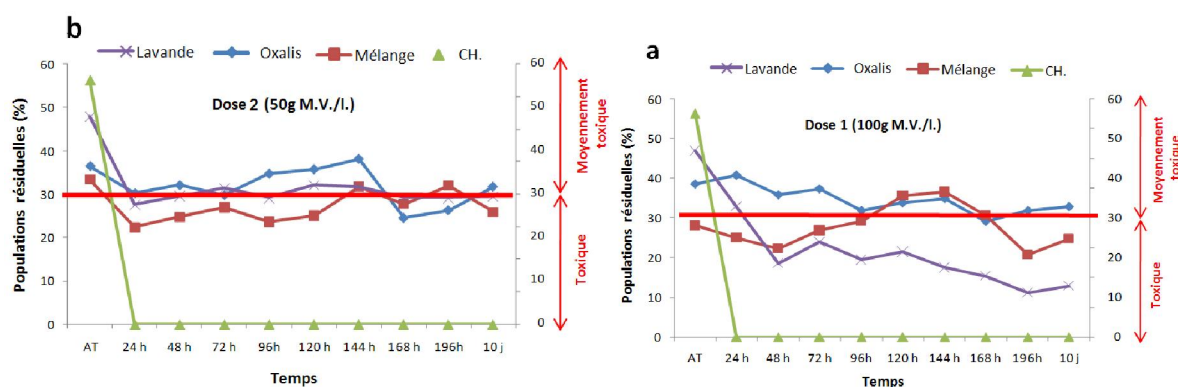
#### 4.7 Variation temporelle des populations résiduelles d'Aphis gossypii sous l'effet des extraits aqueux de plantes spontanées par comparaison a un produit de synthèse

L'évolution temporelle des populations résiduelles montre que le produit de synthèse exprime l'efficacité absolue avec une action éradiquante des population d'A.gossypii .



L'évolution des populations résiduelles de ce bioagresseur sous l'effet dose montre que l'extraits aqueux d'Oxalis pes-caprea est moyennement toxique pendant les 10 jours d'expérimentation. L'extraits aqueux de mélange montre une fluctuation marquée toxique juste après l'application de traitement jusqu'à 96 h, moyennement toxique jusqu'à 168 h et devenant subitement toxique après. Quant à l'extrait aqueux de la lavande, il révèle un effet répressif très marqué par rapport aux autres extraits ; une action rapide au bout de 48 h, qui s'accroît dans le temps jusqu'au 196 h soit une semaine après l'application de traitement (Fig. n° :11 a.)

Concernant effet demi-dose de l'extrait aqueux de l'Oxalis pes-caprea bien qu'il accuse un certain retard dans l'expression de son efficacité, il reste moyennement toxique. Par contre l'extrait aqueux de la lavande agit dès son application, il est toxique dans les premier 24 heures puis il devient moyennement toxique durant les jours qui suivent. Seule les extrait aqueux de mélange qui gardent leur toxicité pendant 6 jours consécutive et devient moyennement toxique après (Fig. n° :11 b.) .



Lavande : *Lavandula stoeckas* ; Oxalis : *Oxalis pes-caprea* ; Mélange : (*Lavandula stoeckas* + *Oxalis pes-caprea*) (Ch : méthomyl)

Figure n°4.11. Variation temporelle des populations résiduelles d'*Aphis gossypii* sous l'effet des extraits aqueux de *Lavandula stoeckas* et *Oxalis pes-caprea* et le produit de synthèse sur le poivron (*Capsicum annum L*) conduit en sous serre.

#### 4.8 Analyse de la tendance de l'activité insecticide des extraits aqueux des plantes spontanées et du produit de synthèse sur les populations résiduelles d'*Aphis gossypii* sur poivron conduit sous abris serre

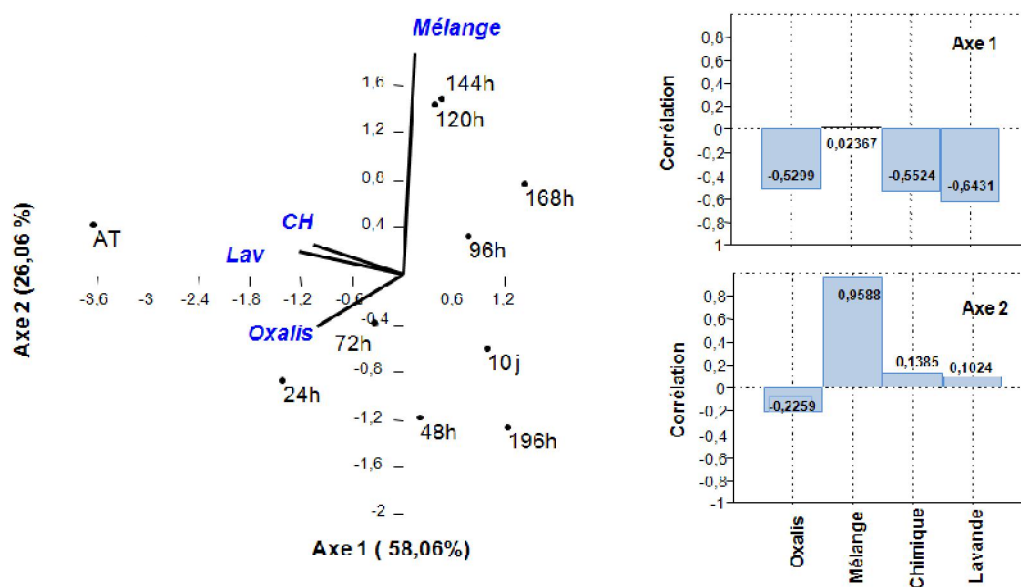
L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST version 1.95 [290], à partir des résultats, montre l'évolution de l'efficacité des certains extraits aqueux à dose complète (100g matière végétale/l). L'analyse est satisfaisante dans la mesure où plus de 83,12% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes. Figure



L'étude des corrélations a été réalisée sur l'axe 1 et 2 du moment qu'ils présentent une forte contribution à l'identification des nuages des valeurs respectives de 58,06 et 26,06). Car il rend compte d'un maximum d'information sur les corrélations existantes entre la distribution de la population résiduelle d'*Aphis gossypii* et les extraits aqueux en fonction du temps.

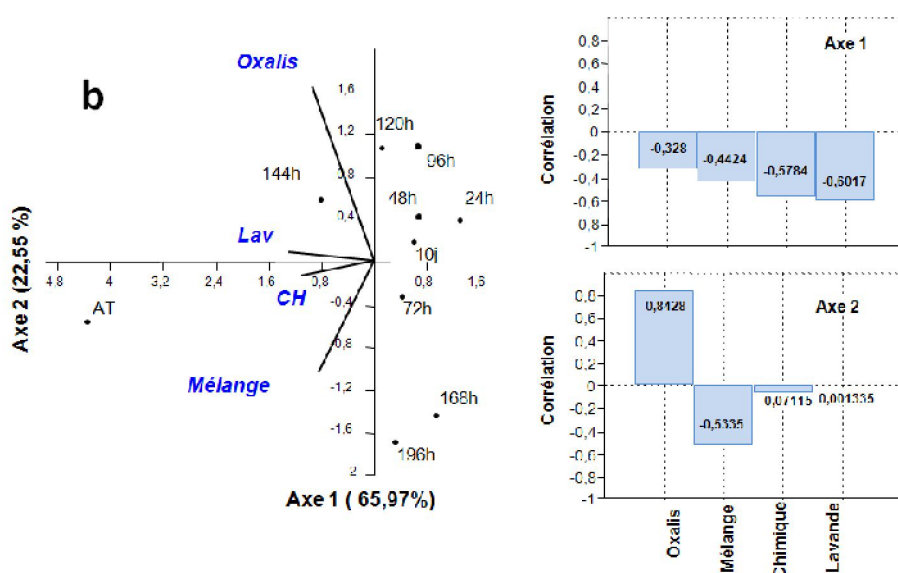
L'effet de la dose des extraits aqueux comparé avec le produit insecticide de synthèse sur la population résiduelle d'*A. gossypii* caractérisé par la projection des vecteurs à travers l'axe 1 (58,06% de la variance totale), révèle que la lavande est corrélée positivement avec le traitement chimique et l'*Oxalis pes-caprea*. La projection sur l'axe 2 (26,06%) montre une corrélation positive pour le mélange (Fig.13).

Concernant l'effet demi-dose des extraits aqueux comparé avec le produit insecticide de synthèse sur le contrôle de la population résiduelle d'*Aphis gossypii*. La projection sur l'axe 1 (65,97%) montre une corrélation positive entre la lavande et le produit chimique (Méthomyl). La projection sur l'axe 2 (22, 55%) révèle une corrélation négative des extraits aqueux de mélange et d'*Oxalis pes-caprea* (Fig.14).



Lavande : *Lavandula stoeckas* ; Oxalis : *Oxalis pes-caprea* ; Mélange : (*Lavandula stoeckas* + *Oxalis pes-caprea*) (Ch : Méthomyl)

Figure n°4.12 : Projections des variables de l'application de la dose des extraits aqueux de *Lavandula stoeckas* L et *Oxalis pes-caprea* sur la population résiduelle d'*Aphis gossypii* au niveau la culture de poivron conduit en sous serre sur le plan d'ordination F1XF2 de l'ACP,



Lavande : *Lavandula stoeckas* ; Oxalis : *Oxalis pes-caprea* ; Mélange : (*Lavandula stoeckas* + *Oxalis pes-caprea*) (Ch : Méthomyl)

Figure n°4.13 : Projections des variables de l'application de la demi-dose des extraits aqueux de *Lavandula stoeckas* L et *Oxalis pes-caprea* sur la population résiduelle d'*Aphis gossypii* au niveau de la culture de poivron conduit en sous serre sur le plan d'ordination F1XF2 de l'ACP

#### 4.9 Effet de la température et d'humidité sur l'abondance des ennemis naturels des cultures de tomate et de concombre conduit sous serre

Les facteurs abiotiques jouent un rôle déterminant dans la distribution spatiale et temporelle des insectes dans un bioceonose particulier qui est la serre plastique.

