

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ BLIDA1
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

Projet de fin d'études en vue de l'obtention

Du diplôme de Master2

Spécialité : Phytopharmacie Appliquée

DISPONIBILITE DES COCCINELLIDAE
ENTOMOPHAGES EN RELATION AVEC L'UTILISATION
DES BIOPESTICIDES EN CULTURES D'AGRUMES

Présenté par : M^{elle} SMAIL AMINA

Devant le jury composé de :

| | | | |
|-----------------|--------|-------------------|------------------|
| Mme TOUAHRIA S. | M.C.B. | U.Blida 1 | Présidente |
| Mme ALLAL L. | Pr | U.Blida 1 | Promotrice |
| Mme MARNICHE.F. | M.C.A. | E.N.V. El Harrach | Co- Promotrice |
| Melle REMINI. L | M.A.A. | U.Blida 1 | Examinatrice |
| Mr MOUSSAOUI K. | M.A.B | U.Blida 1 | Examineur invité |

ANNEE UNIVERSITAIRE 2014/2015

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **Dieu** de m'avoir donné la santé, la patience et les moyens, à fin que je puisse accomplir ce travail la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail.

Mes remerciements les plus vifs s'adressent à ma promotrice **Mme ALLAL L.**, pour sa précieuse aide, ses encouragements, ces conseils, et son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes sincères remerciements vont à ma Co-promotrice **Mme MARNICHE F.**, pour son aide et sa disponibilité.

Ensuite, Je tiens à remercier les membres du jury de thèse d'avoir accepté d'honorer et d'enrichir mon travail. Pour cela, je leur exprime ma profonde reconnaissance et mes respects à **Mme TOUAHRIA S.**, **Mme REMINI L.**, et **Mr Moussaoui K.**, d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury et d'examiner ce travail.

À tous mes enseignants et mes professeurs qui ont assuré ma formation durant mes années universitaires car j'ai beaucoup appris avec eux. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance. Sans oublier de remercier **Mr DJAZOULI Z.E.**, **Mr AROUN M.E.E.**, **Mme AMMAD F.** et **Mme Nebih D.**

Aux personnels de laboratoire Phytopharmacie pour leur disponibilité et leur aide en particulier **M^r BENMALEM** et **M^{elle} DJMAI**.

Je remercie infiniment le directeur d'étude de l'I.N.S.F.P. de Bougara **Mr TAYEB K.**, de m'avoir permis de réaliser mon expérimentation dans les meilleurs conditions, ainsi que toutes l'équipe sans oublier également **Mr HMER EL AIN S.** et **M^{elle} LEUMERZ K.**

Ma profonde gratitude s'adresse également à **Mr AMOURI M^{ed} Amine**, pour son aide, son soutien moral et sa compréhension.

Que tous mes ami(e)s retrouve mes sincères remerciements de m'avoir soutenue par leur sympathie.

Dédicace

Dédicace

Je dédie le fruit de ce travail s'il a une récompense chez ALLAH à toutes les personnes qui ont une place particulière pour moi :

✚ *Mes très chers parents auxquels je témoigne toute ma reconnaissance pour leurs inquiétudes, leurs sacrifices et leurs encouragements durant mes études.*

✚ *Ma très chère sœur Manel et Mon très cher frère Nisso, que je les souhaite toute la réussite.*

✚ *Ma très chère grand-mère Djida Houria.*

✚ *A mes chères tantes, mes oncles mes cousin et mes cousines.*

✚ *À celui qui m'a poussé de réaliser le premier pas, qui a cru en moi et n'a cessé de me donner du courage et de me soutenir pendant les moments difficiles à Mr Amouri Med Amine.*

✚ *Et enfin, à toutes mes amies et mes collègues de l'U.Blida1 et toutes les personnes qui me connaissent de près ou de loin.*

Amina

DISPONIBILITE DES COCCINELLIDAE ENTOMOPHAGES EN RELATION AVEC L'UTILISATION DES BIOPESTICIDES EN CULTURES D'AGRUMES

Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer l'effet biocide de l'huile essentielle formulée à base d'*Eucalyptus globulus*, sur le complexe des pucerons d'agrumes et leurs prédateurs associés pendant la période hiverno-printanière, dans un verger d'agrumes de la région de Bougara (Mitidja Centrale). L'étude de l'entomofaune des prédateurs circulant dans le verger étudié a révélé avant l'application des solutions du biopesticide, la présence de 21 espèces d'importance hétérogène réparties en trois familles principales les chrysopidae, les syrphidae et les coccinellidae avec une plus grande fréquence d'apparition des espèces *Episyrphus balteatus*, *Rodolia cardinalis* et *Clitostethus arcuatus*. L'espèce *Scymnus subvillosus* est la plus abondante parmi les aphidiphages et la plus importante au sein des colonies du puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola*. Les huiles essentielles formulées à deux concentrations 1.5% et 3%, ont montré aux trois dilutions testées 3ml/l, 9ml/l et 12 ml/l, un effet toxique tardif sur les espèces aphidiennes traitées ainsi que leurs prédateurs coccinellidae, syrphidae et chrysopidae associées au niveau de la canopée, avec une reprise d'activité qui s'est manifesté dans les parcelles après 10 jours de l'application. Les résultats des traitements effectués à base de l'huile essentielle d'*E.globulus* à 1.5% dilué à 3µl/l et 12µl/l respectivement, sur une durée de 5 jours d'exposition au laboratoire sur les larves de *Scymnus subvillosus* nous ont permis de signaler des perturbations apparentes par rapport à la normale où l'huile essentielle d'*E.globulus* reste néanmoins non toxique sur les larves étant donné que les pourcentages des individus survivants sont restés en dessus de 60%. Les DL50 associés aux traitements biologiques appliqués par contact direct et indirect sur les larves ont été évalués à 1,002 µl/l et 1.001 µl/l. Les TL50 dépassent les 120h aux dilutions de 3µl/l, et 12 µl/l pour le traitement indirect particulièrement.

Mots clés : agrumes, prédateurs aphidiphages, *coccinellidae*, effet biocide, huiles essentielles, *Eucalyptus globulus*.

Liste des figures

| | | |
|---------------------|---|----|
| Figure 1.1 : | Les stades phénologiques des agrumes (AGUSTI et al., 1995, modifiée)..... | 6 |
| Figure 1.2 : | Schéma d'un corps de puceron (Hulléet 1999 ; MINKS ET HARREWIJN, 1987) | 9 |
| Figure 1.3 : | cycle de vie des pucerons (HULLE et al, 1999). | 10 |
| Figure 1.4 : | les différents agents de contrôle biologique des populations aphidiennes..... | 12 |
| Figure 1.5 : | Cycle biologique de la coccinelle (IPERTI, 1986 ; modifiée). | 14 |
| Figure 2.1 : | Limite géographique de la région de Bougara Echelle: 1/500 000 (Source support: Google earth) | 21 |
| Figure 2.2 : | Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie et diagramme ombrothermique à Bougara durant la période de l'étude. | 23 |
| Figure 2.3 : | Localisation de la région de Blida «Bougara » dans le climagramme d'Emberger. | 24 |
| Figure 2.4 : | Plan de localisation de la parcelle (Source support: Google earth) | 25 |
| Figure 2.5 : | Dispositif expérimental de la parcelle étudiée..... | 27 |
| Figure 2.6 : | Présentation des pièges utilisés (PERSONNEL, 2015)..... | 28 |
| Figure 2.7 : | Dispositif expérimental de la parcelle étudiée..... | 29 |
| Figure 2.8 : | Schéma récapitulatif du suivi de l'étude..... | 32 |
| Figure 3.1 : | Variabilité des pourcentages de fréquence d'apparition des entomophages et répartition de leurs classes de fréquence dans le verger étudié | 38 |
| Figure 3.2: | Fluctuations des abondances moyennes des principaux aphidiphages récoltés par pièges jaunes à eau durant la période étudiée. | 39 |
| Figure 3.3 : | Fluctuations des abondances moyennes des coccinellidae entomophages capturées par les pièges jaunes englués..... | 40 |
| Figure 3.4 : | Projection des variables temps-espèces d'aphidiphages capturés par pièges jaunes, sur le plan factoriel F1xF2 de l'AFC et dendrogramme associé des assemblages (CAH obtenue avec la distance euclidienne prise comme mesure de similitude, Past vers. 7.1) | 41 |
| Figure 3.5 : | Projection des variables temps-espèces d'aphidiphages capturés par pièges englués, sur le plan factoriel F1xF2 de l'AFC et dendrogramme associé des assemblages (CAH obtenue avec la distance euclidienne prise comme mesure de similitude, Past vers. 7.1). | 42 |
| Figure 3.6 : | Variations des abondances temporelles moyennes des aphides sous l'effet des traitements à base de l'huile essentielle d' <i>E. globulus</i> à 1.5% (a) et à 3%(b). | 43 |

| | | |
|----------------------|--|----|
| Figure 3.7 : | Projection des abondances aphidiennes sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'A.C.P. et dendrogramme associé de l'effet temporel des traitements (la distance euclidienne est prise comme de mesure similitude, PAST vers.7.1). | 44 |
| Figure 3.8 : | Evaluation de la toxicité du traitement à base d' <i>E. globulus</i> à 1.5% (a) et à 3% (b) sur l'abondance moyenne temporelle des coccinelles. | 45 |
| Figure 3.9 : | Projection des abondances populationnelles de <i>S. subvillosus</i> sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'A.C.P..... | 46 |
| Figure 3.10 : | Effets comparés des traitements à base d'huile essentielle d' <i>E. globulus</i> sur l'évolution temporelle des aphides et des coccinelles | 47 |
| Figure 3.11 : | Effets comparés des traitements biologiques sur l'abondance moyenne temporelle des espèces aphidiphages | 48 |
| Figure 3.12 : | Projection sur le plan factoriel F1xF2 des variables temporelles et des aphidiphages capturés après traitement par les pièges à eau, et assemblages associés (CAH établie avec la distance euclidienne prise comme mesure de similitude)..... | 49 |
| Figure 3.13 : | Projection sur le plan factoriel F1xF2 des variables temporelles et des coccinellidae prédateurs capturés après traitement par les pièges jaunes englués, et assemblages associés (CAH établie avec la distance euclidienne prise comme mesure de similitude). | 50 |
| Figure 3.14 : | Mortalités moyennes observées chez les larves de <i>S. subvillosus</i> sous l'effet du traitement à base d'Huile essentielle d' <i>E. globulus</i> au laboratoire. | 51 |
| Figure 3.15 : | Nombre moyen de larves s'alimentant durant la durée d'exposition au traitement à base d'Huile essentielle d' <i>E. globulus</i> au laboratoire. | 51 |
| Figure 3.16 : | Nombre moyen de larves ayant accompli leur nymphose durant la durée d'exposition au traitement à base d'Huile essentielle d' <i>E. globulus</i> au laboratoire. | 52 |
| Figure 3.17 : | Effets comparés de la toxicité des traitements biologiques par application directe et indirecte des traitements à base d'Huile essentielle d' <i>E. globulus</i> au laboratoire..... | 53 |
| Figure 3.18 : | DL50 des populations larvaires sous l'effet des traitements à base d'Huile essentielle d' <i>E. globulus</i> au laboratoire..... | 53 |
| Figure 3.19 : | TL50 des populations larvaires de <i>S. subvillosus</i> sous l'effet des traitements à base d'Huile essentielle d' <i>E. globulus</i> au laboratoire. | 54 |

TABLE DE MATIERES

RESUME

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DEDICACES

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|---|----|
| Introduction générale..... | 1 |
| Chapitre I : Synthèse bibliographique..... | 5 |
| I.1. Généralité sur les agrumes..... | 5 |
| I.1.1. Principales maladies des agrumes..... | 6 |
| I.1.2. Principaux ravageurs des agrumes..... | 6 |
| I.2. Généralités sur les pucerons des agrumes et moyens de lutte..... | 9 |
| I.2.1. Les principaux aphides des agrumes..... | 10 |
| I.2.2. Principaux moyens de lutte et contrôle biologique des populations aphidiennes..... | 12 |
| I.3. Généralités sur les Prédateurs coccinellidae..... | 12 |
| I.3.1 Les différents groupes des Coccinelidae selon leur régime alimentaire..... | 14 |
| I.3.1.1 Groupe des aphidiphages..... | 14 |
| I.3.2. Utilisation des Coccinelles en lutte biologique..... | 15 |
| I.4. Généralité sur les Bio-pesticides..... | 16 |
| I.4.1. Les insecticides d'origine botanique..... | 16 |
| II.4.2. Les huiles essentielles..... | 16 |
| I.4.2.1. Biodégradabilité..... | 17 |
| I.4.2.2. Résistance..... | 17 |
| I.4.2.3. Biodisponibilité..... | 17 |
| I.4.2.4. Modes d'action..... | 18 |
| II.4.3. Huile essentielle de l'eucalyptus globuleux..... | 18 |
| Partie expérimentale | |
| Chapitre II : Matériels et méthodes | 21 |
| I.1. Présentation de la région d'étude: Bougara..... | 21 |
| II.1.2. Caractéristiques climatiques..... | 21 |
| II.1.2.1. Températures, pluviométrie et diagrammes Ombrothermiques..... | 22 |

| | | | |
|-------|-----------|--|----|
| | II.1.2.2. | Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER) | 23 |
| | II.1.3. | Présentation du verger d'agrumes étudié..... | 24 |
| | II.1.3.1. | Délimitation de la parcelle expérimentale..... | 24 |
| II.2. | | Matériels utilisés sur terrain..... | 26 |
| | II.2.1. | Méthodologie adoptée sur le terrain..... | 26 |
| | II.2.1.1. | Piégeage à l'aide des bacs jaunes..... | 27 |
| | II.2.1.2. | Piégeage à l'aide des plaques jaunes engluées..... | 27 |
| | II.2.1.3. | Application du produit biocide..... | 28 |
| | II.2.1.4. | Dénombrement visuel..... | 29 |
| II.3 | | Méthodologie adoptée au laboratoire..... | 29 |
| | II.3.1. | Matériel utilisé au laboratoire..... | 29 |
| | II.3.1.1. | Matériel végétal..... | 29 |
| | II.3.1.2. | Matériel animal..... | 30 |
| | II.3.1.3. | Produit biocide..... | 30 |
| | II.3.2. | Méthodologie de travail..... | 31 |
| | II.3.2.1. | Identification des espèces d'insectes piégés..... | 31 |
| | II.3.2.2. | Montage des pucerons..... | 31 |
| | II.3.2.3. | Préparation du produit biocide..... | 31 |
| | II.3.2.4. | Essai de traitement biocide au laboratoire..... | 32 |
| II.4. | | Exploitation des données..... | 33 |
| | II.4.1. | Estimation des populations résiduelles..... | 33 |
| | II.4.2. | Estimation de la mortalité corrigée..... | 33 |
| | II.4.3. | Analyses statistiques..... | 34 |
| | II.4.3.1. | Analyse factorielle des correspondances (PAST vers. 1.37, Hammer et <i>al.</i> , 2001)..... | 34 |
| | II.4.3.2. | Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer et <i>al.</i> , 2001)..... | 34 |
| | II.4.2.3. | Analyses de la variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)..... | 34 |

| | |
|--|-----------|
| Chapitre III : Résultats..... | 36 |
| III.1. Etude du peuplement des entomophages prédateurs des aphides pendant la période hiverno-printanière..... | 36 |
| III.1.1. Etude du peuplement des entomophages prédateurs des aphides pendant la période hiverno-printanière..... | 36 |
| III.1.2. Diversité de l'entomofaune prédatrice des aphidiphages dans le verger d'agrumes étudié..... | 39 |
| III.1.2.1. Abondances des entomophages capturés par bacs jaunes à eau et par plaques jaunes englués..... | 39 |
| III.1.2.2. Analyse de la structure temporelle des assemblages d'aphidiphages dans le verger étudié..... | 40 |
| III.2. Evaluation de l'effet des traitements à base de l'huile essentielle formulée d'<i>Eucalyptus globulus</i> par observations directes dans le verger étudié..... | 42 |
| III.2.1 Evaluation de l'effet des traitements sur l'abondance des aphides..... | 42 |
| III.2.2. Tendance de l'efficacité de l'huile essentielle d'<i>E.globulus</i> sur l'abondance des aphides..... | 43 |
| III.2.3. Evaluation de l'effet des traitements sur l'abondance des coccinelles..... | 45 |
| III.2.4. Tendance de l'efficacité de l'huile essentielle d'<i>E. globulus</i> sur l'abondance de <i>Scymnus subvillosus</i>..... | 45 |
| III.2.5. Effet comparé des deux formulations de l'huile essentielle d'<i>E. globulus</i> sur les populations des aphides et des coccinelles..... | 46 |
| III.3. Evaluation de l'effet des traitements à base de l'huile essentielle formulée d'<i>Eucalyptus globulus</i> sur l'entomofaune des aphidiphages capturée par bacs jaunes à eau et par plaques engluées..... | 47 |
| III.3.1. Variations des abondances temporelles des aphidiphages capturés par bacs jaunes à eau avant et après traitement..... | 47 |

| | | |
|------------|--|----|
| III.3.2. | Analyse de la structure temporelle des assemblages des coccinellidae capturés à l'aide des pièges jaune à eau après l'application des traitements biologiques..... | 48 |
| III.3.3. | Analyse de la structure temporelle des assemblages des coccinellidae capturés à l'aide de pièges jaunes englués après l'application des traitements..... | 49 |
| III.4. | Evaluation des traitements biologiques de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> sur les larves de <i>S. subvillosus</i> au laboratoire. | 50 |
| III.4.1. | Effets sur les paramètres biologiques et comportementaux..... | 50 |
| III.4.1.1. | Effets sur la mortalité..... | 50 |
| III.4.1.2. | Effets sur la prise alimentaire..... | 51 |
| III.4.1.3. | Effets sur la nymphose..... | 51 |
| III.4.2. | Evaluation de la toxicité des traitements biologiques sur les larves de <i>S. subvillosus</i> au laboratoire..... | 52 |
| III.4.2. | DL50 et TL50 associés aux traitements biologiques appliqués par contact direct et indirect sur les larves..... | 53 |
| | Discussion générale..... | 55 |
| | Conclusion et perspective..... | 64 |
| | Références bibliographiques | |
| | Annexes | |

Liste des tableaux

| | | |
|----------------------|---|----|
| Tableau 1.1 : | Principales maladies des agrumes (BAILLAY <i>et al.</i> , 1980 ; BOVE et VOGEL, 1981; COUSSIN, 1995) | 7 |
| Tableau 1.2 : | Principaux ravageurs des agrumes (BICHE 2012)..... | 8 |
| Tableau 1.3 : | les principaux aphides des agrumes (SEKKAT, 2007 ; REBOUR 1966; BALACHOWSKY 1966 ; CHAPOT, et DELUCCHI, 1964). | 11 |
| Tableau 1.4 : | Fiche d'identification et Principaux constituants biochimique d' <i>E. globulus</i> | 18 |
| Tableau 2.1 : | Présentation des différentes cultures mise en place dans le site d'étude..... | 25 |
| Tableau 2.2 : | Travaux d'entretien effectué au niveau du verger étudié..... | 26 |
| Tableau 2.3: | Différentes dilutions utilisées dans le traitement..... | 31 |
| Tableau 3.1 : | Fréquence d'occurrence (Fr%)et relation trophique des espèces entomophages prédatrices récoltées dans le verger d'agrumes.. | 37 |
| Tableau 3.2 : | Classes de fréquence des espèces entomophages prédatrices récoltées dans le verger d'agrumes de janvier à mai 2015 à Bougara. | 38 |
| Tableau 3.3 : | Modèle linéaire global appliqué à l'effet temporel comparé de l'huile essentielle formulée d' <i>E. globulus</i> sur le complexe aphides-coccinelles..... | 47 |
| Tableau 3.4 : | Comparaison des moyennes (Analyse de la variance, Modèle linéaire global) des populations résiduelles des larves de <i>S. subvillosus</i> sous l'effet du traitement à base d'Huile essentielle d' <i>E. globulus</i> au laboratoire..... | 52 |

LISTE DES ABRÉVIATIONS

| | |
|----------------|---|
| Km : | kilomètre |
| Ha : | hectare |
| INSFP : | Institut Nationale Spécialisé en Formation Professionnelle |
| ml : | millilitre |
| µl : | microlitre |
| N : | nombre |
| Q2 : | Coefficient pluviométrique |
| mm : | millimètre |
| g : | gramme |
| P.R : | population résiduelle |
| °C : | degré Celsius |
| % : | pourcentage. |
| AFC : | Analyse Factorielle des Correspondances |
| C.A.H : | classification ascendante hiérarchique |
| G.L.M : | modèle linéaire global |
| HE : | huile essentielle |
| h : | heurs. |
| L : | litre |

AVAILABILITY OF COCCINELLIDAE PREDATORY FAUNA IN RELATION WITH THE USE OF BIOPESTICIDES IN CITRUS

Abstrat

This study aims to evaluate the biocidal effect of the essential oil formulated from a forest plant species (*Eucalyptus globulus*), on the complex of citrus aphids and their associated predators during the winter-spring period, in an orange orchard at Bougara region (Central Mitidja). Before the application of the biopesticide solutions, the insect predatory fauna circulating in the studied orchard revealed the presence of 21 insect species divided into three main families of heterogeneous importance: the Chrysopidae, the Syrphidae and Coccinellidae with a greater occurrence frequency of the species *Episyrphus balteatus*, *Rodolia cardinalis* and *Clitostethus arcuatus*.

The species *Scymnus subvillosus* is among the most abundant aphid predatory insects and the most important within colonies of the green citrus aphid *Aphis spiraecola*.

Essential oils prepared at two concentrations 1.5% and 3%, showed that the three tested dilutions 3ml/l, 9ml/l and 12ml/l, have a late toxic effect on aphid species and their associated Coccinellidae, Syrphidae and Chrysopidae predators at the canopy level, with a recovery of activity that appeared after 10 days of application. The results of the processing performed over a period of 5 days of exposure at the same concentrations and dilutions in the laboratory on *Scymnus subvillosus* larvae allowed us to report apparent behavioral disturbances compared to a normal one in controls where the essential oil of *E. globulus* remains not toxic to the larvae since the percentages of surviving individuals remained above 60%.

The LD50 associated with biological treatments applied by direct and indirect contact on the larvae were assessed at 0.002 μ l/l and 1.001 μ l/l. The LT50 exceeded 120h for 3 μ l / l, and 12 μ l / l dilutions for the indirect treatment particularly.

Key words:

Citrus, essential oils, Coccinellidae, biocide effect, species predator, *Eucalyptus globulus*

CHAPITRE I : Synthèses bibliographiques

Dans ce chapitre on va aborder un aperçu général sur les agrumes, les Aphides, les Coccinelles et les bio-pesticides.

I.1 Généralités sur les agrumes

Les agrumes, Rutacées appelés Hespérides dans la mythologie grecque, ont une grande importance dans le développement économique et social des pays producteurs (LOUSSERT, 1989 ; BAILEY *et al.*, 2006). L'agrumiculture représente pour le pays un intérêt certain non seulement sur le plan social puisqu'elle exige une importante main d'œuvre, mais aussi sur le plan économique, car elle offre une haute rentabilité quand elle est bien conduite (MUTIN, 1969 ; BERKANI, 1989).

Ces espèces sont originaires du sud-est asiatique regroupent le genre *Citrus*, *Poncirus* et *Fortunella*. (DE-ROCCA et OLLITRAULT, 1992). Le genre *Citrus* est représenté par l'oranger, le citronnier, le mandarinier, le pomelo, le bigaradier et le cédratier. Le genre *Fortunella* est représenté par le kumquat et le genre *Poncirus* par le *Poncirus trifoliata* (TANAKA, 1961).

Le développement de la frondaison des agrumes se fait sous forme de flux végétatif ou poussée foliaire (figure 1.1). Ce phénomène s'observe même en climat tropical humide où les conditions permettent une activité végétative continue (PRALORAN, 1971). Il existe généralement 3 flux végétatifs par an qui se manifeste sur les jeunes ramifications dès que la température atteint 12°C et se poursuit jusqu'à 35°C- 36°C ; selon AGUSTI *et al.*, (1995) et qui sont cités comme suit :

- Au printemps (de la fin février au début mai), les ramifications s'allongent et se développent de jeunes feuilles de coloration vert clair ; certaines de ces nouvelles pousses sont fructifères.
- En été (juillet-septembre) se développe la pousse d'été qui est la moins importante et dont la vigueur dépend des températures, des irrigations et de la vigueur de l'arbre.
- En automne (d'octobre à la fin novembre) apparaît la pousse d'automne qui assure en partie le renouvellement du feuillage, et l'évolution des fruits.

Les arbres des agrumes se cultivent dans un sol profond, drainés avec un mélange d'argile, de sable et de limon dont le pH compris entre 6,5 et 7,5 (BAILET, 2011). Les Citrus peuvent bien se produire sous une température allant de 13 à 39°C (NYABYENDA, 2006). En terme de besoins en eau, 120 mm par mois, soit 1200 à 1500 mm par an, représentent une quantité d'eau au-dessous de laquelle la culture des agrumes nécessite une irrigation (WALALI *et al.*, 2003 ; VAN Ee, 2005). Le choix du porte-greffe, la taille des arbres, la fertilisation avec des amendements organiques et minéraux ; ainsi que les traitements phytosanitaires sont des facteurs essentiels de réussite de la culture car il peut conférer à la plante une tolérance à des maladies

et à des ravageurs ou même les contraintes abiotiques (BOURARACH *et al.*, 1990 ; WALALI *et al.*, 2003 ; BAILET, 2011).

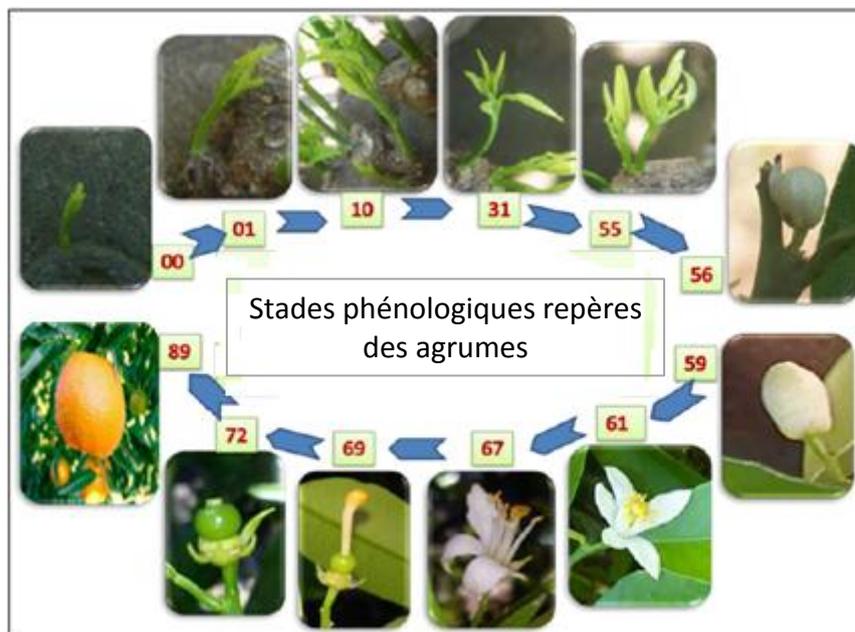


Figure 1.1 : Les stades phénologiques des agrumes (AGUSTI *et al.*, 1995, modifiée)

I.1.1. Principales maladies des agrumes

Les agrumes sont sujets à des maladies virales, bactériennes ou cryptogamiques qui causent très souvent des dommages considérables aux agrumes, et affectent considérablement la récolte en détruisant les fruits et/ou les arbres. Certaines maladies sont économiquement très importantes (BOVE et VOGEL, 1981) (Tableau 1.1).

I.1.2. Principaux ravageurs des agrumes

Les insectes constituent aussi une part non négligeable dans la baisse de rendement des agrumes en l'occurrence les diptères, les micro-lépidoptères et les homoptères, ainsi que les acariens et les nématodes. Selon PRALORAN (1971), le nombre d'espèces phytophages nuisibles des agrumes sont extrêmement nombreux et variées. Nous avons cité uniquement les espèces qui causent d'importants dégâts aux vergers d'agrumes (BICHE, 2012) (Tableau 1.2).

Tableau 1.1 : Principales maladies des agrumes (BAILLAY *et al.*, 1980 ; BOVE et VOGEL, 1981; COUSSIN, 1995)

| Maladie | Nom | Symptôme et dégât | Image |
|--------------------------------|--|--|---|
| Maladies virales | virus de Tristeza(CTV) | les anomalies de la croissance et les inhibitions de la formation des pigments ils sont transmissibles par bouturage, greffage, ou par des Homoptères agrumicoles polyphages (BAILLAY <i>et al.</i> , 1980, COUSSIN, 1995) |  |
| Maladies bactériennes | Chancre bactérien (<i>Xanthomonas axonopodis</i>) Flétrissement (<i>Pseudomonas syringae</i>) | Les bactéries provoquent la pourriture, la Tumeur, les chancres par les toxines qu'elles émettent. Elles peuvent causer des lésions à distances. L'infection peut se faire par les orifices naturels comme les stomates ou les lenticelles ou par des agents de propagation (BAILLAY <i>et al.</i> , 1980) |  |
| maladies cryptogamiques | <i>Fusarium</i> sp <i>Phytophthora</i> sp | L'arbre semble perdre de la sève à travers l'écorce au niveau du tronc et des branches principales, créant des boursouflures sous l'écorce de l'arbre et des plaques transparentes jaune clair d'épaisseur variable sur l'écorce (BOVE et VOGEL, 1981). |  |

Tableau 1.2 : Principaux ravageurs des agrumes (BICHE, 2012)

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

I.2.Généralités sur les pucerons des agrumes et moyens de lutte

Les pucerons ou aphides constituent un groupe d'insectes phytophages extrêmement répandu et important dans le monde qui s'est diversifié parallèlement à celui des plantes à fleurs.

D'après BALACHOWSKY et MESNIL (1966), les aphides appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, à la classe des insectes, à l'ordre des Hemiptera, au sous Ordre des Aphidinea, à la Super Famille des Aphidoidea, à la Famille des Aphididae et à la sous Famille des Aphidinae.

D'après (LECLANT, 1996 ; HULLÉ et *al*, 1998), plus de 4500 espèces sont connues dans le monde. Les aphides sont caractérisés par leur petite taille oscillant entre 0.5 et 6 millimètres (BALACHOWSKY et MESNIL, 1936). Ils peuvent être nus ou recouverts d'une pulvérulence plus ou moins épaisse ou parfois d'une cire abondante et floconneuse (LECLANT, 1996), de corps globuleux ou aplati, ovale ou sphérique, de couleur très variable (Figure1.2).

Les pucerons sont uniquement opophages (HULLÉ et *al*, 1998). Grâce à leur appareil buccal de type piqueur-suceur, ils se nourrissent de la sève des plantes et peuvent transmettre à celle-ci des viroses (DEDRYVER, 1982).

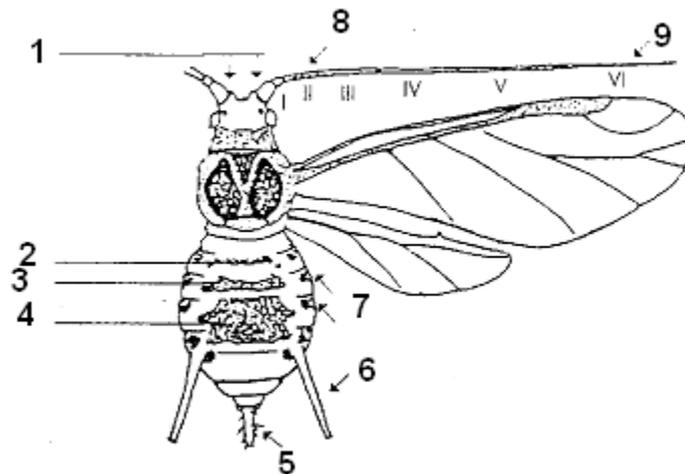


Figure 1.2: Schéma du corps d'un puceron (HULLE, 1999 ; MINKS ET HARREWIJN, 1987), (1-Tubercules frontaux, 2- 3-Bonde, 4-Plaque dorsale, 5- coda 6-cornicule, 7- Sclérites marginaux, 8- Rhinaries, 9- fouet)

Les aphides ont un cycle complexe avec un polymorphisme sexuel, leurs permettant d'exploiter leurs plantes hôtes au maximum (BALACHOWSKY et MESNIL, 1936). Ils se reproduisent par viviparité clonale au printemps et en été avec une reproduction ovipare sexuée plasticité phénotypique, car ils montrent une extrême variété de formes selon les conditions environnementales et au cours de leur cycle annuel. (OLIVIER, MORGANE, 2010).

Le cycle des pucerons peut être de deux formes suivant l'espèce : Monoécique : tout le cycle sur la même plante, Dioécique : première partie du cycle sur un hôte

primaire (hivernation sous forme d'œufs puis apparition des fondatrices), et seconde partie sur l'hôte secondaire (succession des générations asexuées au printemps et en été) (BALACHOWSKY et MESNIL, 1936) (figure 1.3).

Si l'hiver est doux, certaines espèces peuvent se maintenir toute l'année sur leurs hôtes secondaires. En climat tempéré, la plupart des espèces de pucerons présentent un cycle complet comportant une génération d'individus sexués.

Les pucerons sont dotés d'une capacité de multiplication très élevée : 40 à 100 descendants par femelle, ce qui équivaut à 3 à 10 pucerons par jour pendant plusieurs semaines, (DEDRYVER, 1982).

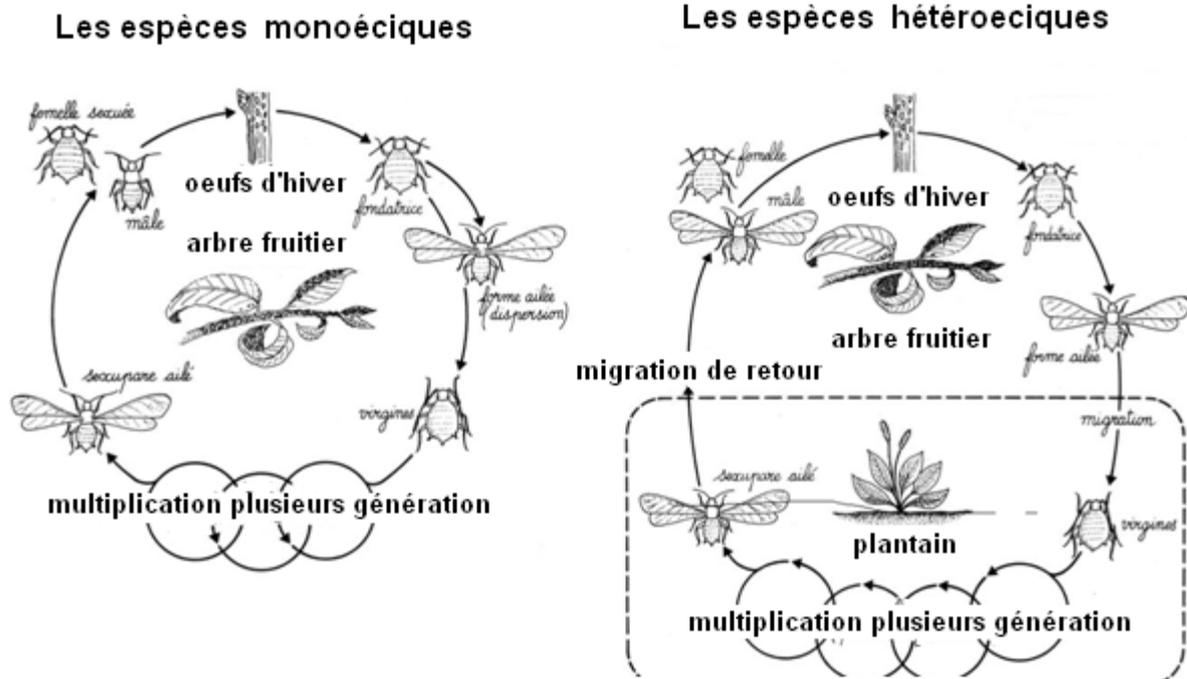


Figure 1.3 : cycle de vie des pucerons (HULLE et al, 1999).