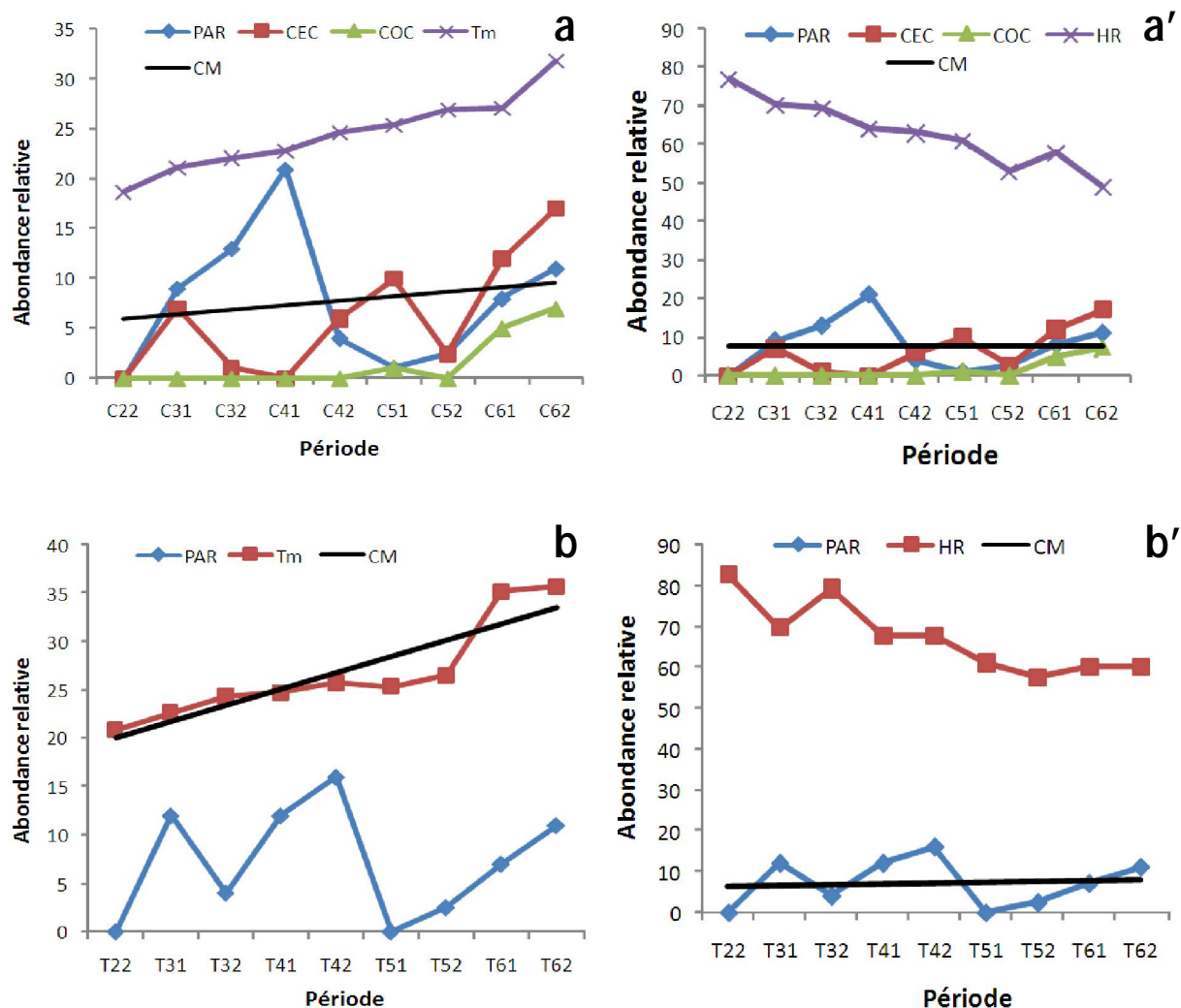


Figure n° 4.14 : effet de la température et d'humidité sur l'abondance des ennemis naturels inféodé à la culture de concombre (a, a') et de tomate (b, b') conduit sous serre.

PAR : *Aphidius* sp, Tm : température moyenne, HR : humidité relative, CM, courbe moyenne, T22-T62 : période par quinze (Tomate) C22-C62 : période par quinze (Concombre)

D'après la figure ci-dessus nous constatons pour les 2 cultures une certaine dépendance relative de l'augmentation de l'abondance des populations d'antagonistes avec le facteur température ( tendance ascendante de la courbe médiane) (b, b') ; en d'autre terme il existe une corrélation positive possible entre le développement des insectes antagoniste et la température.

Par contre, il semble que l'humidité n'a pas de dépendance avec l'activité des insectes consommateurs secondaires pour les 2 cultures examinées (a , a').

#### 4.10 Etude comparée de l'activité insecticide des extraits aqueux des plantes spontanées et du produit de synthèse sur les populations résiduelles d'Aphis gossypii sur poivron sous abris serre

Nous avons analysé l'effet des extraits aqueux de 2 plantes spontanées vis-à-vis le contrôle des populations résiduelle d'Aphis gossypii sur le poivron ( Capsicum annum L) comparé à un insecticide de contact (Méthomyl), en appliquant l'analyse de la variance par « generalized linear model » (G.L.M. ou modèle linéaire généralisé), selon la Loi de Poisson.

Ce test nous a permis de distinguer les différences qui peuvent exister entre la nature chimique des composés de Lavendula stoeckas et Oxalis pes-caprea d'une part et la quantité de matière biologique appliquée sur les populations d'Aphis gossypii exprimée en dose et demi-dose d'autre part comparé à un produit de synthèse (Méthomyl, carbamate).

Tableau n°4.3 : Effet des extraits aqueux comparés au produit de synthèse sur l'abondance des populations d'Aphis gossypii sur le poivron conduit sous serre ( GLM avec erreur de poisson,  $P < 0.05$ )

Source	Somme des carrés moyenne	ddl	Carrés moyennes	F-ration	P	
Temps	31109.319	9	3456.591	5.070	0.000	***
Traitement	129.067	2	64.533	2.950	0.010	*
Doses	912.642	3	304.214	1.1446	0.020	*
Erreur	98174.453	144	681.767			

Le temps alloué à la réalisation de cette étude est convenable correspondant au délai homologué aux produits insecticides de synthèse agissant par contact. L'application des extraits aqueux à provoquée un effet hautement significatif sur l'abondance d'Aphis gossypii par apport à l'avant traitement (figure n° 4.15 a).

L'étude comparative des divers traitements appliqués révèle une efficacité positive dans l'ensemble. Toutefois, la lavande est la plus performante avec un effet positif marquant se rapprochant à l'efficacité du traitement chimique. Les lots traités avec le mélange sont aussi significativement positives. Les préparations en Oxalis ont données une signification éphémère (figure n°4.15 b).

Concernant le facteur dose un fort abaissement de l'abondance des populations résiduelle d'*Aphis gossypii* avec un effet significatif est enregistré avec la dose homologuée du produit chimique. L'effet dose aussi est avéré significatif quant à la demi dose elle est peu significatif et se montre moins efficace surtout pour l'Oxalis. (figure n°4.15 c).

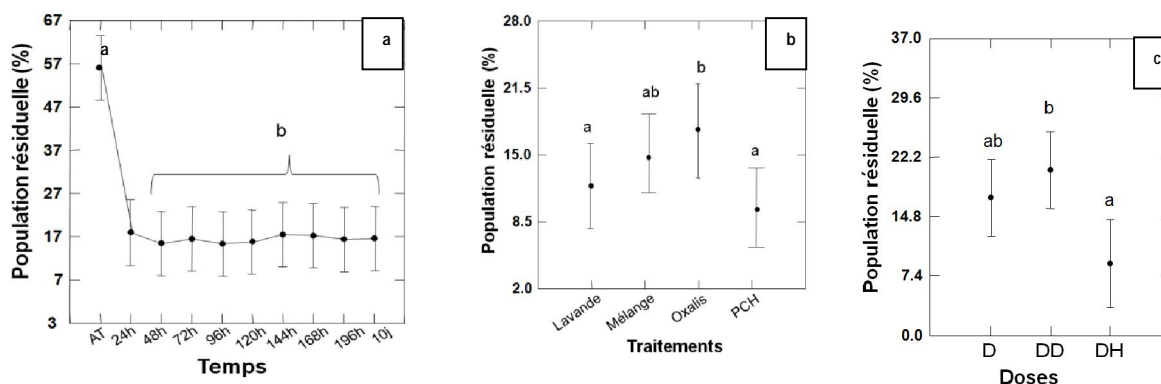


Figure n°4.15 : Effet des extraits aqueux de 2 plantes spontanées (*Lavendula stoechas* et *Oxalis pes-caprea*) sur la population résiduelle d'*Aphis gossypii* sur poivron conduit en sous serre par apport au temps de prise d'effet (a), type de traitement (b) et doses administrées (c).

#### 4.11. Evaluation temporelle de l'activité antibiotique de *Bacillus subtilis* vis-à-vis de la maladie d'oïdium (*Erysiphe cichoracearum*) sur poivron dans conduit en serre plastique.

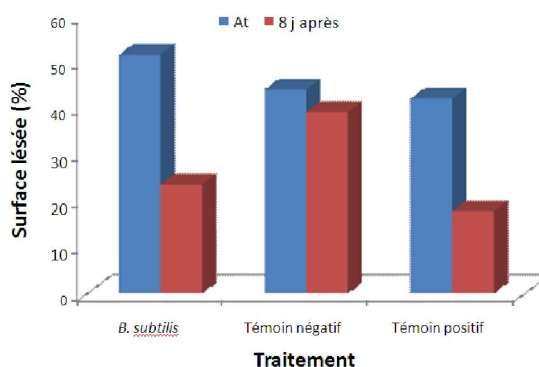


Figure n° 4.16 : Evaluation temporelle de *Bacillus subtilis* vis-à-vis de l'oïdium (*Erysiphe cichoracearum*) sur de poivron conduit sous plastique.

D'après la figure ci-dessus, nous remarquons qu'avant traitement l'oïdium était largement répandu à travers le feuillage de poivron (*Capsicum annum* L) au niveau de différents blocs étudiés. Une semaine après une régression nette de la maladie est constatée pour les blocs traités avec la solution bactérienne de *Bacillus subtilis* et également le même constat est observé aux blocs traités avec le produit chimique de synthèse (Propineb). Quant au témoin une légère différence est signalée.

## CHAPITRE 5

### DISCUSSION

#### 5.1 L'abondance et la disponibilité faunistique sur la tomate et le concombre conduit sous serre

D'une manière générale, tout écosystème non perturbé par l'homme, tend vers un équilibre climacique caractérisé par le maintien de toutes les espèces qui les composent autour d'un profil d'équilibre dynamique.

Dans le cas particulier des agrosystèmes, le plus souvent, seul le premier maillon de la chaîne des consommateurs, qui se nourrissent directement des plantes cultivées, parvient à se développer complètement. Le maillon des consommateurs de second ordre et a fortiori des ordres supérieurs, constitués de parasites, prédateurs et pathogènes n'a souvent qu'une incidence relative qu'il convient cependant de préserver et même valoriser, compte tenu de son intérêt pour l'agriculture [160].

Les cultures sous abri offrent la possibilité d'une production de légumes de haute valeur ajoutée en jouant sur la précocité. Elles permettent d'étaler les récoltes de fruits et légumes tout le long de l'année. Néanmoins ces cultures sont sujettes à de nombreux bioagresseurs qui infligent de fortes pertes de rendements en quantité et en qualité.

Dans les conditions naturelles de la serre, ces bioagresseurs font souvent face simultanément à plusieurs facteurs de stress biotiques impliquant les ressources alimentaires (stress indirect exercé via la plante hôte), ou des antagonistes naturels (prédateurs, parasites, pathogènes), soit des facteurs abiotiques tels l'exposition au rayonnement solaire intense, ou à des variations importantes de la température. Ces facteurs peuvent ultimement déterminer la distribution et l'abondance des espèces.

D'autre part, si l'insecte n'est pas capable de contourner la condition de stress, sa croissance, son développement, sa fécondité et sa survie peuvent être affectés négativement. Si le stress devient extrême et persiste, la mortalité est inévitable.