I.2.1. Les principaux aphides des agrumes

Les principaux espèces aphidiens des agrumes rencontrés sont (*Aphis spiraecola*, *A. gossypii*), mais d'autres peuvent également se retrouver sur les agrumes comme *Toxoptera aurantii* et *T. citricida* vecteurs de viroses dont la plus connue est la Tristeza (SEKKAT, 2007) (tableau 1.3).

Tableau 1.3 : Les principaux aphides des agrumes (SEKKAT, 2007 ; REBOUR 1966; BALACHOWSKY 1966 ; CHAPOT, et DELUCCHI, 1964).

| Espèce | Caractéristique | Image |
|--|---|---|
| <i>Aphis citricola</i> (Patch. 1914) | présente des cornicules et une cauda noires. cette espèce est rencontrée sur les Agrumes, poirier et aussi sur plantes ornementales (SEKKAT, 2007). |  |
| <i>Aphis gossypii</i> Glov. (1877) | Cette espèce est de couleur vert foncé, ou jaune pâle parfois rougeâtre à brunâtre, a une taille de 0,9 à 2mm. Le corps est arrondi, les tubercules antennaires sont réduits; les cornicules sont courtes et noires foncées sur toute la longueur et la cauda est effilée portant deux à quatre paires de soies latérales. ce puceron peut développer près d'une soixantaine de générations par an (SEKKAT, 2007) |  |
| <i>Toxoptera aurantii</i> | Le puceron noir des citrus, se distingue par un ptérostigma noir Les cornicules sont plus longues que la cauda. à proximité des cornicules, il y a des sclérites post-corniculaires à aspect très réticulé (REBOUR 1966; BALACHOWSKY 1966 et SEKKAT, 2007). leur polyphagie signalée sur un grand nombre de plantes économiquement importantes (CHAPOT, et DELUCCHI, 1964). |  |
| <i>Myzus persicae</i> (Sulz, 1776). | Le corps de cet aphide est en forme de poire, de couleur vert pâle, jaune pâle à vert, rose à rougeâtre, de taille entre 1,5 à 2,5 mm. Les antennes sont plus courtes que le corps, l'abdomen est de forme ovale avec des taches présentes uniquement sur la face dorsale. Les cornicules sont courtes, la queue est courte et triangulaire |  |

I.2.2. Principaux moyens de lutte et contrôle biologique des populations aphidiennes

Les moyens culturaux permettent de réguler les populations aphidiennes, tel que la taille, Le broissage des troncs. Aussi le labour augmente la résistance de la plante et diminuent des foyers d'hivernation des ravageurs (CHABOUSSOU, 1975 et HAMMOUTENE, 2010).

Actuellement, les produits bio-insecticides sont conçus pour perturber certaines fonctions biochimiques essentielles à la survie de l'insecte ravageur visé. En ciblant des protéines à structure tridimensionnelle particulière et propres à un groupe d'insecte, ils garantissent un haut niveau de sélectivité et par conséquent, ne présentent que peu ou pas de risque pour la santé humaine, les espèces non ciblées et l'environnement (VANDERMOTEN et *al.*, 2008).

Les pucerons constituent une nourriture pour un cortège d'espèces prédatrice telles que les Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae, Hemerobidae et Miridae, et d'espèces parasitoïdes (Hemenoptères, Aphelinidae et Braconidae), ainsi que des champignons entomopathogènes. Ces agents naturels contribuent à maintenir un équilibre biologique (BELHADI et *al.*, 1999) (Figure 1.4).



Figure 1.4 : les différents agents de contrôle biologique des populations aphidiennes

I.3. Généralités sur les Prédateurs coccinellidae

La faune auxiliaire constitue l'un des principaux facteurs de limitation des ravageurs. En fonction de leur efficacité prédatrice, les coccinelles entomophages ont été classées en prédateur "de choc" ou de "faiblesse" (IPERTI, 1978). Les coccinelles sont des coléoptères de la famille des coccinellidae (environ 4000 espèces connues), sont toutefois les plus abondantes et réparties dans le monde entier (WU et *al.*, 2004). Elles appartiennent au sous-ordre des Polyphaga et à la superfamille des Cucujoidea (GOURREAU, 1974). Dans une étude phylogénique basée sur la comparaison des caractéristiques morphologiques externes des larves et des adultes, SASAJI (1968) divise les Coccinellidae en 6 sous familles : Sticholotinae, Chilocorinae, Coccinellinae, Epilachninae, Coccidulinae et Scymninae (KOVAR, 1996).

Les coccinelles sont relativement difficiles à caractériser au niveau de la famille (VANDENBERG, 2002). Elles sont reconnues par les palpes maxillaires dont le dernier segment est sécuriforme. Le métasternum et le premier segment abdominal est pourvu d'une suture fémorale, La présence des cinq paires de stigmates fonctionnels, des élytres jamais tronqués à l'apex et en fin une tête non recouverte par le rebord antérieur du pronotum.

Les coccinelles n'atteignant jamais plus de 1cm de taille et pouvant descendre au-dessus de 1 mm pour les formes réduites, leur forme est régulièrement arrondie, presque hémisphérique ou ovalaire, convexe, au corps glabre ou pubescent (BALACHOWSKY, 1962).

La tête est rétractée et les antennes, courtes, se terminant par une petite massue. Les élytres sont convexes, glabres ou séparées l'une de l'autre par une suture sans impression, à ponctuation plus ou moins inégale, simple ou double. La fusion des deux élytres donne la forme ovalaire du corps chez la plupart des espèces. L'apex peut être pointu ou en demi-cercle. La coloration des élytres est souvent variable chez la même espèce.

Les œufs des coccinelles sont généralement de forme ovale allongée mais peu rétrécie vers les deux extrémités, plus moins effilée ou arrondie à l'apex. Leur taille varie selon les espèces : de 0.38 à 2.5 mm. Ils sont généralement pondus isolés ou en groupe au niveau des feuilles ou des écorces d'arbres (DEROLEZ et al.,2014) . La larve comprend quatre stades dont la durée et la taille varient selon les espèces et la température. Elle présente une morphologie assez comparable : corps allongé hérissé de tubercules en relief et munie de longues pattes. La tête est hypognathe transversale, sétifère, légèrement rétrécie à ces deux extrémités (DEROLEZ et al., 2014).Les dimensions des nymphes sont variables d'une espèce à une autre, mesurant entre 1.66 mm de long et 01 mm. La coloration est toujours bigarrée et plus ou moins spécifique. En général, les nymphes sont fixées au substrat par la partie postérieure de l'exuvie nymphale et demeurent attachées par ce point après la sortie de l'adulte (SAHARAOUI, 1998).

La majorité des coccinelles sont actives entre le mois de d'avril et juillet, c'est aussi la période de multiplication (reproduction) de toutes les coccinelles (SAHARAOUI, 1994). La durée du cycle dépend des conditions climatiques (température, humidité relative et photopériode) et l'abondance de la nourriture. Chez la plupart des coccinelles, elle est d'un mois environ. Le nombre de générations varie d'une région à une autre et d'une espèce à une autre. Dans un cycle, on peut rencontrer d'une à quatre générations par an (figure 1.5) (IPERTI, 1986).

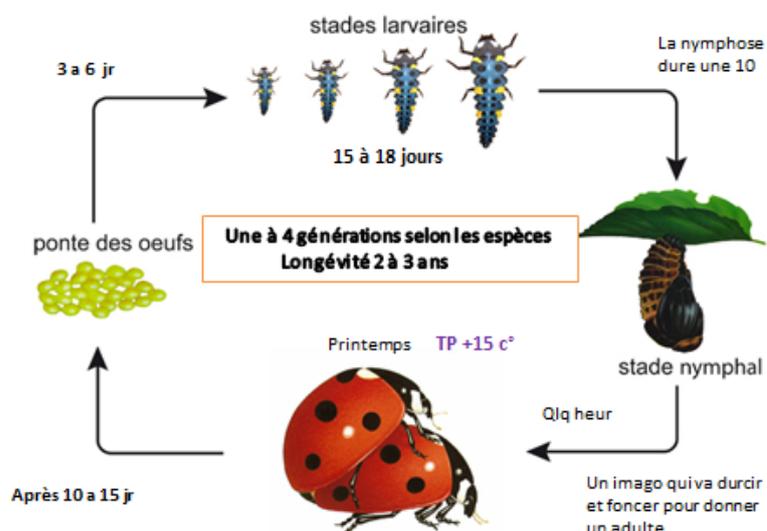


Figure 1.5 : Cycle biologique de la coccinelle (IPERTI, 1986 ; modifiée).

I.3.1 Les différents groupes des Coccinellidae selon leurs régimes alimentaires

Selon BICHE (2012), Les coccinelles sont des prédateurs généralistes. La voracité des coccinelles varie selon les espèces et la proie (LUCAS, 1993, AROUN, 1985, LAAMARI, 2004). La plupart des coccinelles ont l'avantage relatif de pouvoir se nourrir de proies alternatives. Une proie alternative permet à la coccinelle de survivre en l'absence de sa proie de préférence, qu'elle recommence à consommer aussitôt que possible. Ainsi, ces prédateurs généralistes peuvent survivre à une baisse de l'occurrence du ravageur visé et mieux s'implanter (Ahmad Pervez, 2007). Indépendamment du classement entomologique, on peut considérer les coccinelles en plusieurs groupes selon leur type d'alimentation essentielle.

Le groupe des mycophages consomme les champignons de type mildiou ou oïdium en titre d'exemple, le groupe des aleurodiphages présenté par *Clitostethus arcuatus* et *Delphastus sp.*, se manifestent une activité prédatrice sur les aleurodes *Stethorus punctillum* Weise, est l'unique espèce de coccinelle acariphage identifiée en Algérie. Sa particularité est d'exercer une importance prédation d'Acariens du groupe des Tétranyques, Selon SAHARAOU (1998), les coccinelles coccidiphages constituent après les aphidiphages. Le groupe entomophage le plus important en Algérie: il joue en effet un rôle intéressant pendant toute l'année.

I.3.1.1 Groupe des aphidiphages

Les coccinelles sont toutefois les plus abondantes (WU et al, 2004), sont des prédateurs important du puceron, pouvant manger un puceron aptère en moins d'une minute (COSTAMAGNA et LANDIS, 2007), et jusqu'à 270 pucerons par jour (XUE et

al, 2009). D'après SAHARAOUI et al. (2001), en Algérie les coccinelles aphidiphages ne renferment pas moins de 25 espèces repartis en 4 sous-familles.

Les espèces *Coccinella algerica*, *Hippodamia (Adonia) variegata*, *Coccinella undecimpunctata*, *Scymnus (Pullus) subvillosus*, *Scymnus interrupteurs* et *Scymnus pallipediformis* sont parfaitement acclimatées dans toutes les régions d'Algérie, même au Sud. En revanche, les espèces *Exochomus nigripennis* et *Scymnus levillanti* malgré leur présence dans certaines régions du Nord (Mitidja, Sahel algérien), elles semblent être très commune dans les régions du Sud plus particulièrement à Ouargla, Biskra, et El -Oued (SAHARAOUI, 1994).

Les pucerons *Aphis fabae*, *Aphis citricola*, *Aphis gossypii*, *Aphis craccivora*, *Toxoptera aurantii*, *Hyalopterus pruni* et *Myzus persicae* constituent la nourriture essentielle de la majorité des coccinelles recensées (SAHARAOUI, 1994).

I.3.2.Utilisation des Coccinelles en lutte biologique

La lutte biologique est une méthode de lutte contre les ravageurs des cultures qui fait appel à des organismes vivants (prédateurs, parasitoïdes) ou à leurs produits (toxines bactériennes ou virales). Il est possible de diviser les moyens ou méthodes de la lutte biologique en deux catégories, celle qui n'a pas recours à des auxiliaires et celle qui y a recours.

Les méthodes n'ayant pas recours à des auxiliaires regroupent l'utilisation de la résistance des plantes, l'épandage d'extraits végétaux et la lutte par confusion sexuelle. Il s'agit essentiellement de la lutte autocide ou l'utilisation de la stérilité mâle, la lutte génétique ou variétale (PINTUREAU, 2009)

Parmi les auxiliaires prédateurs et parasitoïdes, que sont utilisés en lutte biologique, les coccinelles occupent une place importante (IPERTI et BRUN, 1970). Selon DELASSUS et al. (1931), cité par DOUMANDJ-MITICHE et DOUMANDJ (1993), en Algérie trois cas d'utilisation des Coccinelles en lutte biologique sont à noter. Il s'agit de l'acclimatation de :

- *Novius cardinalis* (Coleoptera, Coccinellidae) pour lutte contre la cochenille Australienne *Icerya purchasi* (Homoptera, monophlebinae) des Agrumes en 1922 dans la région de Boufarik.
- *Pharoscyrnus ancharago* Fairm (Coleoptera, Coccinellidae) prédateur de la Cochenille blanche du Palmier-dattier *Parlatoria blanchardi* Targ (Homoptera, Parlatorinae) en 1925, dans la région de Bechar avec BALACHOWSKY.
- *Cryptoloemus Montrouzieri* Muls (Coleoptera, Coccinellidae) prédateur de la Cochenille farineuse *Pseudococcus citri* (Homoptera, Pseudococcidae) des agrumes en 1931, au jardin d'essai du Hamma (Alger) avec TRABUT.

I.4. Généralité sur les Bio-pesticides

La lutte biologique correspond à l'utilisation d'organismes naturels pour détruire ou contrôler d'autres organismes nuisibles dans un agroécosystème ou au niveau d'espaces naturels. Ces agents sont regroupés sous l'appellation de biopesticides (WAAGE et GREATHEAD, 1986). On distingue des organismes prédateurs (insectes, nématodes, plantes, mammifères, etc....) mais également des protistes (bactéries, virus, champignons) (LECADET, 1996 ; SILVY et RIBA, 1999 et YAMAMOTO, 2001), ou substances d'origine naturelle synthétisée par ces derniers, et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issu de la chimie (FERRON, 1978).

I.4.1. Les insecticides d'origine botanique

Les Biocides inertes sont des molécules allélochimiques végétales exerçant sur les insectes une grande variété d'effets qui sont classés selon leur mode d'action en substances : défensives, toxiques, répulsives, inhibitrices de la digestion, attractives, inductrices de captures ou de pontes, etc. Par conséquent, ces molécules allélochimiques développent une sélectivité (REGNAULT-ROGER et *al.*, 2008), dont plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées (GRAINGE et AHMED, 1988).

Les études sur l'efficacité des fractions des plantes aromatiques démontrent qu'il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces pour une même huile essentielle (SHAAYA et *al.*, 1991) ,ou pour un même composé (REGNAULT-ROGER, 1999). De même façon nous avons observé qu'une même molécule allélochimique n'exerce pas forcément la même activité sur les différents stades du cycle reproductif d'un insecte, c'est-à-dire que la sensibilité d'un insecte peut évaluer en fonction de son développement physiologique (REGNAULT-ROGER, 2005).

II.4.2. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des complexes naturels de molécules volatiles et odorantes, synthétisées par les cellules sécrétrices des plantes aromatiques (DUQUENOIS, 1968). Toutes les parties de la plante peuvent contenir des huiles essentielles dans des vésicules spécialisées (CHARPENTIER et *al.*, 2008).

L'extraction des huiles essentielles se fait par divers procédés dont l'entraînement à la vapeur d'eau et l'hydrodistillation (MARTEL, 1977 ; ESSERIC, 1980) et la pression mécanique à froid (NAVES, 1974 ; PARIS et AURABIELLE, 1981 ; PERUT, 1986). Le choix de la méthode d'extraction dépend de la qualité recherchée et de la nature du matériel végétal à extraire, les huiles essentielles sont de véritables concentrés de substances aromatiques et de principes actifs, d'où leur administration

à des doses extrêmement faibles. Quelques gouttes suffisent pour agir sur l'organisme ou sur un système ou un organe spécifique (TOTH *et al.*, 2003).

Les biopesticides à base d'huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt. Plusieurs sont aussi efficaces que les produits de synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes (SZAFRANSKI *et al.*, 1991). Leur toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, anti-nutritionnelle et inhalatrice (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI 1995 ; KEÏTA *et al.*, 2000). Ils peuvent agir directement sur la cuticule des arthropodes à corps mous. En général, les huiles essentielles sont connues comme des neurotoxiques à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes. Ces huiles sont donc peu toxiques pour les animaux à sang chaud. Cependant Leur mode d'action est relativement peu connu chez les insectes (BEKELE et HASSANALI, 2001). La composition des huiles essentielles est très complexe. Selon BAKKALI *et al.* (2008), une huile essentielle peut contenir de 20 à 60 éléments biochimiques différents tels que les Terpènes, aldéhydes, cétones, phénols, lactones, esters, en sont les composants principaux.

I.4.2.1. Biodégradabilité

Les composés allélochimiques végétales sont facilement biodégradables par voie enzymatique. Leur durée de demi-vie est de quelques heures à quelques jours (ISMAN, 2005; KLEEBERG, 2006). Ces composés appartiennent au métabolisme secondaire des polyphénols, des terpènes, des alcaloïdes ou glucosides et des cyanogénitiques, (REGNAULT-ROGER *et al.*, 2008).

I.4.2.2. Résistance

L'utilisation des insecticides phytochimiques de manière systématique, répétée et sans discernement, peut engendrer une résistance chez les insectes. pour cela, il faut mettre en œuvre une approche intégrée impliquant différentes méthodes de lutte et limiter les fréquences d'épandages et surtout varier les formulations en associant plusieurs composés de mode d'action différents (REGNAULT-ROGER *et al.*, 2008).

I.4.2.3. Biodisponibilité

Les molécules allélochimiques bio-synthétisés sont sujettes aux facteurs environnementaux, physiologiques et génétiques qui influencent leur biodisponibilité au sein d'une espèce donnée. Il faut cependant être attentif à ce que les développements industriels et commerciaux de nouveaux bio-pesticides d'origine végétale ne se réalisent pas au détriment de la biodiversité (HINTZ, 2001; COPPING, 2004 ; REGNAULT-ROGER *et al.*, 2005).

I.4.2.4. Modes d'action

Les substances actives des huiles essentielles agissent de différentes manières sur les insectes, elles ont un effet répulsif, les insectes sont repoussés par le goût et l'odeur de ces substances, un effet insecticide par ingestion des feuilles traitées, et un effet sur le comportement sexuel d'où la diminution de la capacité de reproduction pouvant aller jusqu'à la stérilité complète de l'insecte (DAGNOKO, 2009). Ces effets sont dus aux différents composés de la plante (CONSTANT, 2009).

II.4.3. Huile essentielle de l'eucalyptus globuleux

La famille des Myrtacées est particulièrement intéressante puisqu'elle comporte des plantes aromatiques qui fournissent des huiles essentielles couramment utilisées à l'officine et leurs propriétés permettent de les conseiller quotidiennement.

Tableau 1.4 : Fiche d'identification et Principaux constituants biochimique d'*E. globulus*

| | |
|----------------------------------|--|
| Nom usuel français | Eucalyptus globuleux |
| |  |
| Nom scientifique | <i>Eucalyptus globulus</i> (Labill., 1800) |
| Famille botanique | Myrtacées |
| Situation géographique | L'eucalyptus est originaire de l'Australie, son introduction en Algérie date de 1863 (ABDERAHIM 1983). La plantation massive de ces arbres ne se fera qu'à partir de 1950. Grâce à leur facilité d'adaptation, les espèces <i>E. globulus</i> , <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. gomphocephala</i> , sont les plus répandues dans la région méditerranéenne (METRO, 1970). Près de 600 espèces sont connues dans le monde (CHERIF, 1991). |
| Particularités botaniques | Grand arbre de 3 à 100 mètres de haut aux fleurs remarquables. Il doit son nom à l'opercule qui protège le bouton floral qui est en forme de pyramide quadrangulaire. Le tronc est lisse avec une écorce grisâtre qui se détache en de longues bandes. Cet arbre a une grande capacité d'absorption de l'eau souterraine (METRO, 1954). |

| | |
|--------------------------------|--|
| Organes producteurs | Feuilles et extrémités des rameaux |
| Composition biochimique | La teneur en huile essentielle est comprise entre 0.5 et 3.5%. Le 1,8 -cinéole ou eucalyptol est le constituant majoritaire (70--80%). les autres constituants sont majoritairement terpéniques Monoterpènes. |
| Spécificité biochimique | Oxyde : 1,8 cinéole = eucalyptol |
| Toxicité | Toxicité aigüe |

Chapitre III : Résultats

À travers notre étude dans un verger multi-variétal d'agrumes à Bougara, l'essentiel de nos résultats de janvier à mai 2015, a porté sur 3 volets distincts. Le premier volet a concerné une évaluation de la biodiversité de l'entomofaune des prédateurs principalement aphidiphages circulant dans le verger étudié. Le second volet s'est focalisé sur l'étude des effets de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus* (Labill., 1800) in situ, sur le complexe des pucerons d'agrumes et leurs prédateurs associés. Le troisième volet enfin a été réalisé pour confronter nos résultats sur l'effet biocide de l'huile essentielle testée sur terrain, à ceux effectués au laboratoire sur les larves de *Scymnus subvillosus* (Kugelann, 1794), l'une des espèces cibles la plus abondante au sein des colonies du puceron *Aphis spireacola*.

III.1. Etude du peuplement des entomophages prédateurs des aphides pendant la période hiverno-printanière

Les principales espèces prédatrices capturées dans les pièges jaunes à eau et les plaques jaunes engluées ont été dénombrées puis regroupées selon leurs ordres et familles taxinomiques.

III.1.1. Richesse et fréquence de l'entomofaune prédatrice des aphides dans le verger étudié

Les résultats des captures dans leur globalité ont révélé la présence de 21 espèces d'importance hétérogène réparties en trois ordres : les Coleoptères, les Diptères et les Névroptères. Le nombre de représentants coccinellidae est plus important et représenté par 14 espèces devant ceux des Syrphidae avec 5 espèces puis les Névroptères qui viennent en troisième position avec deux espèces de Chrysopidae, (tableau 3.1).

Nous avons mentionné le rôle fonctionnel des espèces ainsi que leur fréquence d'apparition durant notre période de suivi. Nous avons trouvé 12 représentants prédateurs de pucerons dont les plus fréquents sont *Episyrphus balteatus* (47.36%) parmi les syrphidae et *Scymnus subvillosus* (73.68%) parmi les coccinellidae. Chez les coccidiphages, les espèces *Rodolia cardinalis*, *Rhyzobius lophantae* et *Exochomus flavipes* sont les plus représentés avec une fréquence de 57.89 %, 15.78 % et 10.52 % respectivement (tableau 3.1 et figure 3.1).

Les espèces *Clithostetus arcuatus* et *Delphastus sp* sont les seules espèces aleurodiphages rencontrées avec une fréquence respective de 47.39 % et 5.26 % (tableau 3.1 et figure 3.1). Parmi les prédateurs communs aux cochenilles et aux aphides, on peut citer *Chilocorus bipustulatus*, tandis que parmi les prédateurs polyphages, les espèces *Chrysoperla carnea* et *C. viridis* ont été rencontrées avec des fréquences respectives de 36.84 % et 28.31% (figure 3.1).

Nous nous sommes référés à une échelle de fréquence classée de 1 à 4 afin d'avoir une idée de la représentativité des entomophages dans la dimension

spatiotemporelle et avons donc regroupé les fréquences des différentes espèces prédatrices en classes de fréquence. La 1^{ère} classe de fréquence englobe les espèces rares (Fréquence comprise entre 0 et 20%), la 2^{ème} classe de fréquence regroupe les espèces accidentelles (Fréquence comprise entre 21 et 40%), la 3^{ème} classe indique les espèces relativement fréquentes (Fréquence comprise entre 41 et 60%) alors que la 4^{ème} classe regroupe les espèces les plus abondantes (Fréquence comprise entre 61% et 80%). En regroupant nous remarquons que (tableau 3.2). De manière globale, on remarque que la plupart des espèces capturées sont rares ou accidentelles et sont les plus riches en représentants, alors que les espèces relativement fréquentes ne sont représentées que par 3 espèces *Episyrphus balteatus*, *Rodolia cardinalis* et *Clitostethus arcuatus* et que seule l'espèce *Scymnus subvillosus* est la plus abondante (Tableau 3.1 et 3.2, figure 3.1).

Tableau 3.1 : Fréquence d'occurrence (Fr%) et relation trophique des espèces entomophages prédatrices récoltées dans le verger d'agrumes.

| Ordre/Famille | Espèce | Fr % | Rôle fonctionnel |
|---|--|---|---|
| Neuroptera <i>Chrysopidae</i> | <i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836) | 36,84 | Prédateur généraliste |
| | <i>Chrysoperla viridis</i> | 26,31 | Prédateur généraliste |
| Diptera <i>Syrphidae</i> | <i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer, 1776) | 47,36 | Aphidiphage |
| | <i>Eupeodes corollae</i> | 26,31 | Aphidiphage |
| | <i>Sphaerophoria scripta</i> (Linnaeus, 1758) | 15,78 | Aphidiphage |
| | <i>Eristalinus sp</i> | 5,26 | |
| | <i>Scaeva pyrastris</i> (Linnaeus, 1758) | 26,31 | Aphidiphage |
| | Coleoptera <i>Coccinellidae</i> | <i>Rhyzobius lophantae</i> (Blaisdell, 1892) | 15,78 |
| <i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant, 1850) | | 57,89 | Coccidiphage Prédateur d' <i>Icerya purchasi</i> |
| <i>Clitostethus arcuatus</i> | | 47,39 | Aleurodiphage, prédateur d' <i>Aleurothrix floccosus</i> |
| <i>Adonia variegata</i> (Goeze, 1777) | | 31,57 | Aphidiphage |
| <i>Chilocorus bipustulatus</i> (Rossi, 1794) | | 10,52 | Prédateur de puceron et de cochenille |
| <i>Scymnus subvillosus</i> (Kugelann, 1794). | | 73,68 | Aphidiphage prédateur d' <i>Aphis spireacola</i> |
| <i>Exochomus flavipes</i> | | 10,52 | coccidiphage |
| <i>Hipodamia tredecimpunctata</i> (Linné, 1758) | | 10,52 | Aphidiphage |
| <i>Harmonia axyridis</i> | | 31,57 | Aphidiphage |
| <i>Pharoscymnus sp</i> | | 21,05 | Aphidiphage |
| <i>Nephus sp</i> | | 26,31 | Aphidiphage |
| <i>Scymnus interruptus</i> (Goese, 1777) | | 15,78 | Aphidiphage |
| <i>Stethorus punctillum</i> (Weise, 1801) | | 26,31 | Acariphage |
| <i>Delphastus sp</i> | | 5,26 | Aleurodiphage |

Tableau 3.2 : Classes de fréquence des espèces entomophages prédatrices récoltées dans le verger d'agrumes de janvier à mai 2015 à Bougara.

| Classe | Fréquence | espèce |
|--------|-------------------------------|--|
| 1 | espèce rare | <i>Rhyzobius lophantae</i> , <i>Sphaerophoria scripta</i> , <i>Eristalinus sp</i> , <i>Chilocorus bipustulatus</i> , <i>Exochomus flavipes</i> , <i>Hipodamia tredecimpunctata</i> , <i>Scymnus interruptus</i> , <i>Delphastus sp</i> |
| 2 | espèce accidentelle | <i>Chrysoperla carnea</i> , <i>Chrysoperla viridis</i> , <i>Scaeva pyrastris</i> , <i>Eupeodes corollae</i> , <i>Adonia variegata</i> , <i>Harmonia axyridis</i> , <i>Pharoscymnus sp</i> , <i>Nephus sp</i> , <i>Stethorus punctillum</i> |
| 3 | Espèce relativement fréquente | <i>Episyrphus balteatus</i> , <i>Rodolia cardinalis</i> , <i>Clitostethus arcuatus</i> |
| 4 | espèce abondante | <i>Scymnus subvilosus</i> |

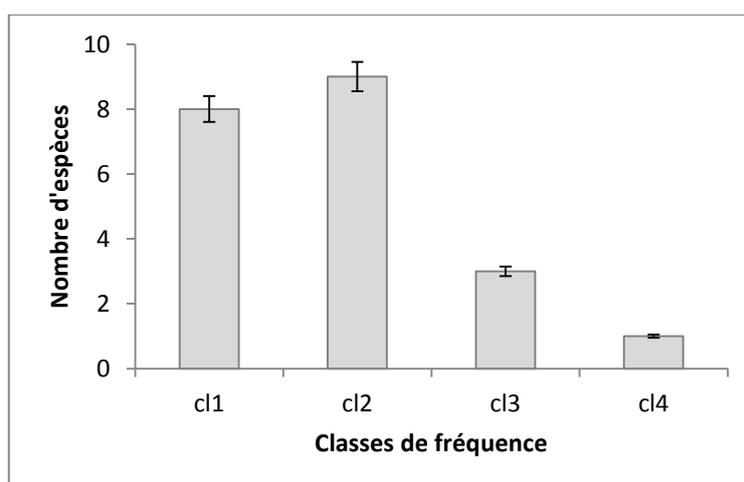
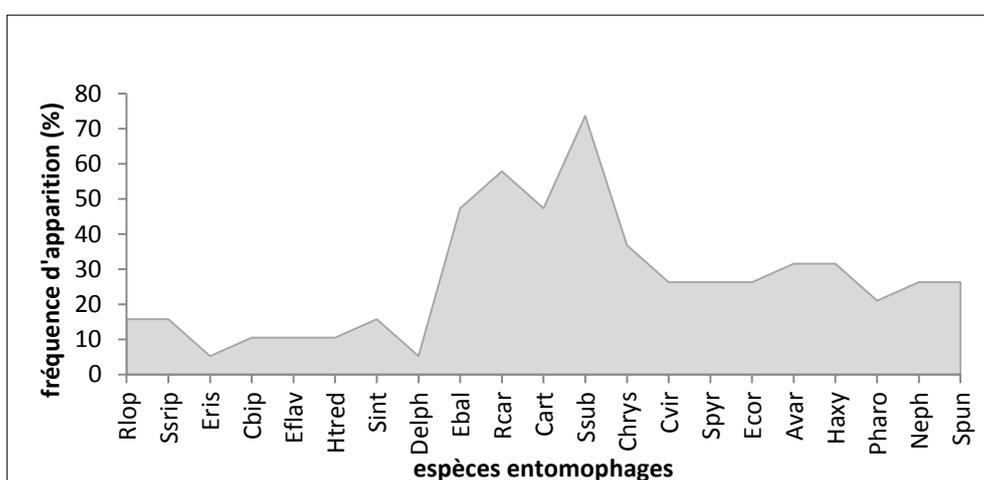


Figure 3.1 : Variabilité des pourcentages de fréquence d'apparition et répartition des classes de fréquence des entomophages dans le verger étudié des principales espèces entomophages capturées dans le verger étudié (cl1: espèce rare, cl2 : espèce accidentelle, cl3 : Espèce relativement fréquente, cl4 : espèce abondante).

III.1.2. Diversité de l'entomofaune prédatrice des aphidiphages dans le verger d'agrumes étudié

III.1.2.1. Abondances des entomophages capturés par bacs jaunes à eau et par plaques jaunes englués

À travers les récoltes des captures par les bacs jaunes, nous avons constaté que la majorité des espèces se retrouvent dans le verger étudié entre le mois de mars jusqu'au mois de mai, ce qui correspond à la période de poussée de sève printanière où la température moyenne enregistrée est comprise entre 17 °C et 24 °C. Les espèces de Syrphidae sont beaucoup plus abondantes durant le mois de mars, alors que les Chrysopidae sont plus abondants entre avril et mai (figure 3.2). La comparaison des moyennes des abondances entre le groupe des Chrysopidae et celui des Coccinellidae est significativement différente ($p= 0.059$, one way Anova, test de Tukey, PAST vers. 7.1). Contrairement à l'abondance moyenne des Syrphidae comparée avec celle des Coccinellidae et celle des Chrysopidae qui n'est pas significative, ce qui signifie que leurs abondances moyennes dans le temps sont relativement identiques.

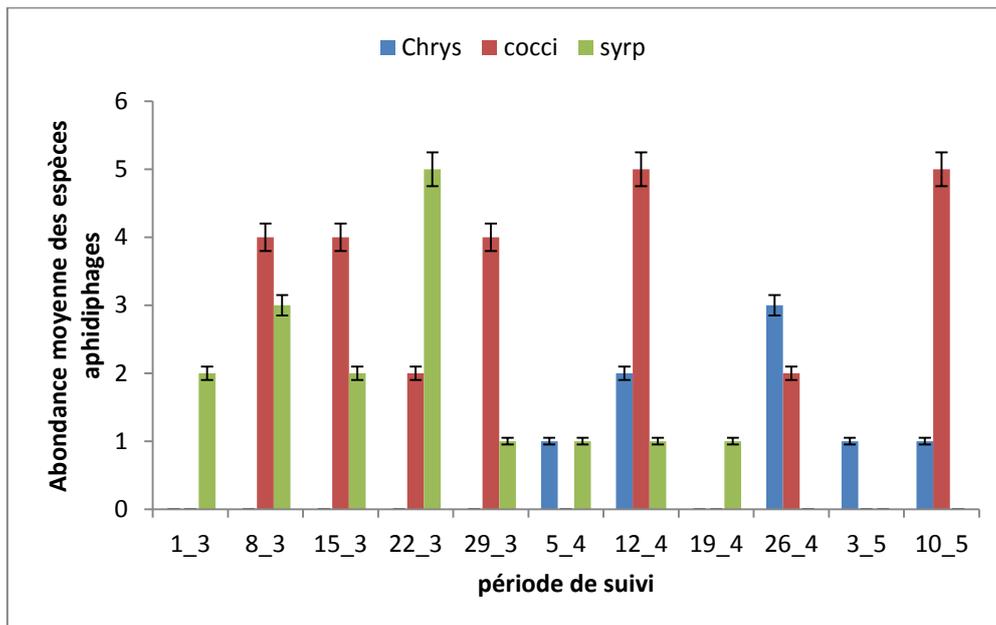


Figure 3.2: Fluctuations des abondances moyennes des principaux aphidiphages récoltés par pièges jaunes à eau durant la période étudiée (Chry : Chrysopidae, Cocci : Coccinellidae, Syrp : Syrphidae).

Les observations des captures au niveau des pièges englués disposés au sein des canopées ont révélé seulement la présence des coccinellidae prédateurs durant toute la période de notre suivi allant du 11 janvier au 17 mai 2015. L'évolution des fluctuations d'abondances des populations de ces espèces se caractérise par une variabilité importante (figure 3.3). Entre le début du mois de janvier et la dernière

décade du mois de mars, on distingue une faible présence des coccinelles sur la canopée. On observe par la suite une augmentation graduelle et rapide des effectifs avec un maximum atteint au début d'avril correspondant notamment à l'abondance des populations de *Scymnus subvillosus*. Un deuxième pic est atteint vers la fin du mois pour cette espèce, alors que les effectifs des autres espèces restent toujours faibles (figure 3.3).