Selon leur capacité propre, certains arthropodes sont tolérants ou résistants aux stress alors que d'autres ne le sont pas. Si l'adaptation comportementale n'a pas lieu, la synthèse de nouvelles molécules et d'autres processus métaboliques de tolérance au stress peuvent se manifester, ces réactions visant à maintenir leur homéostasie.

D'une manière générale, les performances des phytophages concordent avec leurs préférences. Ces résultats sont concordants avec l'hypothèse de « préférence – performance » développée par Gripenberg [70] qui prédit que le choix de ponte sur une plante par des femelles phytophages devrait favoriser les performances de ses descendants sur cette même plante.

La culture du concombre et du tomate sont soumises à la pression de nombreux ravageurs, en particulier les pucerons dont la présence est particulièrement complexe à gérer en production biologique [106]. Ce qui concorde avec nos résultats, où l'abondance du ravageur généraliste d'*A.gossypi* été la plus remarquable (1<sup>ère</sup> en ordre d'arrivée).

Les Tetranychidae, sont apparus dans de nombreuses cultures, comme des ravageurs de première importance avec l'utilisation intensive de la lutte chimique. [70]. Ainsi, *Tetranychus urticae* Koch, l'acarion jaune commun a rapidement développé des résistances aux produits phytosanitaires classiques (van Leeuwen et al., 2008), devenant ainsi un ravageur de premier plan dans de nombreuses cultures, dont la tomate, notamment en serres [70], [205].

La plus part des espèces d'insectes causant des dommages sur le développement des plantes sous serre et sous abris sont natives des régions tropicales et subtropicales, qui ne tolère pas le froid, ainsi que les températures prolongée au dessous de 10°C [118].

Le cas de l'espèce non indigènes *Tuta absoluta* qui c'est accidentellement ou intentionnellement introduites probablement par les échanges commerciaux dans nos régions, où elle a trouvée les conditions climatiques souhaitables, l'habitat convenable et la nourriture abondante. C'est l'espèce de ravageur (toutes les stades confondus) la plus abondante, elle vient en premier rang dans l'ordre d'arrivée.

L' espèce *B.tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae) est l'un des espèces d'aleurodes les plus fréquentes principalement sur tomate et cucurbitacées. C'est un ravageur de première importance, notamment suite aux viroses qu'il peut transmis [43]. La transmission des pathogènes vectés se déroule en 3 étapes : l'acquisition à partir d'un hôte infecté, la rétention au sein du vecteur et l'inoculation à un nouvel hôte [87].

A travers notre étude, nous n'avons pas constaté des maladies virales, mais il est de l'importance de signalé l'ampleur de la présence de *B.tabaci* sous serre caractérisé par une abondance élevée sur le concombre, dont il occupais la 2<sup>ème</sup> position en ordre

d'arrivé après *A.gossypii* et la 4<sup>ème</sup> position sur tomate après le ravageur spécifique *T.absoluta* et *Tetranychus urticae* Koch.

La mineuse de la tomate loryizeea est une espèce spécifique à la tomate mais son impacte sur la culture été moindre.

Quant à l'abondance des populations des larves de phytophage (espèce non identifiée) recueillis sur concombre numériquement été le moins important parmi les bioagresseurs répertoriées.

### 5.1.1 La régulation des populations phytophages dans le milieu naturel

La régulation des populations de phytophages est vue comme le résultat de l'effet « Top Down », ou de l'effet « Bottom Up » (figure n° : 1).

L'effet « Top Down » suppose une régulation des populations de phytophages par les niveaux trophiques supérieurs. En effet, les ennemis naturels par la pression de prédation ou de parasitisme qu'ils exercent peuvent réguler les populations de phytophages [81].

Au contraire, l'effet « Bottom up » suppose une régulation des populations de phytophages par les plantes. Les plantes en étant les producteurs primaires, constituent la base des réseaux trophiques, et leurs caractéristiques morphologiques, physiologiques, nutritives, physiques, architecturales ou chimiques peuvent limiter le développement des populations de phytophages [119]

L'effet « Top Down » a longtemps été supposé plus important que l'effet « Bottom Up » [27] la croissance des populations de phytophages étant supposée limitée par l'action des prédateurs (« Top Down ») et non par la disponibilité de la ressource en plantes (« Bottom up »). Néanmoins, de plus en plus d'études montrent que les populations de phytophages pourraient être fortement dépendantes des plantes hôtes et que ces effets « Bottom Up » influenceraient à la fois les phytophages et les ennemis naturels.



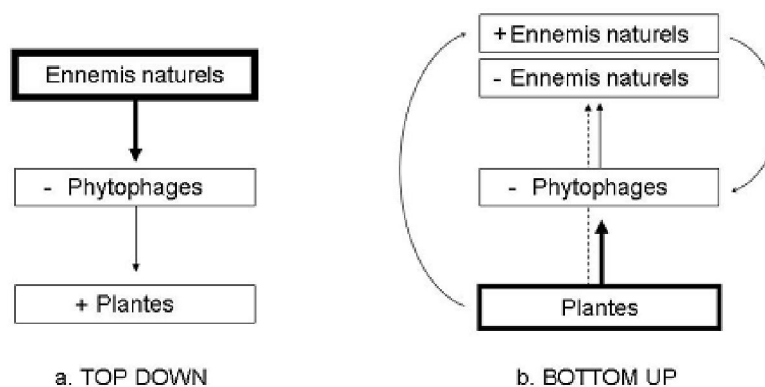


Figure n° 5.1: Schéma présentant les deux hypothèses qui expliquent la régulation des populations de phytophages se fait soit par les ennemis naturels (effet « Top Down »), soit par les plantes (effet « Bottom up »). Les interactions directes sont représentées en traits pleins tandis que les interactions indirectes sont représentées en pointillés. Les plantes peuvent agir de manière indirecte (via les phytophages) sur les performances des ennemis naturels, et de manière directe sur leurs performances et leurs préférences [27].

### 5.1.2 Evaluation des niveaux trophiques sur les 2 cultures (tomate et concombre) conduites sous serre

Différentes espèces d'antagonistes des bioagresseurs des 2 cultures étudiées (tomate et concombre) ont été inventoriées. Par ordre d'abondance les parasitoïdes arrive les premiers suivi par les prédateurs en particulier sur le concombre.

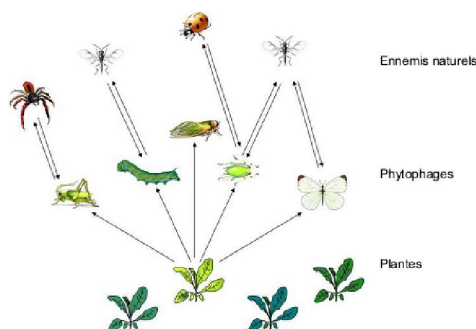


Figure 5.2: Schéma représentant la diversité des interactions entre plantes, phytophages et ennemis naturels [27].

#### 5.1.2.1 Effets des parasitoïdes sur la régulation des bioagresseurs au niveau de la serre

La majorité des parasitoïdes ont pour hôte des insectes phytophages. Ils se situent donc au 3<sup>ème</sup> niveau d'une chaîne trophique plante/ phytophage/ parasitoïde. Ces systèmes tritrophiques sont parmi les plus complexes, et les taxa qui les composent représentent une partie importante de la biodiversité aussi bien dans les écosystèmes naturels que dans les agroécosystèmes. En effet, les organismes impliqués dans ces systèmes

tritrophiques représentent à eux seuls plus de la moitié de toutes les espèces connues [156], [74] (figure n° 5.2).

L'intégration d'espèces d'un 3<sup>ème</sup> niveau trophique, notamment les parasitoïdes, permettrait l'établissement de meilleures projections de la dynamique d'une population de ravageurs et par le fait même des dommages potentiels causés aux cultures.

La plupart des parasitoïdes appartiennent essentiellement à l'ordre des Hyménoptères. On estime qu'environ 10% des Insectes sont des Hyménoptères parasitoïdes [39].

D'après nos résultats l'hyménoptère *Aphidius* Sp (Braconidae : Aphidiinae) est un parasite protélien d'*Aphis gossypii* observé exclusivement sur le concombre en raison du haut potentiel biotique des pucerons sur cette espèce végétale.

La famille des Braconidae comprend 52 genres et 400 espèces, toutes spécialisées dans le parasitisme des pucerons [80]. Les Aphidiinae sont des endoparasitoïdes, koïnobiontes et solitaires. Plusieurs espèces d'Aphidiinae sont actuellement employées comme agents de lutte biologique contre des pucerons [42].

Le succès du parasitisme dépend d'une part de la capacité des femelles parasitoïdes à localiser leurs hôtes, et d'autre part de la capacité des larves de parasitoïdes à éviter la réponse immunitaire des hôtes [83].

La plupart des parasitoïdes ont le pouvoir d'utiliser plusieurs types d'indices (olfactifs, visuels et tactiles) afin d'évaluer leur environnement et ainsi prendre les décisions optimales [195]. Plusieurs auteurs ont travaillé sur l'influence des substances chimiques volatiles telles que les kairomones, les phéromones, les allomones, sur le comportement des parasitoïdes [130], [213]. L'indicateur de la qualité chez les parasitoïdes est la taille, car il a été démontré que la taille influence un grand nombre de traits de vie [74], [201]. Une grande taille pourrait influencer positivement la fitness des femelles en affectant leur capacité de recherche d'hôtes (Visser 1994), leur longévité, et leur fécondité [162], [50].

De la même façon, une grande taille pourrait influencer positivement la fitness des mâles en déterminant leur longévité, l'issue de la compétition avec d'autres mâles, leur mobilité et leur capacité à localiser des femelles [167], ainsi que leur capacité d'accouplement [174].

L'équilibre hôte-parasitoïde peut être perturbé par une altération de la synchronisation entre l'hôte et le parasitoïde, par une divergence de leurs températures de

développement ou modification de la répartition géographique de l'une ou l'autre des espèces.

#### 5.1.2.2 Influence des prédateurs sur la performance du réseau trophique

Les prédateurs entomophages rencontrés à travers notre étude sont essentiellement les coléoptères *Coccinella* sp (*Coccinellides*) et les diptères. Selon Ipert (1984), à peine 2% des coccinelles sont phytophages, toutes les autres regroupées au sein des *Coccinellinae* sont aphidophages (65%) coccidiphages (10%), aleurodiphages (1%). en régions tempérées ces insectes printaniers effectuent leur cycle de développement en 4 à 5 semaines [160]

Les cécidomyies *L'Aphidoletes* sp sont en fait plus connus en tant que nuisibles des cultures qu'en tant qu'auxiliaires. Quelques uns pourtant mènent une vie de prédateurs des pucerons, des psylles ou d'acariens rouges. La femelle du minuscule (*Aphidoletes aphidimyza* (1-2 mm). pond environ 60 œufs au milieu d'une colonie de pucerons. La prolificité des femelles dépend directement de la qualité et de la quantité de leur nourriture au stade larvaire [160].

Dans l'ensemble, nos résultats démontrent que peu importe le type de stress (application des traitements insecticides –Méthomyl-, température et humidité fluctuantes, itinéraire technique des cultures...), la performance des pucerons ainsi que l'ensemble des espèces phytophages rencontrés sur les cultures de tomate, et de concombre est affectée d'une manière ou d'une autre, avec un impact sur divers indices de fitness. (Croissance, Reproduction, Survie).

La fitness des prédateurs et des parasitoïdes se décline lorsque la qualité de l'hôte herbivore diminue [200]. Les effets de la qualité de l'hôte sur la fitness de prédateur ont été observés sur plusieurs groupes y compris les acariens [185], [94 ] et les coléoptères prédateurs [127].

#### 5.1.3 La relation intra-guilde au niveau de l'agrobioceonose étudiée (cultures de tomate et de concombre conduites sous serre plastique)

Les espèces d'ennemis naturels inventoriées à travers cette étude se retrouvent au sein d'une guilda aphidiphage liée à la culture de tomate et concombre, dans un milieu fermé (sous serre plastique)..

Les pucerons, par leur distribution contagieuse et le fait qu'ils se regroupent en très grand nombre, attirent une grande gamme de prédateurs naturels qui contribuent au contrôle des populations [61]. Plusieurs de ces prédateurs sont généralistes et peuvent également s'attaquer à des compétiteurs comme la cécidomyie du puceron (*A. sp*) on parle de la prédation intraguilde (IGP) [126].

Le succès de prédation de ces insectes dépendra de certains facteurs liés aux espèces prédatrices, comme la voracité (nombre de proies consommable par un prédateur), l'efficacité de recherche, la taille de l'insecte, les stades de développement impliqués, la mobilité, la spécificité alimentaire, et les moyens d'attaque et de défense [125]. Ces différentes caractéristiques relatives aux prédateurs vont influencer la direction de l'IGP entre les deux compétiteurs, c'est-à-dire, déterminer qui est la proie intraguilde et qui est le prédateur [125]

De plus, au niveau du groupe, la réponse numérique des prédateurs (augmentation du nombre de prédateurs en fonction du nombre de proies) et la réponse fonctionnelle (relation entre le nombre de proies consommées et le nombre de proies présentes) détermineront également les impacts des prédateurs sur les proies intraguilides et extraguilides.

Cette interaction, commune dans la majorité des écosystèmes [13], a suscité depuis une vingtaine d'années un intérêt grandissant chez les scientifiques car elle peut influencer la structure et la stabilité des communautés naturelles et, d'un point de vue appliqué, l'efficacité du contrôle biologique des ravageurs agricoles et forestiers et la survie des espèces menacées [182].

#### 5.1.4 Influences de la plantes hôtes sur la performance du réseau trophique

Lors d'une attaque de pathogènes ou de phytophages, les plantes peuvent mettre en jeu plusieurs types de défenses. Elles peuvent se défendre physiquement par des épines et des trichomes et/ou chimiquement par des composés secondaires. Ces défenses sont dites constitutives lorsqu'elles sont présentes dans la plante, ou induites si elles sont produites suite à l'attaque d'un phytophage ou d'un pathogène [154], [03]

Toutefois, dans le cas des défenses chimiques, elles semblent plus efficaces contre les phytophages généralistes que contre les phytophages spécialistes : les spécialistes peuvent avoir développé des mécanismes d'adaptation leur permettant de contourner les défenses des plantes et exploiter les ressources fournies par celles-ci.

Les plantes peuvent également avoir un impact direct ou indirect sur les populations de phytophages par l'intermédiaire des ennemis naturels. Par exemple, l'absence d'azote dans la plante, diminue les performances des phytophages, qui va indirectement diminuer les performances des ennemis naturels [203]. Les métabolites secondaires impliqués dans le système de défense chimique de certaines espèces cultivées comme les alcaloïdes ou les glycosides peuvent réduire les performances des phytophages [117], [21].

Néanmoins, ces métabolites peuvent être détournés par les phytophages spécialistes pour lutter contre leurs propres ennemis naturels. Par exemple, les performances du phytophage *Tetranychus urticae* ne sont pas affectées par les alcaloïdes contenus dans *Cucumis sativus* L, mais ces alcaloïdes réduisent la fécondité du prédateur *Phytoseiulus persimilis* [04]. Cependant, la plupart des exemples de détournement des défenses des plantes montrent un impact de la détoxification des défenses par des phytophages spécialistes broyeurs sur les performances de parasitoïdes [52].

Les défenses des plantes peuvent également attirer les ennemis naturels en émettant des composés volatiles. Les ennemis naturels sont capables de reconnaître de manière spécifique les composés émis par les plantes attaquées par leurs phytophages hôtes [02]. Les caractéristiques saines ou infestées des plantes pourraient donc avoir un impact sur la croissance des populations de phytophages

Il a été également observé que des plantes voisines attaquées peuvent attirer les ennemis naturels des phytophages présents sur une plante cible, lui procurant ainsi une protection contre ses agresseurs (hypothèse de résistance par association via les ennemis naturels [180].

Les composés toxiques des plantes peuvent affecter le comportement et le développement des phytophages et donc potentiellement limiter les échanges entre plantes hôtes et conduire à une structuration génétique des populations de phytophages par plantes hôtes [187], [59] Toutefois, le rôle des défenses dans la structuration des populations d'ennemis naturels n'a pas été clairement mis en évidence à ce jour [187].

Les caractéristiques individuelles des plantes ainsi que l'environnement proche de ces plantes peuvent affecter le comportement des phytophages. Ainsi, la régulation des populations de phytophages (effet « Bottom Up ») peut également être due à des modifications du comportement de choix de la plante hôte [154], [178].

De plus, les plantes poussent rarement isolées et l'environnement proche d'une plante peut également influencer le choix d'une plante hôte par des phytophages. Ainsi, la colonisation d'une plante cible par des phytophages spécialistes et généralistes pourrait être influencée par la présence de plantes voisines attractives ou répulsives.

Des études ont montré que les plantes voisines, par l'intermédiaire de leurs composés chimiques toxiques ou de leurs caractéristiques physiques (grande taille ou présence d'épines) pouvaient repousser des phytophages généralistes [22]. Dans ce cas, il s'agit du phénomène de susceptibilité par association.

Afin de mieux appréhender le rôle joué par les plantes dans la régulation des populations de phytophages, il apparaît donc nécessaire de prendre en compte la présence de plantes voisines sur le comportement de choix des phytophages.

Jusqu'à présent, la régulation des populations de phytophages par les plantes a surtout été abordée en considérant l'impact des caractéristiques individuelles des plantes sur les performances des phytophages et des ennemis naturels. Peu d'études comparent l'impact de différentes espèces de plantes hôtes et des plantes du voisinage sur les préférences (alimentaires, reproductives, comportementales) et les performances des niveaux trophiques supérieurs. De plus, les performances et les préférences des phytophages diffèrent en fonction de leur degré de spécialisation.

En fin, si les ennemis naturels contribuent à limiter le développement des populations de phytophages (effet « Top Down »), ils augmenteraient ainsi la « fitness » des plantes.

#### 5.1.5 Effet des produits chimique sur l'abondance faunistique sur les cultures de tomate et de concombre conduit sous serre

Il est indéniable que les composés organiques de synthèse ont été, sont et seront largement employés à des fins phytosanitaire. En fait c'est avant tout l'usage abusif de ces substances qui induisent les différents problèmes déjà évoqué et incita à la recherche de nouvelles molécules ou de nouvelles stratégies.

Hormis les populations d'acariens (*T.urtcea*) et de la mineuse de tomate (*T. absoluta*) dont la matière active est non cible, l'efficacité des ces produits sur les bioagresseurs est fortement prouvés à travers notre étude.

L'action directe de l'insecticide sur l'activité des parasitoïdes est possible dans plusieurs circonstances. Les adultes sont exposés, au produit pulvérisé, aux résidus sur le

feuillage ou dans la nourriture contaminée (nectars, pollens, exsudats foliaires ou miellats excrétés par les Homoptères) [124]. Les stades immatures sont protégés pendant le stade momie cependant leurs hôtes peuvent être tués.

Delorme [48] a mis en évidence que les facteurs de toxicité les plus importants sont d'une part l'action sur les pucerons, dont la larve endoparasite et d'autre part la persistance d'action des résidus présents sur les momies et les feuillages, toxiques pour les adultes émergents dans les jours suivant le traitement. De même, il se pourrait que les pucerons et leurs parasitoïdes n'aient pas les mêmes sensibilités vis-à-vis des carbamates.

#### 5.1.6 Effet de la température sur l'abondance faunistique sur les cultures de tomate et de concombre conduit sous serre

Les facteurs abiotiques représentent l'ensemble des facteurs physico-chimiques environnementaux tels l'excès d'humidité, le rayonnement solaire intense, des changements de température ou des concentrations variables de gaz carbonique dans l'air [114], [72]; qui ont des effets sur l'abondance, le développement, la reproduction et la distribution des ectothermes [18].

La température est un facteur abiotique aux amplitudes très variables en nature ayant le plus d'influence sur les processus vitaux des arthropodes particulièrement les ectothermes [166], du fait qu'elle régule notamment toutes les réactions biochimiques, physiologiques et comportementales [145].

De manière générale, une légère augmentation de la température conduit à un accroissement de l'activité, du développement, de la reproduction et, dans certains cas, du nombre de générations par année [168]. En revanche, les températures extrêmes, c'est-à-dire supérieures à 30°C pour les espèces des climats tempérés, peuvent avoir des effets négatifs sur la biologie des insectes, réduisant d'autant le taux intrinsèque d'accroissement de leurs populations [179].

Par conséquent, la température a un effet majeur sur la dynamique des populations de la majorité des organismes ectothermes tel que rapporté par un nombre important d'études (Dell et al.2011; Englund et al.2011; Petchey et al.2010). Ce qui concorde avec nos résultats. Dont, l'abondance des espèces répertoriées inféodées aux 2 cultures étudiées manifeste une réaction positive vis-à-vis d'une température fluctuante régnant dans les 2 serres. Hormis les pucerons qui semble être évolué dans des amplitudes thermiques et

hygrométriques larges. En effet les pucerons sont les insectes les mieux adaptés aux conditions de la serre.

Plusieurs études récentes indiquent que le stress thermique affecte directement le développement, la survie et le taux de fécondité des pucerons, notamment les pucerons *Macrosiphum euphorbiae* [61].

À température élevée, la perte de l'eau est aussi augmentée, induisant une réduction du taux de respiration, une baisse de l'excrétion du miellat et une réduction du taux de croissance [49].

Concernant les acariens phytophages, sous les températures constantes, la mortalité est négligeable entre 16 et 36°C [166]. Le vieillissement des femelles adultes est un important facteur à considérer puisque la ponte journalière diminue avec l'âge chez les femelles de tétranyques, tandis que la mortalité augmente [103].

#### 5.1.7 Effet de la température sur les relations trophiques

L'effet des ennemis naturels sur la dynamique des populations phytophages exposées à des températures fluctuantes et/ou extrêmes (effet "top-down") est peu connu.

A travers notre étude une corrélation positive a été signalée avec la température sur l'abondance des populations des prédateurs (*Coccinella* sp et *Aphidoletes* sp). Pour *Aphidius* sp semble être bien adapté aux conditions fluctuantes des conditions climatiques.