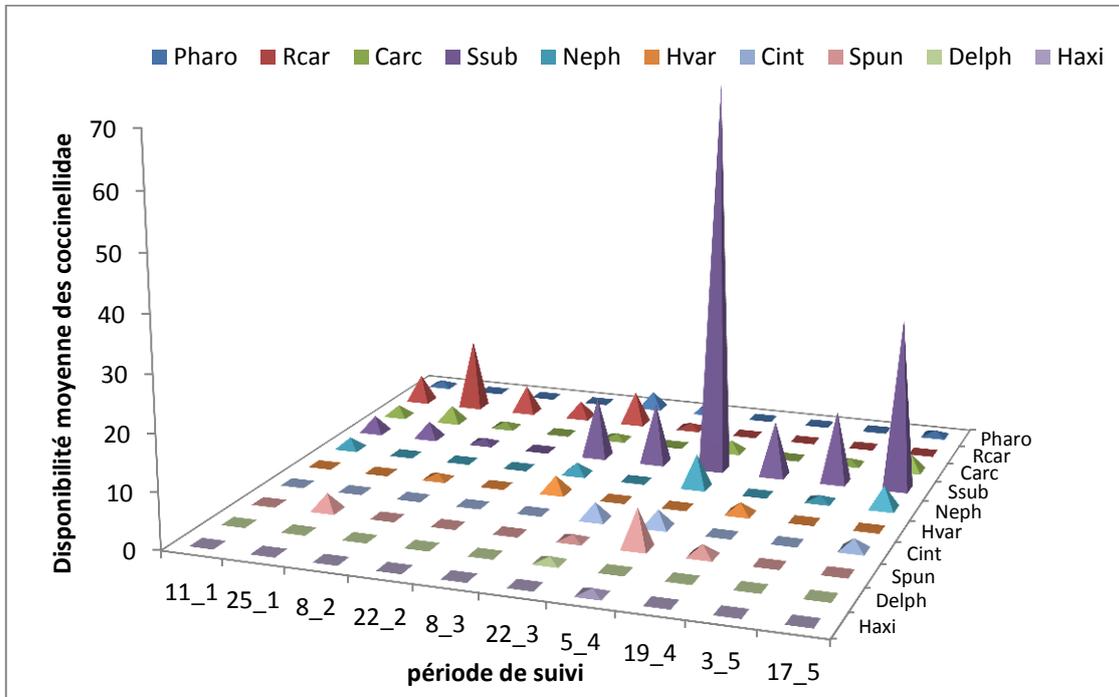


Figure 3.3 : Fluctuations des abondances moyennes des coccinellidae entomophages capturées par les pièges jaunes englués (*Rhyzobius lophantae*, *Rodolia cardinalis*, *Clitostethus arcuatus*, *Adonia variegata*, *Chilocorus bipustulatus*, *Scymnus subvillosus*, *Exochomus flavipes*, *Hipodamia tredecimpunctata*, *Harmonia axyridis*, *Pharoscyrnus* sp, *Nephus* sp, *Scymnus interruptus*, *Stethorus punctillum*, *Delphastus* sp.)

III.1.2.2. Analyse de la structure temporelle des assemblages d'aphidiphages dans le verger étudié

Nous avons étudié la structure des communautés d'aphidiphages capturés par les bacs jaunes durant la période d'étude, à travers une analyse factorielle des correspondances, suivie d'une classification hiérarchique qui nous a déterminé les différents groupes. Les trois premiers axes de l'AFC ont été retenus dans la mesure où la somme des pourcentages (60.5 %) de contribution de la variance est supérieure à 50%, (figure 3.4). La CAH obtenue à partir du dendrogramme des groupes des prédateurs aphidiphages, a permis de structurer trois assemblages temporels (figure 3.4).

Le premier groupe est représenté par la coccinelle *Exochomus flavipes* prédatrice ; des cochenilles présentes à la mi-avril. Le deuxième groupe est le plus riche en représentants, il englobe les espèces des syrphes représenté par *Eristalinus* sp et une seule espèce de chrysope *Chrysoperla viridis*, associés à d'autres coccinelles

aphidiphages comme *Harmonia axyridis*, *Adonia variegata*, et l'espèce aleurodiphage *Clitostethus arcuatus*. La présence de cet assemblage d'aphidiphages coïncide avec la période qui s'étale de la première semaine de mars jusqu'à la 1^{ère} semaine d'avril. Le troisième groupe concerne des aphidiphages circulants entre la 3^e semaine de mars et la 2^{ème} semaine de mai ; notamment l'espèce généraliste *Chrysoperla carnea*, des syrphidae représentés par l'espèce *Sphaerophoria scripta*, et des coccinelles aphidiphages tel que *Scymnus subvillosus*, *Chilocorus bipustulatus*, *Hipodamia tredecimpunctata*, et *Rodolia cardinalis* espèce coccidiphage spécifique d'*Icerya purchasi*.

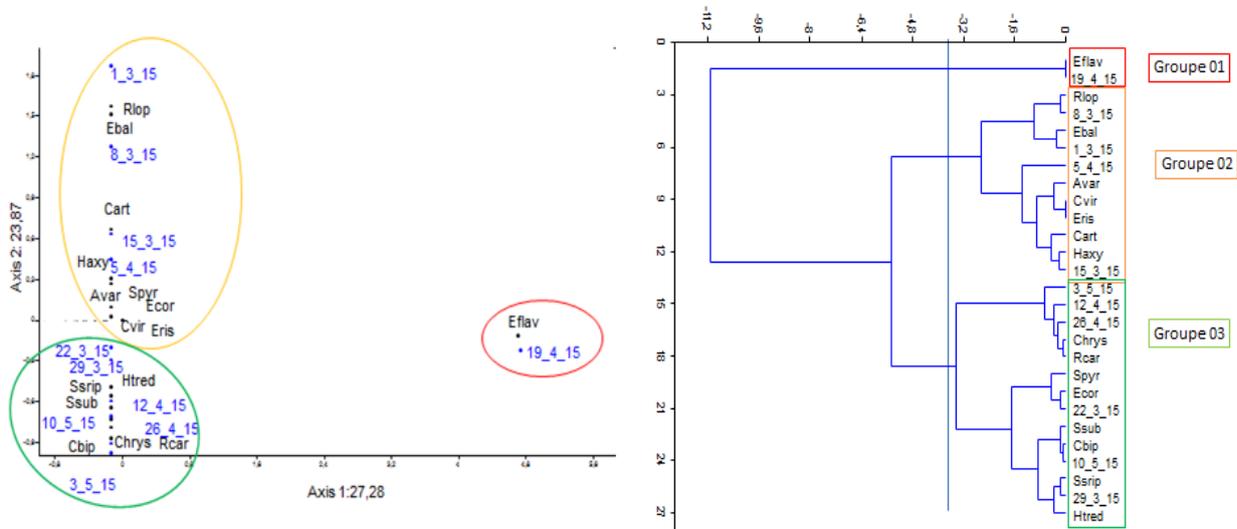


Figure 3.4: Projection des variables temps-espèces d'aphidiphages capturés par pièges jaunes, sur le plan factoriel F1x2 de l'AFC et dendrogramme associé des assemblages (CAH obtenue avec la distance euclidienne prise comme mesure de similitude, Past vers. 7.1), (*Chrys* : *Chrysoperla carnea* ; *Ebal* : *Episyrphus balteatus* ; *Cvir* : *Chrysoperla viridis* ; *Ssub* : *Scymnus subvillosus* ; *Rlop* : *Rhyzobius lophantae* ; *Spyr* : *Scaeva pyrastris* ; *Rcar* : *Rodolia cardinalis* ; *Cart* : *Clitostethus arcuatus* ; *Ecor* : *Eupeodes corollae* ; *Ssrp* : *Sphaerophoria scripta* ; *Avar* : *Adonia variegata* ; *Eris* : *Eristalinus sp* ; *Cbip* : *Chilocorus bipustulatus* ; *Eflav* : *Exochomus flavipes* ; *Htred* : *Hipodamia tredecimpunctata* ; *Haxy* : *Harmonia axyridis*).

Nous avons analysé également de manière qualitative sur la base d'une AFC, les moyennes d'abondances temporelles du complexe des coccinellidae prédateurs capturés par les pièges englués. Le plan F1x2 a été retenu dans la mesure où les projections des variables temps et espèces ont donné plus de 70% de contribution de la variance aux deux axes F1 (62.14%) et F2 (14.38%). Les résultats de la CAH renseignent sur une disponibilité spécifique très hétérogène correspondante à trois assemblages temporels au niveau des canopées. Le premier assemblage observé est précoce coïncidant avec la période hivernale et se caractérise par la disponibilité de l'espèce aleurodiphage ; *Clitostethus arcuatus* et *Rodolia cardinalis* espèce coccidiphage des cochenilles Diaspines et d'*Icerya purchasi*. Le 2^{ème} assemblage est observé vers la 1^{ère} semaine de mars, il est représenté par les coccinelles prédatrices des pucerons *Pharoscyrnus sp* et *Hippodamia variegata*. Le troisième

assemblage est dominant de la 3ème semaine de mars à la 2ème semaine de mai. Il s'accorde avec la poussée de sève printanière et regroupe des espèces aphidiphages en l'occurrence *Scymnus subvillosus*, *Scymnus interruptus*, *Nephus sp*, *Harmonia axyridis*, associées à *Stethorus punctillum* espèce acariphage (figure 3.5).

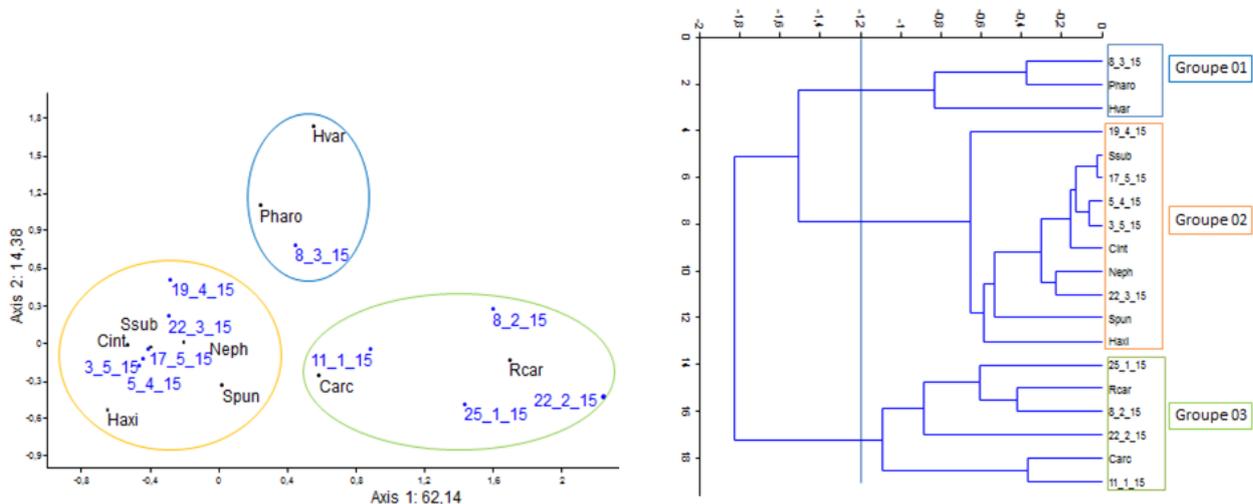


Figure 3.5: Projection des variables temps-espèces d'aphidiphages capturés par pièges englués, sur le plan factoriel F1xF2 de l'AFC et dendrogramme associé des assemblages (CAH obtenue avec la distance euclidienne prise comme mesure de similitude, Past vers. 7.1), (Rcar : *Rodolia cardinalis*, Hvar : *Hippodamia variegata*, Pharo : *Pharoscyrnus sp*, Ssub : *Scymnus subvillosus*, Haxi : *Harmonia axyridis*, Neph : *Nephus sp*, Spun : *Stethorus punctillum*, Cint : *Scymnus interruptus*).

III.2. Evaluation de l'effet des traitements à base de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus* par observations directes dans le verger étudié.

L'efficacité des traitements biologiques sur le complexe aphides-auxiliaires a été étudiée sur deux volets. D'une part, les effets de l'huile essentielle formulée d'*E. globulus* est expliquée à travers les variations des abondances des aphides et leurs coccinellidae prédateurs associés à même la canopée. D'autre part, la toxicité temporelle est évaluée sur les deux groupes taxinomiques en relation avec les formulations et les dilutions appliquées. Nous avons mis en évidence les tendances globales de l'efficacité des traitements biologiques séparément, grâce à des ACP.

III.2.1 Evaluation de l'effet des traitements sur l'abondance des aphides

Les graphes des figures 3.6 présentent l'évolution temporelle des abondances aphidiennes avant et après les applications biopesticides, aux deux formulations (1.5% et 3%), chacune ayant subi 3 dilutions : 3ml/l, 9ml/l et 12ml/l. Quel que soit le traitement utilisé, l'évaluation temporelle de l'abondance des aphides sous l'effet des deux concentrations de l'huile essentielle est contrastée par comparaison au témoin, durant toute la période d'exposition aux substances biologiques. Par rapport aux témoins où les fluctuations aphidiennes sont normales, on peut remarquer au niveau

des blocs traités une diminution très sensible des effectifs des pucerons au bout de trois jours après l'application des traitements (figure 3.6). Cette diminution s'accroît par la suite jusqu'à atteindre des abondances négligeables ou presque nulles durant les 5 jours suivants (entre le 23 et le 27 avril). Il semble par ailleurs que les effets des deux formulations de l'huile essentielle aux dilutions de 9ml/l et 12ml/l soient similaires d'après nos observations (figure 3.6) en comparaison avec l'effet un peu disparate dans son efficacité de la dilution à 3ml/l entre les formulations de 1.5% et 3%. Une légère augmentation des abondances des aphides est observée à partir du 8eme jour après traitement, néanmoins cette reprise biocénotique reste plus faible avec la formulation de 3%, (figure 3.6).

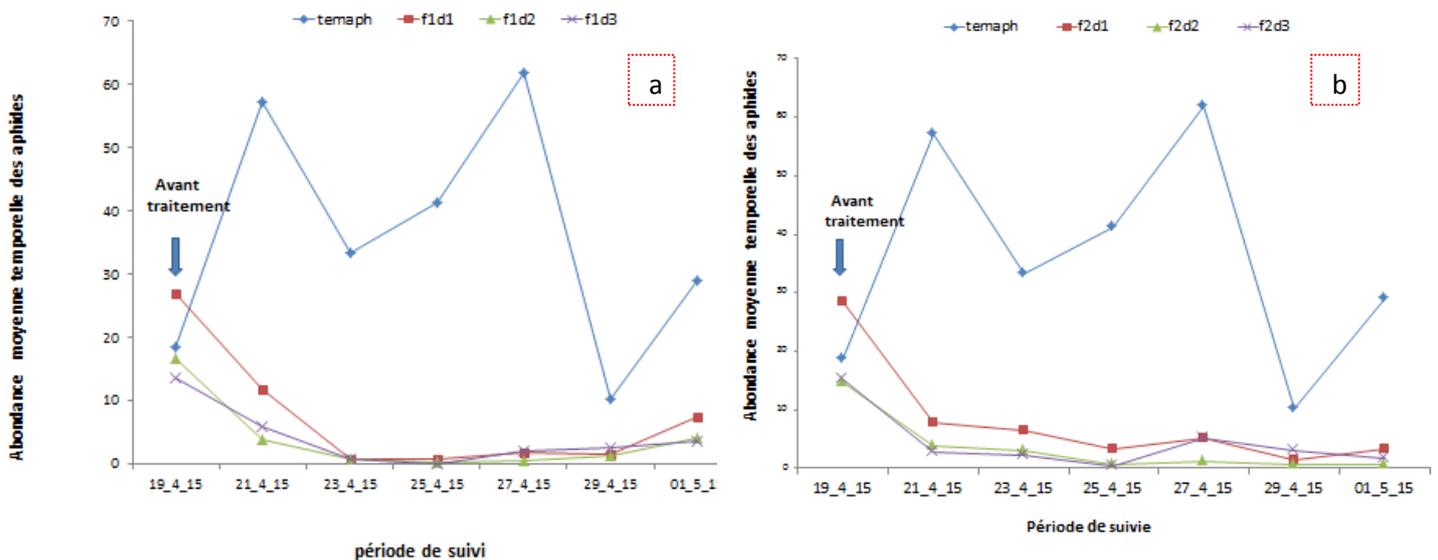


Figure 3.6 : Variations des abondances temporelle moyenne des aphides sous l'effet des traitements à base de l'huile essentielle d'*E. globulus* à 1.5% (a) et à 3%(b), (f1d1 :1.5%_3ml, f1d2 : 1.5%_9ml, f1d3 : 1.5%_12ml, f2d1 :3%_3ml, f2d2 : 3%_9ml, f2d3 : 3%_12ml).

III.2.2.Tendance de l'efficacité de l'huile essentielle d'*E.globulus* sur l'abondance des aphides

La tendance globale des effets de l'huile essentielle de l'*Eucalyptus globulus* sur les populations aphidiennes (ACP, PAST vers 1.7 (Hammer et *al.*, 2001), a traduit deux effets qui se distinguent séparément. Les contributions de la variance sur le 1^{er} axe d'ordination représentant plus de 90% de l'inertie (figure3.7), seules les corrélations de Pearson sur cet axe ont été considérées et démontrent une différence dans les effets des deux formulations, dans le sens où les corrélations positives correspondent à l'effet de la 1^{ère} formulation utilisée, contrairement à l'effet de la 2^{ème} formulation qui est reflété par des corrélations négatives. La projection des variables relatives à l'abondance globale des populations totales des Aphides sur les premiers axes, montre que les deux formulations de l'huile essentielle d'*E globulus* présentent globalement une efficacité importante, caractérisée par un effet de choc après 24h

(figure 3.7). L'effet toxique tardif est confirmé par l'existence d'une corrélation entre les huiles essentielles formulées aux deux concentrations. Les valeurs du coefficient de confirment cette tendance (figure 3.7). À travers la CAH, on peut comprendre que le groupe du 19 avril n'est pas corrélé aux vecteurs car il correspond aux abondances aphidiennes avant l'application des traitements biologiques.