La majorité des études, qui ont été réalisées à des températures constantes, démontrent que le taux de prédation augmente généralement avec la température [95]. Néanmoins, les températures extrêmes sont susceptibles d'affecter les prédateurs [165] et donc de diminuer la pression de prédation (Englund et al.2011). Puisque toute modification des interactions prédateur-proie peut avoir des conséquences importantes sur la dynamique des populations de proies et de prédateurs.

Un changement de température peut modifier les interactions tritrophiques : plante hôte, ravageur, prédateur/parasitoïde de multiples façons puisque les protagonistes peuvent répondre différemment à une variation de température. On peut alors observer des modifications de la physiologie et du développement des prédateurs et des proies [127], de la capacité de localisation ou du taux de rencontre des proies [114] de la réponse



numérique des prédateurs [199] et de la niche temporelle au cours de laquelle les organismes sont actifs [19].

#### 5.1.8 Effet de l'humidité sur les relations trophiques

D'après nos résultats l'humidité peut affecter le développement des acariens et les stades larvaires ainsi que les adultes de la mineuse de la tomate (*T. absoluta*) qui est une espèce invasive originaire des régions tropicales. Les populations de *Lyriomyza* sp aussi craignent l'humidité.

Concernant les ennemis naturels la population de cécidomyie et de coccinelle sont sensibles à l'humidité qui entrave leur croissances. Toute fois elle pourrait avoir un effet positif dans l'installation des parasitoïdes (*Aphidius* sp).

#### 5.2 Effet des extraits aqueux de plantes spontanées (*Lavendula stoeckas* & *Oxalis pes-caprea* sur les populations résiduelles d'*Aphis gossypii* sur poivron conduit sous serre plastique

Tout d'abord, il faut noter que toutes les études menées sur les produits végétaux afin de protéger les cultures des ravageurs, maladies et végétaux concurrents ont abouti à la détection de divers produits disposant d'un certain potentiel de régulation biotique [216].

En effet, a travers notre étude, l'essai d'efficacité des extrais aqueux de 2 plantes spontanées (*Lavendula stoeckas* et *Oxalis pes-caprea*) utilisé seul et en cocktail, mené sur les populations résiduelles d'*A. gossypii* sur le poivron (*Capsicum annum* L) conduit sous serre plastique ; ont montrés un effet toxique graduel et proportionnel comparé au produit de synthèse (Méthomyl, Carbamate).

La toxicité de lavande été la plus performante que ce soit pour la dose ou la demi-dose de ce fait son efficacité été plus proche au produit de synthèse de référence

La composition chimique de *L. stoeckas* est tout à fait différente des autres lavandes [71]. De plus, au sein de la même espèce, le contenu biochimique de l'huile essentielle trouvé dans les fleurs, la tige ou feuilles différent de manière significative selon où et dans quelles conditions la plante a fait sa croissance. La présence et la concentration de certains constituants chimiques fluctuent également selon la saison et la maturation de la plante [40].

C'est ainsi que si même *L. stoeckas* de l'Oum el Alou (Tlemcen) [75] présente le même chemotype que *L. stoeckas* de Chréa mais les proportions seraient différentes. Mohammedi Z. en 2006 a identifié dans la feuilles les principes actifs suivantes : 47,6 % de Ketones (principalement fenchone, camphor,); 15% Monoterpenes ( $\alpha$ -pinene, camphene, limonene) et petite quantité des esters, sesquiterpenes, oxydes et alcools.

On constate que l'huile essentielle des lavandes est riche en monoterpènes et qui représente aussi les composés majoritaires de l'huile. De ce fait elle s'est montrée particulièrement active contre les insectes. Les propriétés insecticides des monoterpènes se sont manifestées sur de nombreux modèles et s'exercent de plusieurs manières notamment dans le cadre de la protection des denrées stockées [159].

Les travaux récents montrent que les monoterpènes inhibent la cholinestérase (100). En général, les huiles essentielles sont connues comme des neurotoxines à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes. Ce la peut expliquer la forte tendance aphicide de *L. stoeckas*. Ces huiles sont peu toxiques pour les animaux à sang chaud, volatiles et très toxiques chez les insectes [204]. Les effets des monoterpènes peut aussi être anti appétant, anti reproducteur ou retardateur de la reproduction et de la longévité des insectes.

Ces propriétés sont exploitables dans deux domaines d'application : la fumigation et l'imprégnation du milieu à protéger. En remarque, la fumigation consiste à produire une fumée ou une vapeur désinfectante [159].

Il est souvent observé que plus la teneur en principes actifs de la solution était élevée et plus le produit était efficace. Mais, les surdosages doivent être évités et il faut savoir que parfois, cette efficacité atteint un palier à partir d'une certaine dose. A l'opposé, il a parfois constaté que de trop faibles doses provoquaient un effet stimulant plutôt qu'inhibiteur [216].

Le mélange à aussi donné des résultats positifs dans le contrôle des populations de pucerons, la présence des métabolites secondaires ayant des propriétés toxiques dans l'une des plantes utilisée peut induire a elle seule une action insecticide. Il semble que les composés chimiques d'*Oxalis pes-caprea* non pas d'effet antagoniste envers ceux contenus dans *Lavandula stoeckas*).

Les préparations aqueuses d'*Oxalis pes-caprea* à donné une signification statistique éphémère dans le contrôle des populations résiduelles d'*A.gosypii*. Le mode d'extraction

pourrait être l'une des causes car ces plantes sont riches en eau de ce fait la teneur en matière biologique sèche par unité de poids est faible, ainsi que cette matière utilisée est fortement tributaire de la physiologie de la plante et les conditions du milieu. La macération est une méthode discontinue, le dissolvant devrait être remplacé jusqu'à ce que la matière végétale soit épuisée [217]. Par conséquent, La méthode d'extraction affecte tout le contenu total en phénols et flavonoïdes et les capacités antioxydantes [215].

De ce fait, la connaissance des composés actifs et leurs caractéristiques chimiques (sont-ils organo-solubles ou volatils ?) est indispensable afin d'établir un protocole d'application de la préparation le plus adapté qui soit. Cependant, les molécules actives de l'*Oxalis pes-caprea* ne sont pas connues et les tests à réaliser seront multiples. Le peu d'information disponible à travers la bibliographie révèle que cette espèce végétale produit un métabolite secondaire (oxalate) très toxique pour les vertébrés herbivores (bétails) [219]. L'acide oxalique est un excellent produit utilisé contre l'acarien (*Varroa destructor*) parasite des abeilles (*Apis mellifera*) (Hymenoptera : Apidae). Cependant, il peut provoquer des modifications dans le comportement et la longévité de l'ensemble des habitants de la colonie [171].

D'un autre point de vue, s'ajoutent au fait que certains produits soient toxiques, le problème de la spécificité des différentes molécules (efficacité sur quelles espèces de nuisible?, à quel stade de développement ?) et celui de l'hétérogénéité phytochimique du genre *Oxalis* et des préparations qui en découlent doit être élucidé et mise en hypothèse. Une même molécule allélochimique n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte

En outre, la quantité de préparation nécessaire à l'induction d'une réponse positive peut varier qualitativement selon l'origine géographique et génétique de la plante utilisée, selon la période de récolte, les conditions climatiques, etc.

### 5.3 Contribution à l'étude de l'activité antibiotique de *Bacillus subtilis* vis à vis de la maladie d'oïdium (*Erysiphe cichoracearum*) sur le poivron conduit en serre plastique

La maladie de l'oïdium est l'un des problèmes pathologiques les plus importants des plantes. Des cultures d'une grande importance telles que les céréales, la vigne, les cultures maraichères et un certain nombre de plants d'ornements sont leur cible majeur [05]. Dans la protection des cultures la plus large utilisation des fongicide est réservés à l'oïdium (Hewitt, 1998). Chez les d'Erysiphales l'impact des produits chimiques utilisés

avez aisance ont conduit au développement de phénomène de résistance observés à plusieurs fongicide systémique [92]. La nécessité de nouvelle stratégie de protection contre l'oïdium a incité les chercheurs d'exploré les alternatives présentes dans l'environnement dont les composés chimiques et biologiques [148].

Les Bacillus sont largement utilisé dans l'agriculture conventionnelle comme biopesticides et représente la plus importante classe des produits microbiens commercialisés. En revanche, l'utilisation des Bacillus comme agents de biofongicide demeure rarissime et en début de chemin [148].

Le champignon de l'oïdium (Erysiphe cichoracearum) rencontré dans notre étude est un ectoparasite, de ce fait il est la parfaite cible pour la production antibiotique bactérienne . Bacillus subtilis est une souche antagoniste spécifique est sélectionné pour son efficacité de contrôlé l'oïdium des cucurbitées -Podosphaera fusca [164], qui est le facteur limitant de la production des cucurbitées [149].

Bien que l'évaluation des l'efficacité des agents biologiques dans les conditions naturelles doit être mené sur une longue durée (en raison de la difficulté d'installation de ces microorganismes dus aux contraintes du milieu d'une part et la performance de la souche bactérienne utilisée d'autre part), nos résultats donnent un indice positif quant a la nature antagoniste de Bacillus subtilis vis-à-vis du mycélium de l'oïdium, ce qui concorde avec les travaux d'autres auteurs.

En effet, La performance de cette bactérie été testé avec succès, sur le melon, dont elle a donné un excellent contrôle de l'oïdium sous serre [163]. En 2001, Olsen et al. ont évalué B. subtilis en tant qu'agent de lutte biologique contre l'oidium (*Oidiopsis taurica*) dans les serres commerciales de poivrons, comparé au biopesticide commerciale les résultats étaient très satisfaisants, où le Bacillus subtilis a significativement diminué la gravité et l'incidence de la maladie.

L'activité de l'antagoniste est liée principalement à la production des lipopeptides antichampignon (iturins et fenycins) [164]. Ces produits exercent leur action sur les membranes de champignon en provoquant la lyse des cellules.

L'agent de contrôle biologique (*Bacillus subtilis*) peut faire face au pathogène par de multiples machinismes. certains colonisent la rhizosphère comme les mycorhizes et les rhizobactéries promotrices de la croissance des plantes (PGPR) peuvent conférer à la

plante une capacité de défense incontestable contre un spectre étroit de champignons, bactéries et maladies virales par la voie de phénomène connu sous le nom de résistance systémique induite (ISR) [192], [155].

L'ISR peut activer les mécanismes de défense inductibles au niveau de la plante exactement comme ce qui se passe dans la réponse aux microorganismes pathogènes dans les interactions de non compatibilité. Ces mécanismes incluent les changements biochimiques, le renforcement des parois cellulaires de la plante, production de phytoalexines antimicrobiennes et la synthèse des protéines liées à la pathogénèse (PR) telles que les chitinases,  $\beta$ -1,3-glucanases et peroxidases [76], [192], l'ISR est typiquement indépendante de l'acide salicylique (SA) et principalement de jasmonate (JA) [68].

## CONCLUSION

Notre travail est subdivisé en trois parties. La première partie été consacrée à l'étude de l'abondance faunistique existante au niveau de 2 espèces végétales tomate et concombre cultivées sous serre plastique, les interactions entre eux et les conditions de milieu interférentes en particulier la température et l'humidité.

En effet, les cultures de tomate et de concombre (1<sup>er</sup> niveau trophique) élevés dans ce milieu naturel semi-fermé sont affectées par plusieurs espèces des bioagresseurs (spécialistes et généralistes) dont leur abondance varie quantitativement et qualitativement par temps et par espèce de plante hôte. Parmi les espèces spécialistes du 2<sup>ème</sup> niveau trophique nous avons identifiés sur tomate *Liriomyza* sp et *Tuta absoluta*. Cette dernière été le 1<sup>er</sup> groupe installé selon l'abondance relative de sa population, suivi par *Bemisia tabaci* et *Tetranychus urticae*. Sur concombre *Aphis gossypii* ravageur généraliste vient en 1<sup>er</sup> suivi par les *Bemisia tabaci* et *Tetranychus urticae*.

Cependant les antagonistes inventoriés en particulier le parasitoïde de puceron *Aphidius* sp et les prédateurs : *Coccinella* sp, et *Aphidolates* sp ) viennent successivement par la suite ce qui caractérise l'organisation structural typique des écoagrobiocenos.

D'après notre étude les espèces faunistiques inféodés aux cultures de tomate et concombre ont un potentiel biotique très important, de ce fait ils réussissent à sarmenté rapidement et dans peu de temps le stress des facteurs abiotiques de milieu notamment l'action anthropique par la pulvérisation d'insecticide de synthèse.

La particularité de cette étude réside dans ce potentiel biotique de résurgence des espèces de 3<sup>ème</sup> niveau trophique concrétisé par leur disponibilité continue et concordante avec le cycle de leur hôte, qui semble être bien adapté aux conditions de la serre plastique et parviennent à se développés après une exposition directe au stress chimique (application de Méthomyl : matière active très toxique).

L'ordre d'apparition des ravageurs est fonction de plusieurs facteurs : la disponibilité et la qualité de la nutrition qui caractérise les stades phénologiques et les conditions climatiques en particulier la température et l'humidité.

La variabilité climatique en particulier la température et avec un degré moindre l'humidité régnant dans la serre avais une influence palpable caractérisée par une corrélation positive sur l'abondance des espèces incluses dans cet agrobiocenose, ce qui a affecté

d'une manière évidente l'interaction de la synchronisation des attaques et l'utilisation des ressources par les bioagresseurs et leurs ennemis naturels.

L'impact positif des phytophages sur la culture est donc dépendant d'une composition et d'une complexité adéquates des réseaux trophiques, ces derniers incluant les proies et hôtes alternatifs qui, avec la complexité structurale des milieux, jouent un rôle potentiellement améliorateur des cascades trophiques bénéfiques aux cultures.

Secundo, la recherche de nouvelles plantes au potentiel insecticide est un objectif ciblé par l'ensemble des chercheurs opérant dans ce domaine. L'essai de 2 espèces spontanées fortement disponibles chez nous la lavande (*Lavandula stoeckas* L) et la vinaigrette (*Oxalis pes-caprea*) ont démontré une activité insecticide certes sur le contrôle de *Aphis gossypii* de poivron (*Capsicum annum* L) en particulier la lavande qui contient des produits chimiques connus dans la bibliographie par leur activité toxique sur les insectes. Ceci nous amène à dire que les plantes étudiées sont prometteuses comme source de Bioinsecticides et se prêtent bien à des investigations dans le domaine de la lutte biologique.

L'action résiduelle de ces préparations naturelles est généralement brève de par leur grande biodégradabilité. Cette caractéristique est un point positif ce qui concerne le respect de l'environnement. Cependant, pour la protection des cultures face à un même fléau pendant plusieurs semaines, cela implique la multiplication des traitements.

Et en dernier, l'essai de la souche *Bacillus subtilis* pour le contrôle de l'oïdium de poivron est avéré prometteuse. L'étude s'est basée sur l'observation visuelle des symptômes in situ, une étude similaire menée dans des conditions rigoureuses de laboratoire est souhaitable.

### ...ET ...PERSPECTIVE

Aujourd'hui, les systèmes agricoles doivent évoluer pour à la fois augmenter leur productivité et prévenir les risques pour la santé humaine et l'environnement. La maîtrise des bio-agresseurs sans recours aux pesticides de synthèse constitue une voie privilégiée pour la mise au point des systèmes agricoles de demain.

Ce là a conduit à l'émergence de nouvelles réflexions de plus en plus larges dans la protection des cultures Partant d'une vision simple « une plante /bioagresseur », elles

se sont étendues à l'environnement du végétal. En effet, la nouvelle dimension de la protection des cultures vise à mettre en perspective les cultures et leurs bioagresseurs dans leur écosystème, incluant les abords de parcelles et la biodiversité dans son ensemble. Une étude englobant l'ensemble de composantes d'un agrosystème définie et les facteurs intrinsèques qui interagissent est souhaitable.

Les agrobiocénoses sont une mine intarissable de parasites, prédateurs ou pathogènes. Tantôt spectaculaire, parfois précaire et plus discret, le rôle des auxiliaires peut aussi être insuffisant. On peut alors palier ce défaut, soit par l'acclimatation d'une espèce nouvelle pour l'agrosystème considéré, soit par le lâcher massif d'auxiliaires. Ces agents biologiques peuvent être utilisés avec succès en protection intégrée dans le contrôle des déprédateurs des cultures sous abris qui présente des atouts incontestables.

De ce fait, les cultures sous abris demeure un moyen efficace et une priorité pour gérer durablement les systèmes de production et répondre aux attentes de la société ainsi qu'aux contraintes réglementaires.

Certaines études se limitent à mesurer, pour une population de ravageurs et/ou d'ennemis naturels, la durée de développement, la fécondité, la mortalité, le sexe ratio et/ou la prédation sous un seul régime constant de température. En revanche, ceux des variations des températures extrêmes le sont beaucoup moins alors que les climatologues prédisent qu'elles devraient augmenter en fréquence et en intensité dans les prochaines années. Des études dans ce contexte s'avèrent nécessaires.

Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc. Leur toxicité peut être directe ou indirecte sur les organes cibles.

Certains aspects dans les études entreprises sur les propriétés phytochimiques des plantes doivent être développés.

- Elucider le mode d'action de ces substances sur la physiologie (système digestif, système endocrinien, système nerveux...)
- Il faut retenir que les préparations en solution ne sont pas systémiques, il s'agit donc d'établir des modalités d'application permettant d'atteindre au mieux le ravageur visé.



- Mettre en place de méthodologie de criblage des molécules à intérêt phytosanitaire.
- .Elargir les essais d'application des principes actifs des 2 plants étudiée en particulier l'Oxalis pes-caprea à d'autres problèmes sanitaires des cultures (maladies cryptogamiques,, adventices, autres espèces de ravageurs..)
- D'un point de vu pratique, il est important de tester les extraits des plantes et les substances pures en laboratoire afin d'évaluer leur efficacité dans un milieu contrôlé en interaction avec les facteurs biotiques et abiotiques et préparer leur exploitation en tant que biopesticides.

Parmi les points à prendre en considération pour développer les spécialités à base de biopesticides, il faut diminuer les contraintes techniques liées à la nature biologique des matières actives. La stabilisation et la conservation de la matière biologique très sensible aux facteurs environnementaux pendant les processus de production et de stockage doivent être améliorés.

Concernant *Bacillus subtilis* qui a donné un signe très positif dans la lutte de l'oïdium sur poivron, une étude étalée dans le temps et portant sur un nombre d'échantillon plus grand dans les conditions contrôlés (laboratoire) et naturelles (sous abris et plein champs) est indispensable

Aujourd'hui, pour le respect des écosystèmes et le respect des générations futures, l'agriculture doit être durable et responsable.

## APPENDICES (A)

Température et humidité moyenne enregistrées au niveau de la serre 1 de concombre et serre 2 de tomate

Mois	semaine	Température moyenne (C°)		Humidité moyenne (%)	
		Serre 1	Serre 2	Serre 1	Serre 2
Février	1	14,67	15,23	80	84
	2	17,28	18,2	85	82
	3	16,01	17,15	79	85
	4	17,50	18,63	75	80
Mars	1	19,28	20,14	69	72
	2	19,97	21,20	72	67
	3	21,45	22,45	65	75
	4	21,12	24,12	74	83
Avril	1	22,11	24,30	60	65
	2	20,57	21,20	68	70
	3	22,50	23,61	67	73
	4	20,82	21,85	59	62
Mai	1	22,70	23,54	64	63
	2	22,89	23,10	58	59
	3	23,97	25,10	54	58
	4	23,86	24,89	52	57
Juin	1	24,31	26,51	65	70
	2	23,62	24,87	55	60
	3	25,43	27,20	50	65
	4	26,14	28,16	48	55

## APPENDICE (B)

Fiche de suivi de la variation temporelle de l'abondance faunistique observée sur les 2 cultures maraichère conduites sous serre

date	culture	Puceron	momie	Mine active	mine vide	autre mine	Aleurode	Acarien R	Mildiou	cecidomie	cocci	larve epineuse	oidium	fumagine
15/02/2011	tomate	0	0	0	0	0	0	0	3%	0	0	0	0	0
	concombre	135	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
23/02/2011	tomate	0	0	0	0	0	0	0	3%	0	0	0	0	0
	concombre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/03/2011	tomate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	concombre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/03/2011	tomate	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	concombre	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/03/2011	tomate	72	1	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	concombre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/03/2011	tomate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	concombre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/03/2011	tomate	11	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	concombre	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/04/2011	tomate	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	concombre	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/04/2011	Tomate	9	0	19	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Concombre	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/04/2011	Tomate	22	0	27	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Concombre	938	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/04/2011	Tomate	2	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Concombre	2667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/05/2011	Tomate	40	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Concombre	5490	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0

date	culture	Puceron	momie	Mine active	mine vide	autre mine	Aleurode	Acarien R	Mildiou	cecidomie	cocci	larve epineuse	oidium	fumagine
11/05/2011	Tomate	30	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Concombre	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/05/2011	Tomate	4	0	19	11	3	29	0	0	0	0	0	0	0
	Concombre	406	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
25/05/2011	Tomate	3	0	83	36	20	97	0	0	0	0	0	0	0
	Concombre	497	7	0	0	1	0	97	0	0	7	0	0	0
01/06/2011	Tomate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Concombre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/06/2011	Tomate	22	0	53	17	12	73	3	0	0	0	0	0	0
	Concombre	3008	35	0	0	0	0	301	0	0	2	16	0	0
15/06/2011	Tomate	21	62	14	0	0	37	15	0	0	0	0	0	0
	Concombre	2468	43	0	0	0	39	2169	0	90	0	0	0	0
22/06/2011	Tomate	1	17	33	32	0	3	15	0	0	0	0	0	0
	Concombre	4670	9	0	0	0	23	3260	3%	1	0	9	3%	0
29/06/2011	Tomate	0	0	26	19	14	0	188	1%	0	0	0	0	0
	Concombre	5735	2	0	0	0	0	1966	0	1	0	0	3%	3%
		26537	176	300	146	50	326	8015	0,1	124	9	25	0,06	0,03