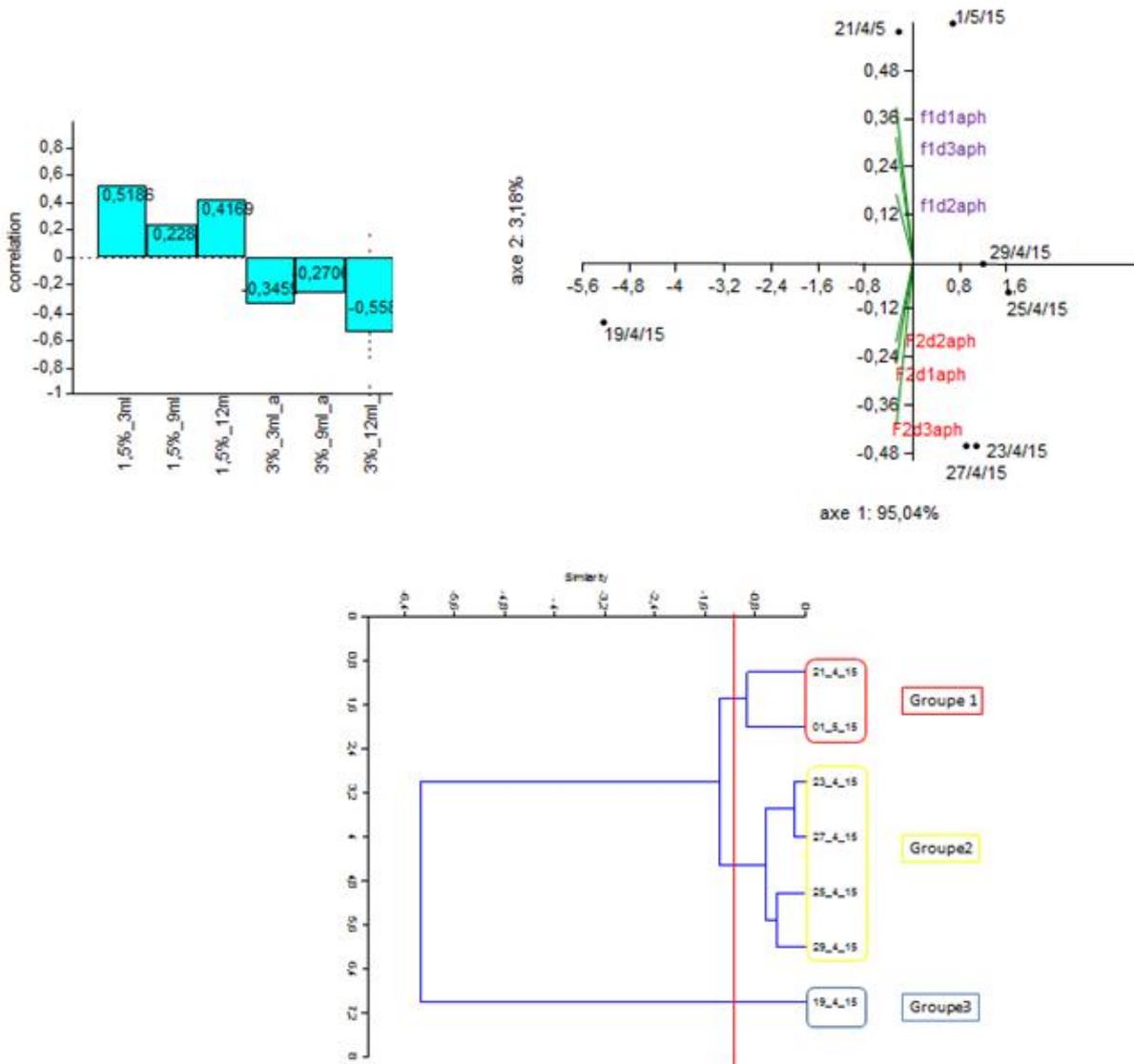


Figure 3.7 : Projection des abondances aphidiennes sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'A.C.P (f1d1 : 1.5%_3ml, f1d2 : 1.5%_9ml, f1d3 : 1.5%_12ml, f2d1 : 3%_3ml, f2d2 : 3%_9ml, f2d3 : 3%_12ml) et dendrogramme associé de l'effet temporel des traitements (la distance euclidienne est prise comme de mesure similitude, PAST vers.7.1).

Le groupe associé aux abondances temporelles comprises entre le 23 et le 29 avril, correspond à un effet tardif, mais fortement accusé des huiles formulées à 3%, traduisant des diminutions drastiques des populations avec un effet similaire des deux dilutions ; d 2 et d3 correspondant à 9ml/l et 12ml/l respectivement (figure 3.6).

Le groupe associé aux abondances temporelles des aphides aux 21 avril et 1 mai indique que les abondances aphidiennes observées 10 jours après l'application biopesticide sont du même degré que celles évaluées 2 jours après application, et cela sus l'effet de la formulation f1 à 1.5%, (figure 3.6 et 3.7).

III.2.3 Evaluation de l'effet des traitements sur l'abondance des coccinelles

L'évolution temporelle des abondances des coccinelles a concerné la seule espèce présente au niveau des canopées à savoir *Scymnus subvillosus*. En comparaison avec la situation de l'évolutin de ce prédateur sur les canopées non traitées, les traitements foliaires de l'huile essentielle d'*E globulus* formulée à 1.5% et 3% aux 3 dilutions testées a manifesté globalement une toxicité importante sur les larves, caractérisée par une diminution populationnelle brusque observée deux jours seulement après l'application du biopesticide, un maintien répressif des populations de coccinelles durant 6 jours et une reprise modérée à partir du 10^{ème} jour (Figure 3.8 a et b). Il semble également que les *Scymnus* sur les canopées des arbres non traités, soient affectées indirectement par le traitement des blocs voisins traités vraisemblablement en raison de la volatilité de l'huile d'*Eucalytus* testée.

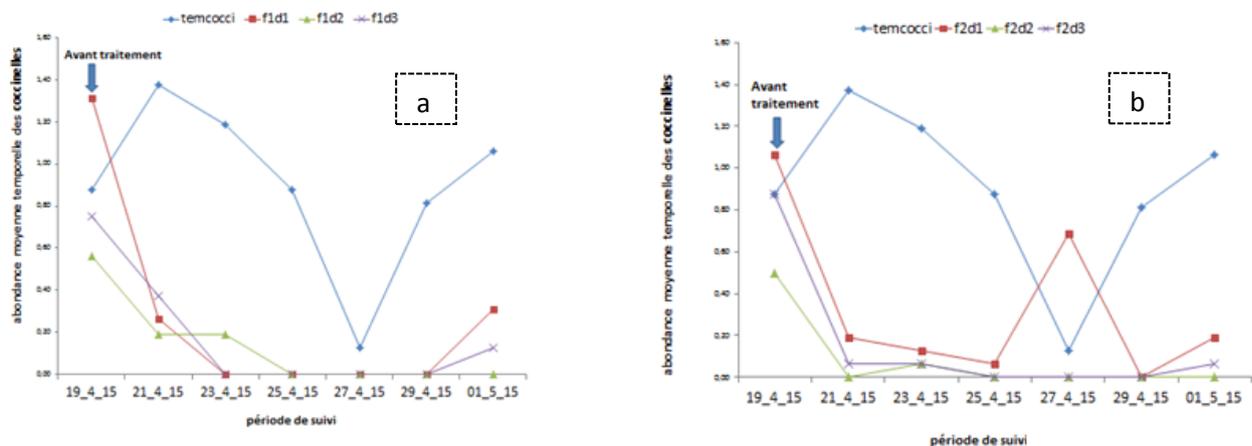


Figure 3.8 : Evaluation de la toxicité du traitement à base d'*E. globulus* à 1.5% (a) et à 3% (b) sur l'abondance moyenne temporelle des coccinelles (f1d1 :1.5%_3ml, f1d2 : 1.5%_9ml, f1d3 : 1.5%_12ml, f2d1 :3%_3ml, f2d2 : 3%_9ml, f2d3 : 3%_12ml).

III.2.4. Tendance de l'efficacité de l'huile essentielle d'*E. globulus* sur l'abondance de *Scymnus subvillosus*.

La tendance globale de l'effet des tous les traitements biologiques a été mise en évidence par une ACP. L'analyse est satisfaisante sur les deux premiers axes du plan F1x F2 avec plus de 80% de l'inertie au niveau du premier axe F1.

Cette tendance est vérifiée par des corrélations négatives entre les vecteurs des variables correspondant aux différents traitements et le temps d'exposition (figure 3.9). La CAH associé nous permet de dire que les trois doses appliquées des deux

formulations présentent une toxicité tardive similaire entre le 23 et le 29 avril, qui semble évoluer vers un effet divergent vers la fin du suivi (figure 3.9).

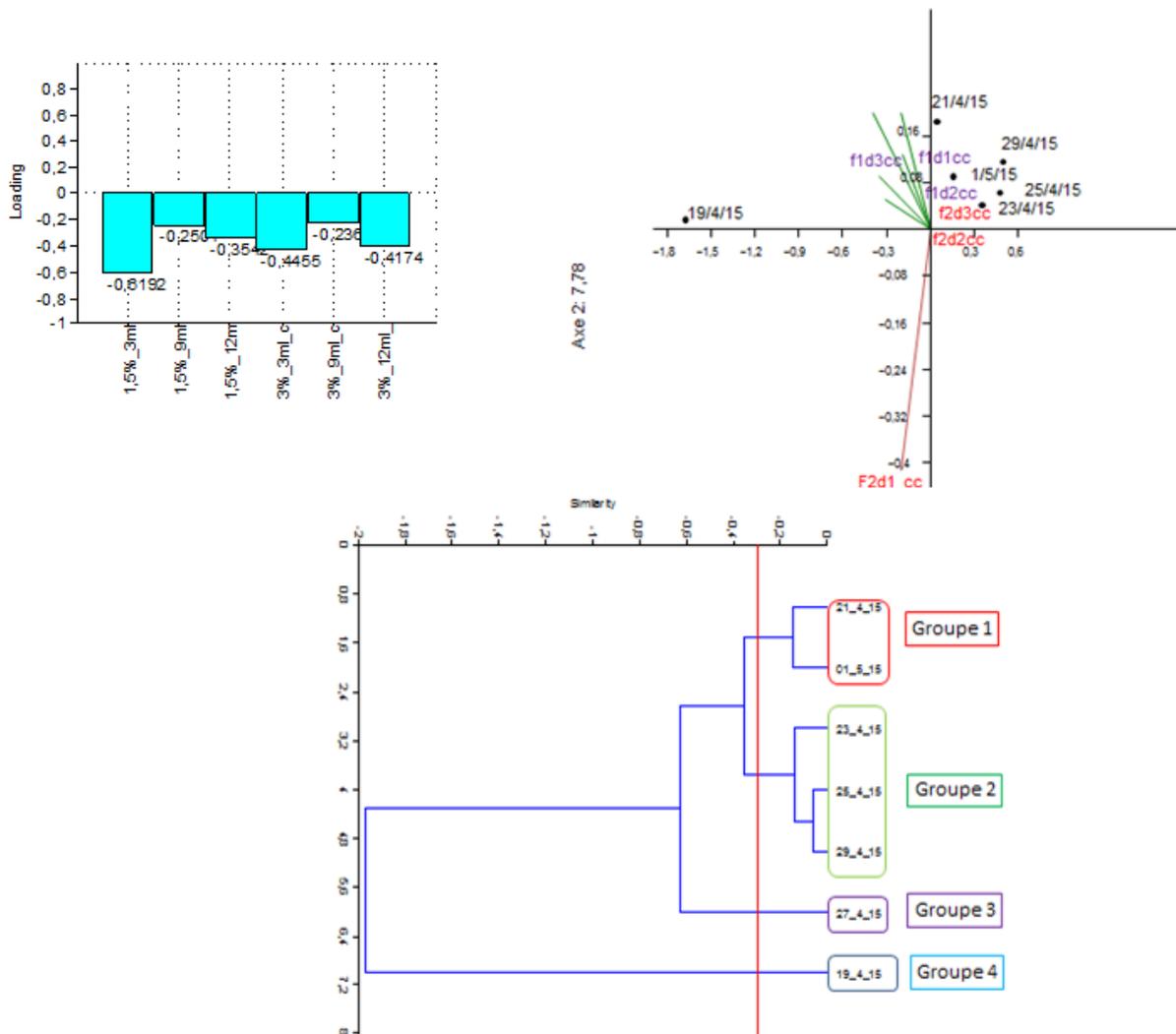


Figure 3.9: Projection des abondances aphidiennes sous l'effet des traitements sur les deux axes de l'A.C.P. (f1d1 :1.5%_3ml, f1d2 : 1.5%_9ml, f1d3 : 1.5%_12ml, f2d1 :3%_3ml, f2d2 : 3%_9ml, f2d3 : 3%_12ml) et dendrogramme associé de l'effet temporel des traitements (la distance euclidienne est prise comme de mesure similitude, PAST vers.7.1).

III.2.5. Effet comparé des deux formulations de l'huile essentielle d'*E. globulus* sur les populations des aphides et des coccinelles

Nous avons utilisé une analyse de variance, en considérant les effets de chaque facteur séparément sur les populations résiduelles des aphides et de leurs prédateurs associés. (Figure 3.10). Tous les traitements biologiques appliqués sur les canopées se sont révélés largement très toxiques ($PR < 30\%$). Le modèle G.L.M. à travers la comparaison des moyennes des abondances populationnelles temporelles des deux groupes taxinomiques a montré un effet temporel et un effet

espèce avec des différences très hautement significatives ($p < 1\%$) (Tableau 3.3). Néanmoins, il n'y a pas de différence significative entre les deux formulations et les trois dilutions testées ce qui prouve que leur efficacité pourrait être similaire, du moins entre les deux dilutions à 9ml/l et 12ml/l, alors qu'avec la dilution de 3ml/l pour, chacune des deux formulations les abondances sont différentes.

Tableau 3.3 : Modèle linéaire global appliqué à l'effet temporel comparé de l'huile essentielle formulée d'*E. globulus* sur le complexe aphides-coccinelles.

(F_{ratio} et probabilités associés, NS : Non significative, * : Significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** : Significative à 0,1%)

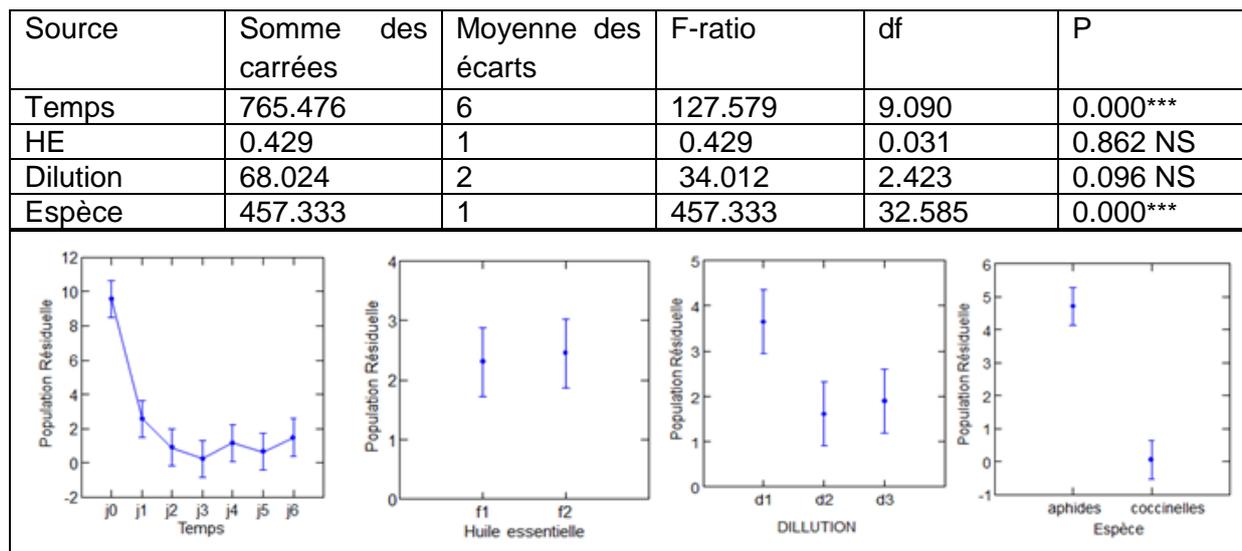


Figure 3.10: Effets comparés des traitements à base d'huile essentielle d'*E.globulus* sur l'évolution temporelle des aphides et des coccinelles

III.3. Evaluation de l'effet des traitements à base de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus* sur l'entomofaune des aphidiphages capturée par bacs jaunes à eau et par plaques engluées

III.3.1. Variations des abondances temporelles des aphidiphages capturés par bacs jaunes à eau avant et après traitement

Nous avons étudié la disponibilité temporelle des populations aphidiphages circulantes dans le verger avant l'application des huiles essentielles préparées, et durant toute la durée d'exposition à ces produits biologiques. Les abondances hebdomadaires moyennes des trois groupes d'aphidiphages les coccinellidae, les chrysopidae et les syrphidae sont comptabilisées depuis le 19 avril jusqu'au 10 mai 2015. Dans les blocs non traités, les trois groupes sont disponibles avec des effectifs plus élevés. Dans les blocs traités, les pulvérisations foliaires de l'huile essentielle d'*E.globulus* formulée à 1.5% semble avoir d'une part un effet défavorable sur les déplacements des syrphidae et des chrysopidae notamment puisqu'aucun individu n'a été capturé entre le 26 avril et le 3 mai et un effet répressif des coccinellidae prédateurs d'autre part dont les abondances restent inférieures à 2 individus en

moyenne (figure 3.11). En revanche, les effets répressifs avec les solutions de l'huile essentielle *d'E.globulus* formulée à 3% paraissent moins ressentis car les groupes des syrphidae et des chrysopidae restent présents mais avec de faibles effectifs. On peut attribuer l'absence des prédateurs coccinellidae à cette période au type de piège, sachant que les bacs jaunes à eau sont moins efficaces pour les captures de cette catégorie d'insectes comparativement au fauchage ou au battage. Sous l'effet des deux formulations biologiques, un meilleur recrutement dans les parcelles est noté pour la majorité des groupes deux semaines en moyenne (vers la mi-mai d'après nos observations) après application des traitements.