## APPENDICE (C)

## fiche de suivi de l'essai d'efficacité des extraits aqueux dans le contrôle d'Aphis gossypii

	Lav 1/2 dose		lav 1/2 dose		Oxalis_dose		Oxalis_1/2dose		Mélange dose		Mélange 1/2 dose		Témoin+ dose		Témoin+ ½ dose		Témoin-	
	Bloc1	Bloc2	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2
AT	22	24	1	1	50	37	1	8	2	11	36	36	40	55	25	42	40	46
24 h	7	15	23	31	23	51	0	5	0	1	10	7	0	0	0	0	45	30
48 h	2	1	45	2	0	64	9	0	0	3	34	7	0	0	0	0	52	35
72 h	10	1	10	1	10	10	7	10	26	5	25	2	0	0	0	0	49	22
96h	14	2	7	18	16	22	0	13	2	2	20	3	0	0	0	0	51	40
120 h	4	0	3	22	12	15	17	5	4	57	9	0	0	0	0	0	50	23
144 h	10	2	3	6	35	18	29	5	0	13	39	2	0	0	0	0	36	33
168 h	5	0	2	5	0	2	5	4	6	11	2	4	0	0	0	0	35	41
196h	14	4	3	9	11	11	29	3	17	1	29	1	0	0	0	0	40	41
10j	9	5	8	5	1	6	30	10	3	5	1	4	0	0	0	0	53	45

AT : avant traitement

## APPENDICE (D)

Abondance\_moyenne

	lav 1/2 dose	oxalis_dose	oxalis_1/2dose	mélange dose	mélange 1/2 dose	CH	Témoïn-
AT		87	9	13	72	95	56
24 h	54	74	5	1	17	0	39
48 h	47	64	9	3	41	0	43
72 h	11	20	17	31	27	0	30
96h	25	38	13	4	23	0	38
120 h	25	27	22	61	9	0	32
144 h	9	53	34	13	41	0	46
168 h	7	2	9	17	6	0	37
196h	12	22	32	18	30	0	43
10 j	13	7	40	8	5	0	51

## APPENDICE (E)

Jeudi 20/07/2011  
 Pourcentage d'infestation  
 Avant traitement

Feuilles	Bacillus		Témoin négatif		Témoin positif	
	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2
1	100	98	75	80	80	100
2	0	15	28	5	0	70
3	100	25	80	80	0	55
4	75	75	80	85	90	75
5	25	0	5	0	0	3
6	0	100	50	5	18	65
7	25	85	70	65	75	60
8	5	80	65	30	0	40
9	35	0	10	90	0	5
10	40	70	50	80	0	8
11	100	60	0	0	85	0
12	40	100	0	40	95	45
13	0	70	40	50	75	0
14	30	75	0	75	60	90
15	50	70	15	70	65	5

## APPENDICE (F)

Jeudi 28/07/2011  
 Pourcentage de surface des feuilles lésées  
 1semaine après traitement

Feuilles	Bacillus		Témoin négatif		Témoin positif	
	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2
1	28	40	55	15	65	25
2	10	15	70	12	25	20
3	70	50	75	70	10	25
4	35	25	90	40	30	5
5	0	8	0	0	15	15
6	0	65	65	10	20	15
7	5	5	5	0	8	0
8	25	5	70	65	40	0
9	3	0	30	35	30	0
10	0	5	50	0	8	0
11	0	60	45	45	25	0
12	40	55	70	30	0	55
13	0	5	40	65	55	0
14	3	85	45	50	25	5
15	5	60	25	5	3	10



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 01 Abou-Jawdah, Y. and W. A. Shebaro. 1993. "Situation of TYLCV in Lebanon." " Tomato Leaf Curl Newsletter 4: 2-3.
- 02 Ajouz S. 2009. Estimation du potentiel de résistance de *Botrytis cinerea* à des biofongicides. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, faculté des sciences. Thèse de doctorat p 7-8
- 03 Amazouz S., 2008 - Gestion en lutte intégrée de la mineuse de la tomate. Ed. Koppert biological system, Maroc, 18 p
- 04 Anonyme,1989. Larousse agricole
- 05 Anonymous.,1992. Neem – A tree for solving global problems. National Academy Press, Washington D.C.,U.S.A
- 06 Arny C.J., Rowe R.C. 1991. Effects of temperature and duration of surface wetness on spore production and infection of cucumbers by *Didymella bryoniae*. *Phytopathology*, 81, 206-209
- 07 Aubertot J.N., Barbier J.-M., Carpentier A., Gril J.-J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Voltz M., 2005, Pesticides, agri-culture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux, Rapport d'expertise scientifique collective, INRA et CEMAGREF
- 08 Auger J. , Dugravot S. , Naudin A. , Abo-Ghalia A. , Pierre D. & Thibout E. 2002. Utilisation des composés allélochimiques des *Allium* en tant qu'insecticides. *IOBC wprs Bulletin* 25(9): 295-306.
- 09 Aveline N. & Pajot E. 2004. Les propriétés phytosanitaires de l'inule visqueuse. Veille Veille Technologique BRITTA – fiche VEGETAL/23-2004
- 10 Bajwa W.I., Kogan M. 2004. Cultural practices: springboard to IPM. In : Koul O., Dhaliwal G.S., Cuperus G.W. (Eds). *Integrated Pest Management: potential, constraints and challenges*. CAB International Publishing. 336 p
- 11 Balick, M.J.; Elisabetsky E., Laird S.A., 1995. *Medicinal resources of the tropical forest: biodiversity and its importance to human health*. Columbia University Press: New York
- 12 Baudry O., Bourgery C.,Guyot G., Rieux R. 2000. Les haies composites réservoirs d'auxiliaires. Editions CTIFL, Paris, 116 pages.
- 13 Benbrook C. M. 2004. "Genetically Engineered Crops and Pesticide Use in the United States: The First Nine Years". *BioTech InfoNet Technical Paper* 7 Oct.
- 14 Benhamou N., Picard K. 2000. La résistance induite : une nouvelle stratégie de défense des plantes contre les agents pathogènes. *Phytoprotection* 80: 137-168
- 15 Biobest.2008. *Biobest Biological Systems side effects manual*. <http://www.biobest.be/>
- 16 Blanchard A. & Limache F. 2005. Les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN).Rapport bibliographique, ENSAM, ENSAR et INA P-G, 15 pages
- 17 Boivin, Guy. 2001. « Parasitoïdes et lutte biologique: paradigme ou panacée? ». *Vertigo-La revue en sciences de l'environnement sur le Web*, vol2, no 2.
- 18 Boller EF, van Lenteren JC, Delucchi V., 2006. *International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants : History of the first 50 years*. Zürich : International Organisation for Biological Control of Noxious Animals and Plants (IOBC).
- 19 Bosland P. W. and Ellington J. J., 1996. Comparaison of *Capsicum annum* and *C. pubescens* for

- antixenosis as a means of aphid resistance. *HortScience* 31 (6): 1017-1018.
- 20 Briand F., .2009. Thèse de doctorat. Les phéromones sexuelles: utilisées comme moyen de lutte, évaluation de leur efficacité et mesure de leur impact physiologique sur les vers de la grappe. Institut de Biologie Université de Neuchâtel, Suisse
- 21 Caranta C., Ruffel S., Dussault M.H. 2003. Gènes naturels de résistance aux virus chez les plantes : relations entre structure et fonction. *Virologie*, 7, 165-175
- 22 Carballido-Lopez, R. and A. Formstone, 2007. Shape determination in *Bacillus subtilis*. *Curr Opin Microbiol.*, 10(6): p. 611-6.
- 23 CBS (2009). <http://www.cbs.nl/nl-L/menu/themas/landbouw/cijfers/default.htm>. Website Biocontrol Sei. Technol., 2, 83-89
- 24 Chapman R.F., 1975. *The insects: Structure and Function*. Chapman R.F., Editions The English Universties Press Ltd, London, 819 p.
- 25 Ciccarelli, F.D., et al., 2006. Toward automatic reconstruction of a highly resolved tree of life. *Science*, 311(5765): p. 1283-7
- 26 Daire X., Wendehenne D. et al. 2006. Analysis of early events involved in signaling pathways leading to plant defense responses. *IOBC/wprs Bull.* 29(8): 5-7.
- 27 Dasgupta, S., C. Meisner, et al. 2006. "Is Environmentally Friendly Agriculture Less Profitable for Farmers ? Evidence on Integrated Pest Management in Bangladesh." *Agricultural Economics* 29: 103-118.
- 28 Déclert C., 1990. *Manuel de phytopathologie maraichère tropicale culture de Côte- d'Ivoire*, Éditions de l'ORSTOM Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération PP 103,165
- 29 Drost, Y.C., J.C. van Lenteren & H.J.W. van Roermund, 1997. Life-history parameters of different biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in relation to temperature and host plant: a selective review. *Bulletin of Entomological Research* 88: 219-229
- 30 Duthie J.A. 1997. Models for the response of foliar parasites to the combined effects of temperature and the duration of wetness. *Phytopathology*, 87, 1088-1095.
- 31 Eden M.A., Hill R.A., Beresford R. Stewart A. 1996. The influence of inoculum concentration, relative humidity, and temperature on infection of greenhouse tomatoes by *Botrytis cinerea*. *Plant Pathology*, 45, 795-806.
- 32 Ellis P.R., Kift N.B. 2003. The exploitation of plant resistance in controlling insect pests of vegetable crops. *IOBC WPRS Bulletin*, 26, 47-55.
- 33 Fardeau J.-C. et Jonis M. 2004. Phytotimulants et éliciteurs pour végétaux : propriétés et garanties réglementaires. *Alter Agri* 65: 21-24.
- 34 Fargues, J., O. Bonato, et al. 2004. "Gestion du risque *Bemisia* en culture de tomate sous abri : les stratégies." *PHM-Revue horticole* 461: 28-31
- 35 Ferrari Julien., 2002. Contribution à la connaissance du métabolisme secondaire des Thymelaeaceae et investigation phytochimique de l'une d'elles : *Gnidia involucrata* Steud. ex A. Rich. Thèse de doctorat, université de Lausanne, faculté des sciences, Institut de Pharmacognosie et Phytochimie
- 36 Finch S., Collier R. H. 2000. Integrated pest management in field vegetable crops in northern Europe - with focus on two key pests. XIVth International plant protection congress, Jerusalem, Israel, July 25-30, 1999. *Crop Protection* 19 (8/10), 817-824.