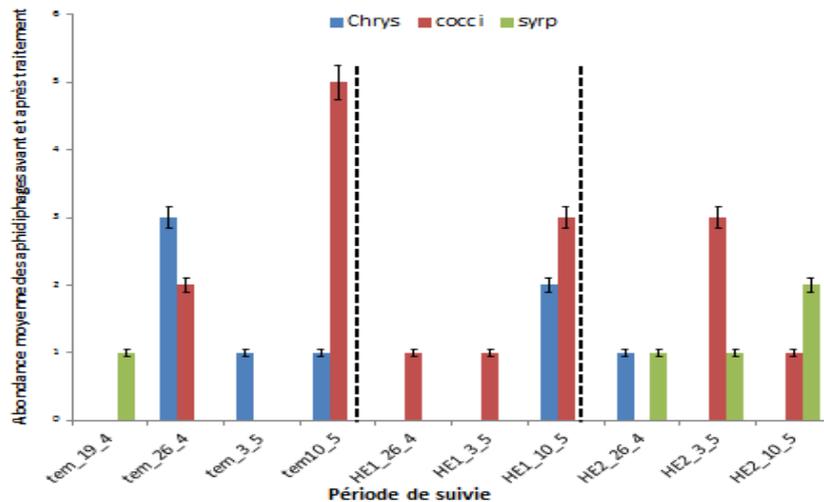


Figure 3.11. Effets comparés des traitements biologiques sur l'abondance moyenne temporelle des espèces aphidiphages (tem : blocs non traités, HE1 : blocs traités avec le biopesticide formulé à 1.5%, HE2 : blocs traités avec le biopesticide formulé à 3%).

III.3.2. Analyse de la structure temporelle des assemblages des coccinellidae capturés à l'aide des pièges jaune à eau après l'application des traitements biologiques

L'analyse est satisfaisante : les projections des variables sur les trois premiers axes F1 (27.9%) ; F2 (23.8%) et F3 (22.6%) totalisent plus de 70% de l'inertie. On distingue 4 assemblages structurés à travers la CAH sur la base d'une mesure de similitude de -1.8 (figure 3.12), en relation avec le temps et la spécificité des traitements biologiques utilisés.

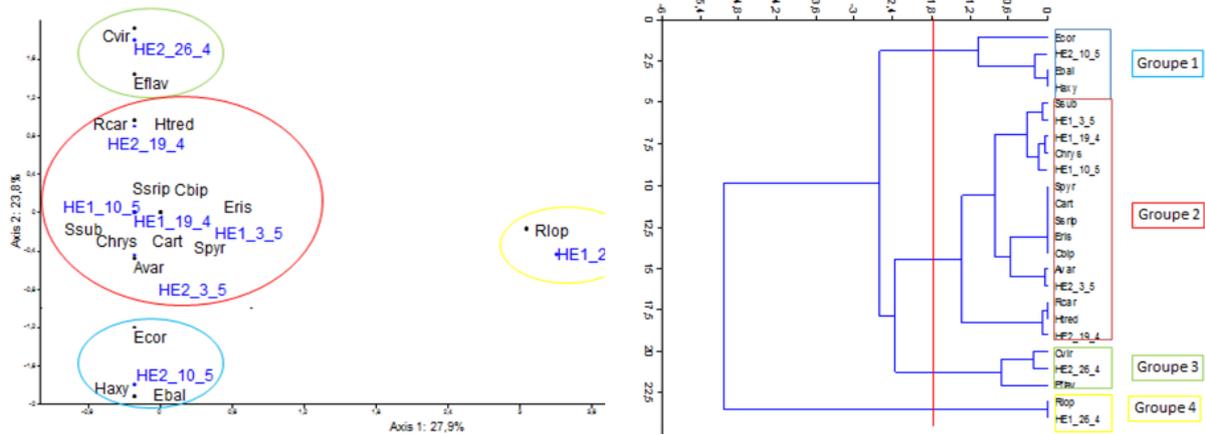


Figure 3.12: Projection sur le plan factoriel F1xF2 des variables temporelles et des aphidiphages capturés après traitement par les pièges à eau, et assemblages associés (CAH établie avec la distance euclidienne prise comme mesure de similitude). (Chrys : *Chrysoperla carnea* ; Ebal : *Episyrphus balteatus* ; Cvir : *Chrysoperla viridis* ; Ssub : *Scymnus subvillosus* ; Rlop : *Rhyzobius lophantae* ; Spyr : *Scaeva pyrastris* ; Rcar : *Rodolia cardinalis* ; Cart : *Clitostethus arcuatus* ; Ecor : *Eupeodes corollae* ; Ssrip : *Sphaerophoria scripta* ; Avar : *Adonia variegata* ; Eris : *Eristalinus sp* ; Cbip : *Chilocorus bipustulatus* ; Eflav : *Exochomus flavipes* ; Htred : *Hipodamia tredecimpunctata* ; Haxy : *Harmonia axyridis*).

Après traitement, les peuplements de l'entomofaune prédatrice se structurent différemment dans le temps en fonction de leur sensibilité aux huiles essentielles formulées utilisées. Ainsi, le groupe 1 (composé essentiellement des coccinelles aphidiphages de grande taille comme *Harmonia axyridis* associé aux syrphidae (Ecor, Ebal) se recrute faiblement dans le verger et cela 3 semaines après traitement avec la solution d'huile essentielle formulée à 3%. Le groupe 2 rassemble une communauté d'espèces sensibles (ce sont surtout des coccinellidae relativement de grande taille : *Rodolia cardinalis*, *Harmonia tredecimpunctata*, *Chilocorus bipustulatus*, *Adonia variegata* ou de petite taille comme *Clitostethus arcuatus* et des syrphidae comme *Scaeva pyrastris* et *Sphaerophoria scripta*) absentes du verger entre le 19 avril et le 3 mai soit une période de 15 jours. On note cependant une bonne reprise biocénétique concernant *Scymnus subvillosus* au bout de 3 semaines d'exposition à l'effet du traitement à base d'huile essentielle formulée à 1.5%. Le groupe 4 enfin est caractérisé par l'absence de *Rhyzobius lophantae* coccinelle prédatrice du pou de Californie *Aonidiella aurantii* et cela une semaine après l'application de la même formulation, (figure 3.12).

III.3.3. Analyse de la structure temporelle des assemblages des coccinellidae capturés à l'aide de pièges jaunes englués après l'application des traitements

À travers les plaques jaunes engluées, nous n'avons capturé que des coccinelles. La structure des communautés des coccinellidae se caractérise par la présence de trois assemblages disparates en relation avec un effet commun des deux formulations (groupe 3) ou d'un effet ciblé de l'une des deux formulations (groupes 1 et 2) (figure 3.12).

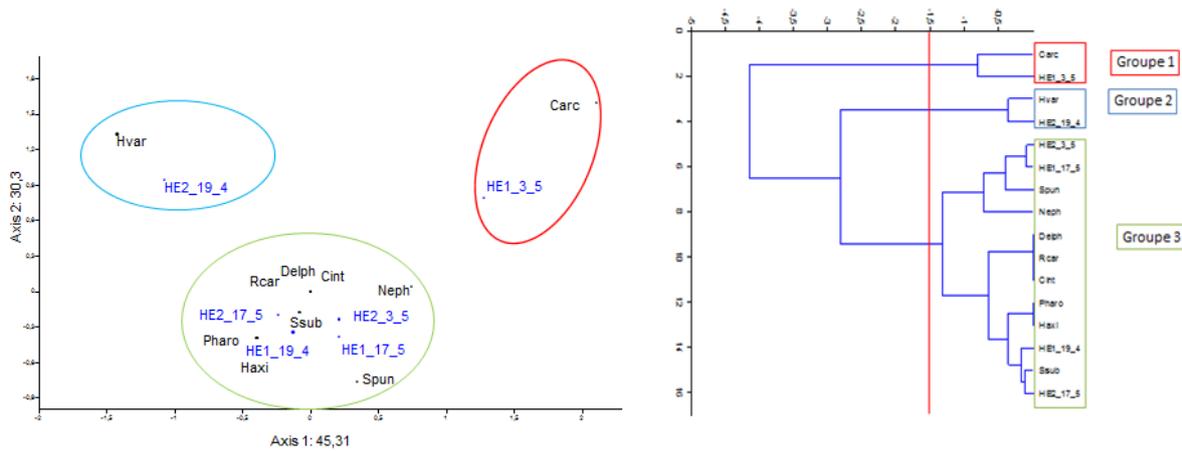


Figure 3.13: Projection sur le plan factoriel F1xF2 des variables temporelles et des coccinellidae prédateurs capturés après traitement par les pièges jaunes englués, et assemblages associés (CAH établie avec la distance euclidienne prise comme mesure de similitude), (Ssub : *Scymnus subvillosus*, Hvar : *Hyppodamia variegata*, Rcar : *Rodolia cardinalis* ; Cart : *Clitostethus arcuatus* ; Cint *Clitostethus interruptus*, Neph : *Nephus sp*, Spun : *Stethorus punctillum* Delph ; *Delphastus sp*, Haxi ; *Harmonia axyridis*)

III.4. Evaluation des traitements biologiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur les larves de *S. subvillosus* au laboratoire.

Nous avons évalué les effets de l'huile essentielle formulée à 3%, avec les dilutions de 3 µl/10ml et 12 µl/10ml, sur *Scymnus subvillosus* au laboratoire durant 5 jours d'exposition après application. Les observations sur les paramètres biologiques et comportementaux sont rapportées à une moyenne sur 25 larves âgées par traitement comparativement à des sujets non traités. Les traitements ont concerné des applications par contact direct sur les larves d'une part (traitement direct T_dir) et par application indirecte en traitant des feuilles infestées par *A. spiraeicola* (traitement indirect T_ind).

III.4.1. Effets sur les paramètres biologiques et comportementaux

III.4.1.1. Effets sur la mortalité

La mortalité des larves totalement nulle chez les témoins, augmente avec le temps d'exposition quel que soit le type de traitement utilisé (figure 3.12 a et b). On peut remarquer que le nombre moyen de larves mortes a été faible. Il reste compris entre 2 et 2.5 individus à la fin de la durée d'exposition respectivement pour les deux types de traitement. Concernant le traitement indirect, l'effet de la dilution d2 d'abord similaire à celui de la dilution d1 à 24h d'exposition, devient plus marqué par rapport à celui de la d1 durant toute la durée des observations. Avec le traitement par contact direct sur les larves, les mortalités moyennes observées sont plus élevées et l'effet de l'huile essentielle utilisée à la dilution d1 est plus marqué que celui de l'huile essentielle utilisée à la dilution d2.

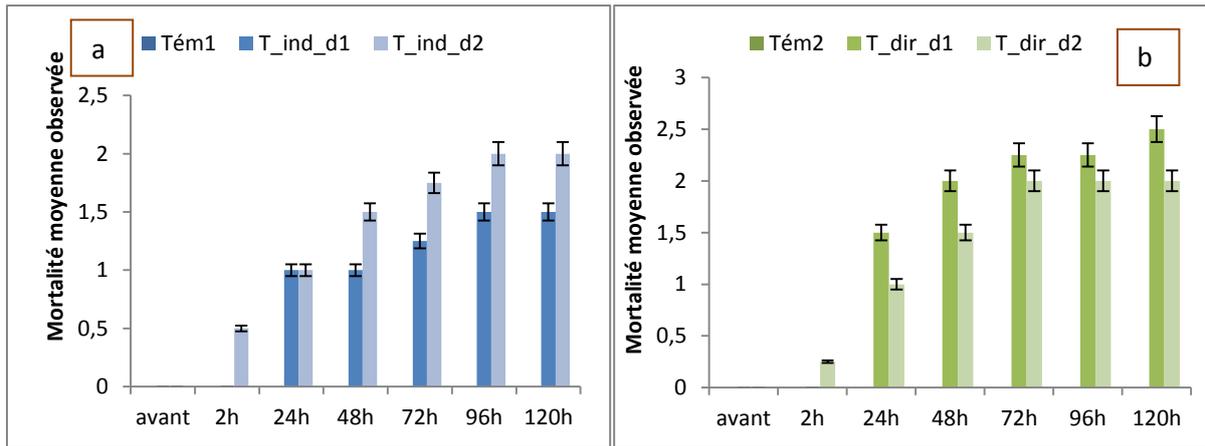


Figure 3.14. Mortalités moyennes observées chez les larves de *S. subvillosus* sous l'effet du traitement à base d'Huile essentielle d'*E. globulus* au laboratoire.

III.4.1.2. Effets sur la prise alimentaire

Nous avons observé que durant 3 jours après traitement, les larves de *S. subvillosus* en présence de proies du puceron *Aphis spiraecola* traitées avec le biopesticide (traitement indirect) ne s'alimentent pas ou effectuent du moins quelques tentatives mais sans consommation, (figure 3.15a). Cependant, les individus ayant subi un traitement par contact réussissent à faire des prises alimentaires seulement entre 2h et 24 h après traitement alors la consommation aphidienne reste très faible au-delà (jusqu'à 72h) (figure 3.15b).

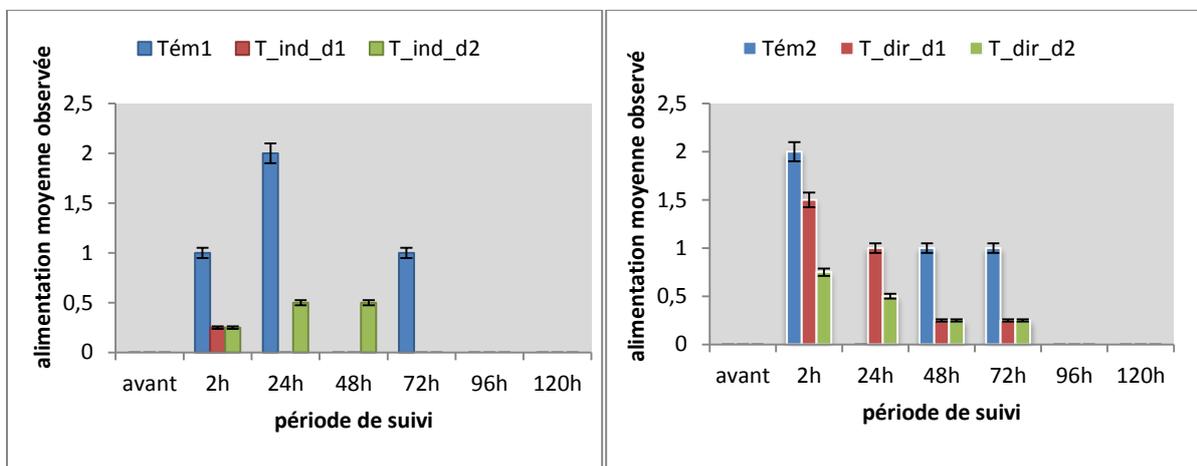


Figure 3.15. Nombre moyen de larves s'alimentant durant la durée d'exposition au traitement à base d'Huile essentielle d'*E. globulus* au laboratoire.

III.4.1.3. Effets sur la nymphose

Les larves âgées de *S. subvillosus* ont commencé leur nymphose 24h et progressivement, par la suite jusqu'à 96h après application indirecte des traitements biologiques notamment sous l'effet de l'huile essentielle diluée à la dilution de

3µl/10ml comparativement aux témoins et aux traités à la dilution de 12µl/10ml (figure 3.16a). Un plus faible nombre de larves traitées directement par contact ont réalisé leur nymphose en particulier sous l'effet de la dilution d1 (3µl/10ml) (figure 3.16b).

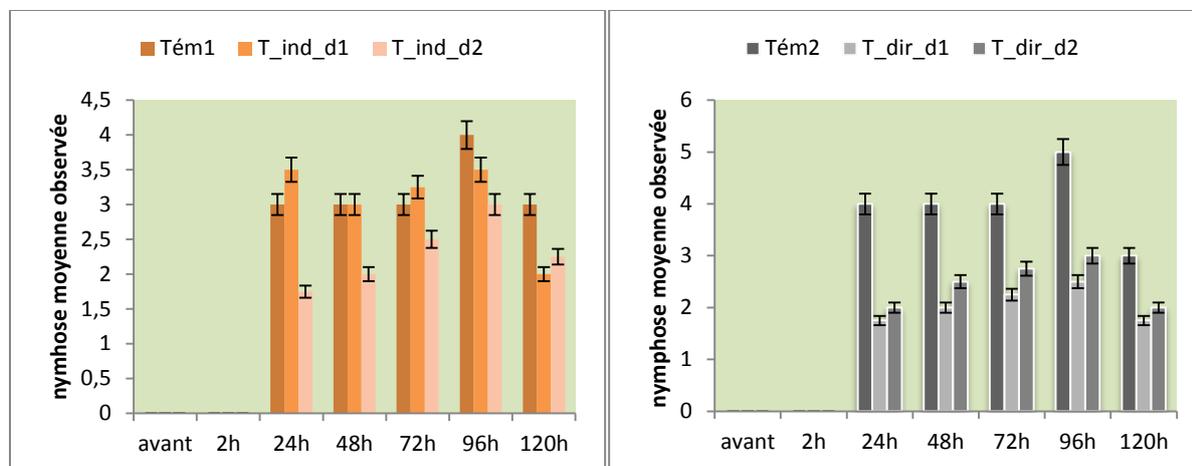


Figure 3.16. Nombre moyen de larves ayant accompli leur nymphose durant la durée d'exposition au traitement à base d'Huile essentielle d'*E. globulus* au laboratoire.