- 37 Foury C. 1995. Quelques aspects de la désinfection solaire des sols. PHM Revue horticole, 356, 15-20.
- 38 Fravel, D.R. 2005. Commercialization and implementation of biocontrol. Annual Review of Phytopathology 43: 337-359.
- 39 Furaud L., Cocquempot C & al. 2002. Ravageurs et auxiliaires des plantes aromatiques du Sud Est de la France. ACTA – ITEIPMAI – INRA, Chemillé, 2002, 23 fiches.
- 40 Garcia-Brugger A., Lamotte O., Vandelle E. et al. 2006. Early signaling events induced by elicitors of plant defenses. Mol. Plant-Microbe Interact. 19(7): 711-724.
- 41 Georgis R., 1992. Present and future prospects for entomopathogenic nematode products.
- [42] Girish K., Shankara Bhat S. 2008, Neem – A Green Treasure Electronic Journal of Biology, Vol. 4(3):102-111
- 43 Guenaoui, Y. 2008. Nouveau ravageur de la tomate en Algérie: Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008. Phytoma-La Défense des Végétaux 617: 18-19.
- 44 Guezennec J., Moretti C., Christophe S.J.- 2006. Substances naturelles en Polynésie française stratégies de valorisation Institut de recherche pour le développement collection Expertise collégiale Paris,
- 45 Hanounik S.B., 1998. Steinernematids and Heterorhabditids as biological control agents for red
- 46 Harrison, J. G. and Lowe, R. 1989. Effects of humidity and air speed on sporulation of *Phytophthora infestans* on potato leaves. Plant Pathology 38 : 585-591.
- 47 Ho, S. H., Ma, Y. and Huang, Y. 1997. Anethole, a potential insecticide from *Lilium verum*, against two stored product insects. International Journal of Pest Control, 39: 50–51. International Journal of Pharmaceutics, 35: 84–90.
- 48 Isman M. B. 2008. Problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. In : Regnault-Roger C. , Philogène B. & Vincent C. coord. Biopesticides d'origine végétale. Deuxième édition. Editions Tec & Doc, Paris, 465-476.
- 49 Isman M.B. 2000. Plant essential oils for pest diseases management. Crop Protection 19, 603-608.
- 50 Isman M.B., Wan A.I. & Passreiter C.M., 2001, Insecticidal activity of essential oils of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*, Fitoterapia, 72, 65-68.
- 51 Isman, M. B. 1995. Leads and prospects for the development of new botanical insecticides. In: Reviews in Pesticide Toxicology (Roe, R. M. and Kuhr, R. J. eds.), Vol. 3. Toxicology Communications Inc., Raleigh, NC, 1–20 PP.
- 52 Jacobson, M. 1989. Botanical insecticides. Past, present and future. In: Insecticides of Plant Origin. American Chemical Society (Arnason, J. T., Philogène, B. J. R. and Morand, P. eds.), Symposium Series No. 387, Washington, D.C., . 1–10 PP.
- 53 Jakab G., Ton J. et al. 2005. Enhancing *Arabidopsis* salt and drought stress tolerance by chemical priming for its abscisic acid responses. Plant Physiol. 139: 267-274
- 54 Jarvis, W.R. 1992. Managing diseases in greenhouse crops. American Phytopathological Society, St Paul, MN, p. 288.
- 55 Jeannequin B., Dosba F., Plénet D., Pitrat M., Chauvin J.E. 2011. Vers des cultures fruitières et légumières à hautes performances environnementales. Innovations Agronomiques 12 , 73-85.

- 56 Jijakli H. M. Le marché des agents de lutte biologique en Europe : situation actuelle et perspective
- 57 Kaiser-Alexnat R. 2008. Färberwaid (*Isatis tinctoria* L. ): perspektiven einer vielseitigen nutzpflanze. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 60(5): 97-103.
- 58 Kak, R.D., 2000. Biocontrol of plant diseases through neem. In: Proceedings of International Conference on Integrated Plant Disease Management for Sustainable Agriculture (Vol. I). Indian Phytopathological Society, IARI, New Delhi,
- 59 Keinath A. P. 1995. Reductions in inoculum density of *Rhizoctonia solani* and control of belly rot on pickling cucumber with solarization. Plant Disease 79 (12), 1213-1219
- 60 Kelm, M. A., Nair, M. G. and Schutzki, R.A. 1997. Mosquitocidal compounds from *Magnolia salicifolia*
- 61 Kong J. O. , Park I. K. , Choi K. S. , Shin S. C. & Ahn Y. J. 2007. Nematicidal and propagation activities of thyme red and white oil compounds toward *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Parasitaphelenchidae). J. Nematol. 39(3): 237-242.
- 62 Lambert, L. 2005. Le blanc: une maladie courante et coriace! Réseau d'avertissements phytosanitaires. Cultures en serres. Avertissement # 5. Sainte-Foy, QC.
- 63 Le Pichon. V, Romet L., Lambion J., 2008. Approche multi-niveaux de la gestion des bio-agresseurs : moyen d'analyse des expérimentations du Groupe de Recherche en Agriculture Biologique. Innovations Agronomiques (2008) 4, 91-99 Leaf Curl Newsletter 4: 2-3.
- 64 Lecoq H., Moury B., Desbiez C., Palloix A., Pitrat, M. 2004. Durable virus resistance in plants through conventional approaches: a challenge. Virus Research, 100, 31-39
- 65 Lepoivre, P. 2001. "Les systèmes de production agricole et la protection des cultures à la croisée des chemins." Biotechnologie Agronomie Société Environnement 5: 195-9
- 66 Lepoivre, P. 2003. Phytopathologie: bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. De Boeck Université, Bruxelles, Belgium, p. 432
- 67 Marchandier E. 2009. Etude fonctionnelle d'un centre d'interactions protéiques chez *Bacillus subtilis* par une approche intégrée. Thèse de doctorat Spécialité : Science de la Vie. Université paris XI UFR scientifique. France.
- 68 McNeely J.A, Scherr S.J. 2003. Ecoagriculture: Strategies to Feed the World and Save Wild Biodiversity. Island Press. 323 pp.
- 69 Messiaen C.M., Blancard D., Rouxel F., Lafon R. 1991. Les maladies des plantes maraîchères, 3ème édition, INRA Publications, Versailles, France
- 70 Nauen R. & Elbert A., 2003. European monitoring of resistance to insecticides in *Myzus persicae* and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) with special reference to imidacloprid. Bull. Entomol. Res., 93, 47-54.
- 71 Nicot P.C., 2008. Protection intégrée des cultures maraîchères sous serre : expérience et atouts pour un contexte en évolution. Cahiers Agricultures vol. 17, n° 1, janvier-février
- 72 Nigam, S.K., Mishra, G., Sharma, A., 1994. Neem: A promising natural insecticide. Appl Bot Abstr, 14: 35- 46.
- 73 Norris R.F., Caswell-Chen E.P., Kogan M. 2003. Concepts in Integrated Pest Management. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 586 p
- 74 Nürnberger T. & Brunner F., 2002. Innate immunity in plants and animals: emerging parallels between the recognition of general elicitors and pathogen-associated molecular patterns. Curr.

- Opin. Plant Biol. 5: 318-324.
- 75 Onen H. (2007). Autotoxic potential of mugwort (*Artemisia vulgaris*). *Allelopathy J.* 19(2): 323-336.
- 75 Ongena, M. and Jacques, P. 2008 .*Bacillus* lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology* 16: 115-125.
- 76 Panneton B., Vincent C., Fleurat-Lessard F. 2000. Bilan et perspectives pour la lutte physique en phytoprotection. In : Vincent C., Panneton B., Fleurat-Lessard F. (Eds.). *La lutte physique en phytoprotection*. INRA Publications, Versailles, France
- 77 Paulitz T.C., Bélanger R.R. 2001. Biological control in greenhouse systems. *Annual Review of Phytopathology*, 39, 103-133.
- 78 PENOEL, D., 1994. La médecine aromatique. *Research. Mediterranea* 1, 24-29.
- 79 Pilkington LJ, Messelink G, van Lenteren JC & Le Motee C, 2009. "Protected biological control". *Biological pest management in the greenhouse industry*. *Biological Control* .
- 80 Pimentel D., 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability* 7:229 252. *Protection* 19: 375-84.
- 81 Pitrat M., Causse M. 2004. Utilisation d'outils génomiques dans les programmes d'amélioration des plantes. Quelques exemples chez les plantes maraîchères. In : Boistard P., Sabbagh C., Savini, I. (Eds.). *L'amélioration des plantes. Continuités et ruptures*. Colloque INRA; Montpellier, 1-7
- 82 Regnault Roger C. (coord) 2005. *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. Editions Tec & Doc, Paris, 1013 pages.
- 83 Sauvion N., 1995 Effets et modes d'action de 2 lectines à mannose sur le puceron du pois, *Acrhosphon pisum* (harris). Potentiel d'utilisation des lectines végétales dans une stratégie de création de plantes transgéniques résistantes aux pucerons Thèse de doctorat.
- 84 Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree. *Annual Review of Entomology*, 30: 698–700.
- 85 Sevenet T. 2006. Toxines toxiques, toxines utiles chez les plantes. *Biofutur* 272: 30-34.
- 86 Singh, R.P., Raheja, A.K., 1996. Strategies in management of insect pests with neem (*Azadirachta indica* A.Juss.). In: *Neem and Environment* (Vol. I), (.Singh, R.P., Chari, M.S., Raheja, K., et al., eds.). Oxford and IBH publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India.
- 87 Smith C. M., 2005. *Plant resistance to arthropods*. Edition Springer, the Netherlands: 423p.
- 88 Soejarto D., Farnsworth N.R., 1989. Tropical rainforsts: potential sources of new drugs. *Perspectives in Biology and Medicine* 32, 244-258.
- 89 Stotzky, G. 2004. Persistence and biological activity in soil of the insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis*, especially from transgenic plants. *Plant and Soil* 266: 77-89. *The First Nine Years*". *BioTech InfoNet Technical Paper* 7 Oct. 2004
- 90 Thakore, Y. 2006. The biopesticide market for global agricultural use. *Industrial Biotechnology*. 2(3):294-208.
- 91 Theunissen J., Schelling G., 1996. Pest and disease management by intercropping: suppression of thrips and rust in leek. *International Journal of Pest Management*, 42 (4), 227-234.
- 92 Tolmay V. L., van der Westhuizen M. C. and van Deventer C. S., 1999. A six week screening method for mechanisms of host plant resistance to *Diuraphis noxia* in wheat accessions. *Euphytica*

- 107: 79-89.
- 93 Trottin-Caudal Y., Capy A. 2003. Protection intégrée de la tomate sous serre en France – situation actuelle et perspectives. In : Tomate sous abri. Protection intégrée, Agriculture Biologique. CTIFL, Paris, 208-212
- 94 Trouvelot S., Dubreuil C., et al. 2006. La potentialisation des défenses naturelles des plantes. *Phytoma – la défense des végétaux* 598: 38-40.
- 95 Vasantharaj D. 2008. Biotechnological approaches in IPM and their impact on environment. *Journal of Biopesticides*, (01-05).
- 98 Vieira Vaz M., Junia Canedo E., Caroline Machado J., Sérgio Vieira B. Antônio Lopes E., 2011. Controle biológico de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* com *Bacillus subtilis*. *PERQUIRERE Revista do Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Extensão* | ISSN: 1806 6399 Patos de Minas: UNIPAM, n. 8, vol. , pp. 203 212
- 99 Vincent C.S et Panneton B., 2001. «Les méthodes de lutte physique comme alternatives aux pesticides ». *VertigO-La revue en sciences de l'environnement sur le WEB*, vol 2, no 2, octobre, 8 p.
- 100 Wang K.G, Ferguson A., Shipp J.L., 1998. Incidence of tomato pinworm *keiferia Lycopersicoller walstingham* (Lepidoptera Géléchiidae) on green house tomato in southern Ontario and its control using mating disruption. PP 122-136
- 101 Zhang ZQ, 2003. *Mites of greenhouses. Identification, Biology and Control*. CABI, London.
- 102 Zhao, H.C., Li, G.J. and Wang, J.B. 2005. The accumulation of phytoalexin in cucumber plant after stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 43(3-4):187-193
- 103 Zitter T. et al, 1990. Control of tomato spotted wilt virus. *Greenhouse Canada*, October: 52-61