III.4.2. Evaluation de la toxicité des traitements biologiques sur les larves de *S. subvillosus* au laboratoire

Nous avons calculé le pourcentage des populations résiduelles des larves traitées au laboratoire pour évaluer la toxicité des huiles essentielles formulées. Il s'avère qu'après 5 jours d'exposition aux traitements, il n'y a pas d'effet toxique sur les larves étant donné que les pourcentages des individus survivants restent en dessus de 60%. Les deux dilutions et les deux types de traitement semblent neutres sur les populations larvaires d'après nos observations (tableau 3.4 et figure 3.17). Cependant, on peut émettre l'hypothèse que si l'effet temporel de l'huile essentielle de *E. globulus* montre une augmentation graduelle mais très faible de la toxicité ($p < 1\%$), il reste à vérifier que les composés bioactifs manifestent une toxicité même tardive au-delà de 6 jours puisque les larves entrent en nymphose majoritairement.

Tableau 3.4. Comparaison des moyennes (Analyse de la variance, Modèle linéaire global) des populations résiduelles des larves de *S. subvillosus* sous l'effet du traitement à base d'Huile essentielle d'*E. globulus* au laboratoire (NS : Non significative, * : Significative à 5%, ** : Significative à 1%, * : Significative à 0,1%)**

| Source | Somme des carrées | df | F-ratio | Moyenne des écarts | P |
|------------|-------------------|----|---------|--------------------|----------|
| Temps | 16383.33 | 5 | 10.936 | 3276.667 | 0.000*** |
| Traitement | 416.667 | 1 | 1.391 | 416.667 | 0.241NS |
| Dose | 416.667 | 1 | 1.391 | 416.667 | 0.241NS |

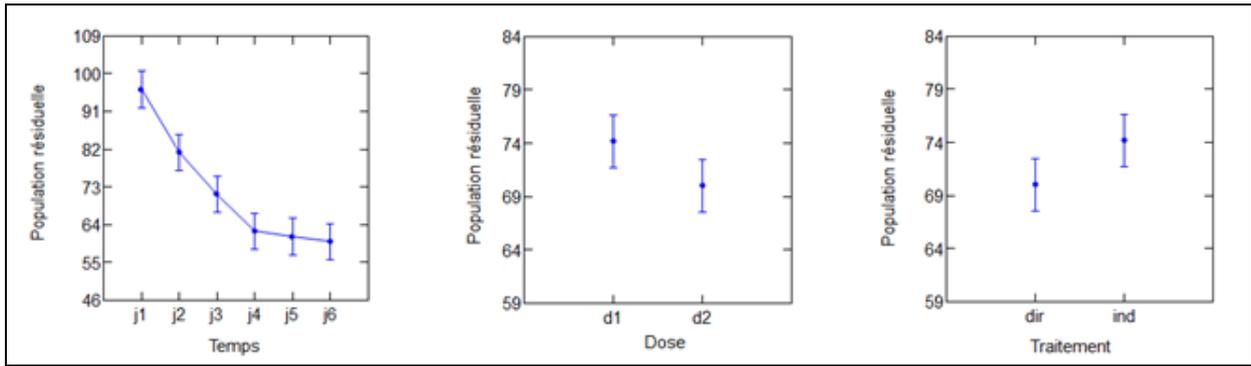


Figure 3.17 : Effets comparés de la toxicité des traitements biologiques par application directe et indirecte des traitements à base d’Huile essentielle d’*E. globulus* au laboratoire.

III.4.3. DL50 et TL50 associés aux traitements biologiques appliqués par contact direct et indirect sur les larves

Les mortalités observées chez les larves traitées et les larves non traitées, nous ont permis de calculer les pourcentages de mortalité corrigées, qui ont été transformés en probits. Les DL50 ont été calculées à partir de l’équation linéaire de la droite de régression entre les probits des mortalités corrigées et des logarithmes décimaux des deux dilutions testées. Les calculs donnent les valeurs de la DL50 de 1.001 µl/l et 0,002 µl/l pour un traitement indirect ou direct respectivement (figure 3.18).

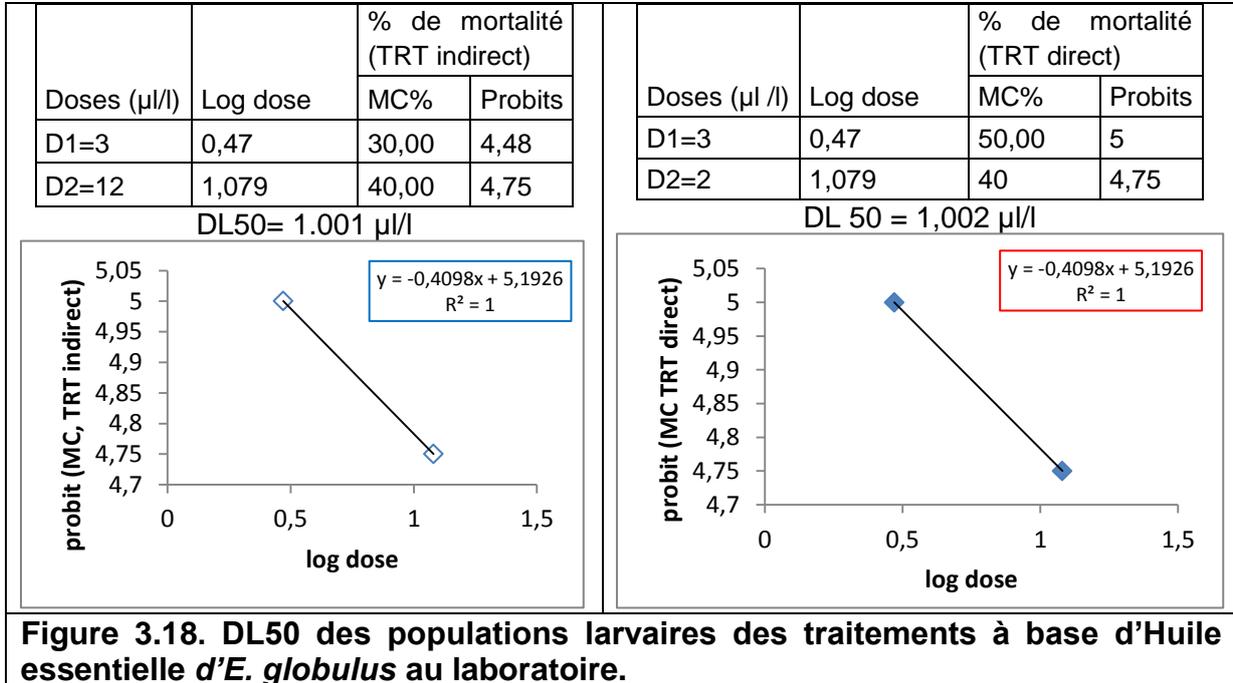


Figure 3.18. DL50 des populations larvaires des traitements à base d’Huile essentielle d’*E. globulus* au laboratoire.

Pour une même raison d'estimation du temps léthal pour tuer 50% des populations de *S. subvillosus*, nous avons transformé les mortalités corrigées des larves traitées et les larves non traitées en probits, et les temps d'exposition (heures) en logarithmes décimaux. Le TL50 a été estimé à partir de l'équation linéaire de la droite de régression entre les probits des mortalités corrigées et des logarithmes décimaux des temps de suivi. Concernant le traitement indirect, les valeurs obtenues dépassent les 120h aux deux dilutions. Par contact direct sur les larves, les TL50 sont estimés à 78h et 197h avec d1 et d2 respectivement, (figure 3.19).

| Temps (h) | Log temps | (TRT indirect) | | | | (TRT direct) | | | |
|-----------|-----------|----------------|---------|-----------|---------|--------------|---------|-----------|---------|
| | | MC% Dose1 | Probits | MC% Dose2 | Probits | MC% Dose1 | Probits | MC% Dose2 | Probits |
| 2h | 0,30 | 0 | 0 | 10 | 3,72 | 0 | 0 | 5 | 3,36 |
| 24h | 1,38 | 20 | 4,16 | 20 | 4,16 | 30 | 4,48 | 20 | 4,16 |
| 48h | 1,68 | 20 | 4,16 | 30 | 4,48 | 40 | 4,75 | 30 | 4,48 |
| 72h | 1,85 | 25 | 4,33 | 35 | 4,61 | 45 | 4,87 | 40 | 4,75 |
| 96h | 1,98 | 30 | 4,48 | 40 | 4,75 | 45 | 4,87 | 40 | 4,75 |
| 120h | 2,07 | 30 | 4,48 | 40 | 4,75 | 50 | 5 | 40 | 4,75 |

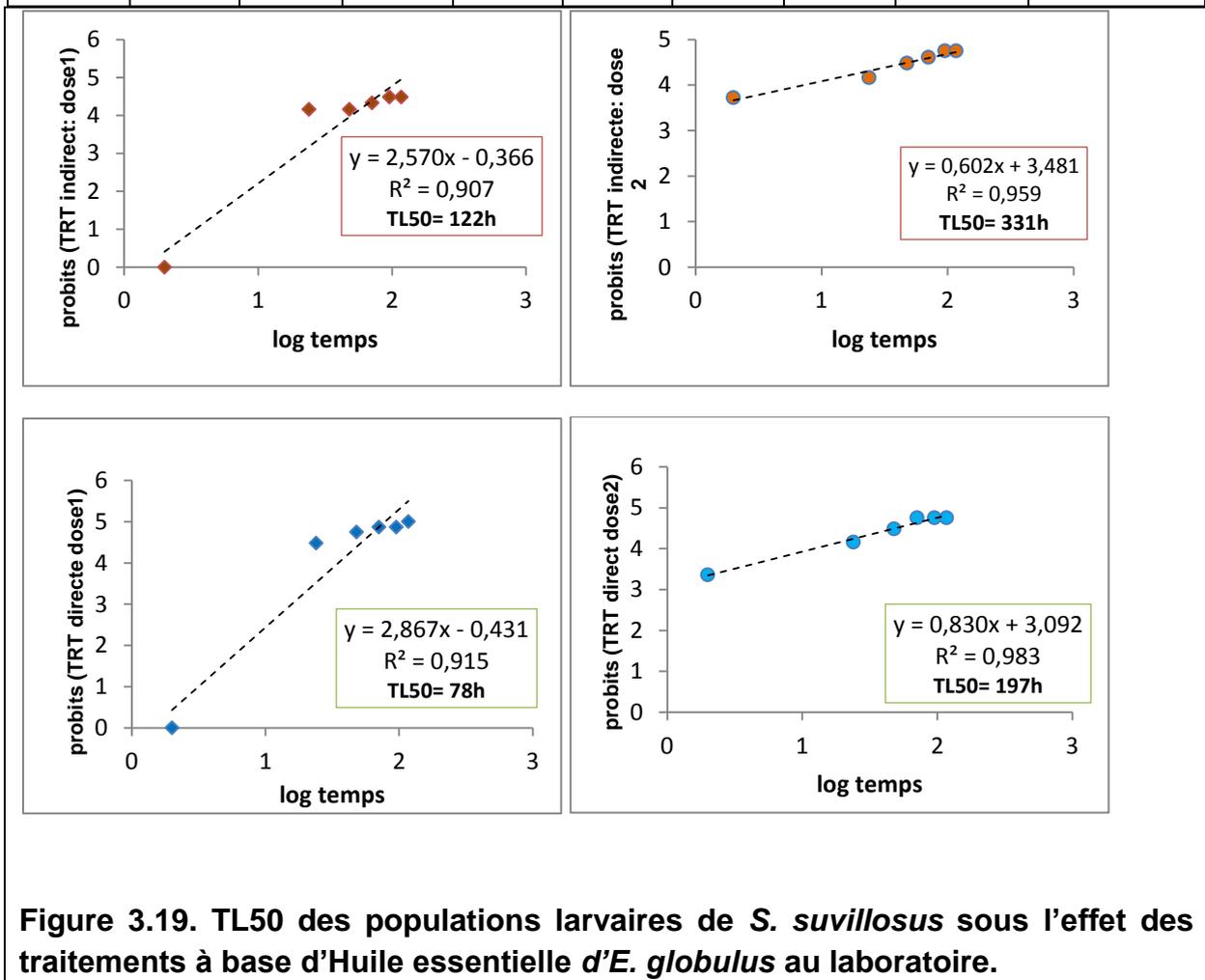


Figure 3.19. TL50 des populations larvaires de *S. subvillosus* sous l'effet des traitements à base d'huile essentielle d'*E. globulus* au laboratoire.

Chapitre IV : Discussion générale

Les systèmes de vergers contiennent une diversité végétale élevée qui fournit des ressources et des habitats riches aux communautés des organismes bénéfiques. Les vergers offrent aussi des zones favorables pour maintenir les réseaux trophiques au sein de l'agrosystème, à condition que les situations favorables ne soient pas altérées par l'application d'un excès de pesticides (SIMON *et al.*, 2010).

Dans un souci d'une contribution aux différentes approches actuelles des effets des substances actives d'origine végétale, sur les phytoagresseurs nuisibles dans les agrosystèmes et les systèmes forestiers, le présent travail s'est penché sur l'étude des huiles essentielles formulées d'une essence forestière *Eucalyptus globulus*, sur la disponibilité et l'activité des espèces bénéfiques circulant en vergers d'agrumes durant la période s'étalant du mois de janvier au mois de mai 2015.

L'hypothèse de notre investigation était fondée sur la question de savoir si les applications foliaires de doses sélectionnées des huiles étudiées avaient une répercussion sur des modifications de la diversité de l'entomofaune auxiliaire des aphidiphages surtout et une toxicité sur les espèces, pendant la période de l'étude. Sur ce point, des traitements suivis par des observations ont été conduits sur *Scymnus subvillosus*, une espèce aphidiphage cible choisie pour son abondance au sein des colonies du puceron *Aphis spiraecola*.

4.1. Structure du peuplement des entomophages prédateurs des aphides pendant la période hiverno-printanière avant et après traitement

La comparaison des abondances entre le groupe des Chrysopidae et celui des Coccinellidae est significativement différente, contrairement à l'abondance moyenne des Syrphidae comparée avec celle du complexe Coccinellidae-Chrysopidae qui semblent relativement identiques. Les captures au sein des canopées ont révélé seulement la présence des coccinellidae prédateurs, durant toute la période de notre suivi allant du 11 janvier au 17 mai 2015. Un maximum atteint au début d'avril correspondant notamment à l'abondance des populations de *Scymnus subvillosus*. La composition temporelle des assemblages d'aphidiphages est différente et semble liée à une succession de générations des espèces, un cycle de vie spécifique ou à une disponibilité suffisante des proies. Les communautés les plus représentées concernent représentées par des prédateurs généralistes *Chrysoperla carnea* et *Sphaerophoria scripta* et des coccidiphages comme *Rodolia cardinalis* associés à des coccinelles aphidiphages telle que *Scymnus subvillosus*, *Chilocorus bipustulatus*, *Hipodamia tredecimpunctata*. Concernant les coccinellidae, nous avons remarqué que leur disponibilité s'accorde majoritairement avec la poussée de sève printanière et il est dominé par des espèces aphidiphages en l'occurrence *Scymnus subvillosus*, *Scymnus interruptus*, *Nephus sp.*, *Harmonia axyridis*, en association avec *Stethorus punctillum* espèce acariphage.

Saharaoui et Hemptinne, en 2009 ont mis en évidence dans des vergers d'agrumes de l'est algérois, la coexistence de deux principaux groupes d'espèces totalisant 17 taxons, les unes aphidiphages, les autres coccidiphages. Les espèces *Chilocorus bipustulatus*, *Scymnus subvillosus*, *Nephus peyerimhoffi* et, à un moindre degré, *Clitostethus arcuatus* et *Pharoscymnus setulosus* sont omniprésentes. En revanche, *Rodolia cardinalis*, *Mimopullus mediterraneus* et *Rhizobius lophantae* sont régulièrement présentes mais peu abondantes.

Le cycle de vie des coccinelles et le nombre de générations qu'elles produisent sont parfaitement synchronisés avec les périodes durant lesquelles leurs ressources trophiques sont disponibles. La majorité des coccinelles se reproduit aux dépens des pucerons de la première poussée de sève, de la fin avril au début de juin. La densité des coccinelles augmente avec celle de leurs proies.

Comme l'indiquent nos résultats, une grande diversité d'ennemis naturels cohabite et partage la même nourriture avec les coccinelles. Ce sont principalement des aphidiphages Syrphidae, Chrysopidae. Selon Saharaoui et Hemptinne (2009), les Coccinellidae et les Anthocoridae sont dominants avec respectivement, 48,1 % et 31,3 % du peuplement des ennemis naturels des pucerons recensés.

Au Maroc, SMAILI et *al.*, (2009), mentionnent que les coccinelles *Adalia decempunctata* L. et *Coccinella septempunctata* L. sont les prédateurs les plus efficaces contre le puceron noir des agrumes *Toxoptera aurantii*. L'impact de *A. decempunctata* représente 5 à 48,33% de l'ensemble de la régulation. Il est de 5 à 16,7% pour *C. septempunctata*. D'autres prédateurs affectent également les colonies de *T. aurantii*, tels que le chrysopidae *Chrysoperla carnea* Stephens et le Syrphidae *Episyrphus balteatus*. Ces espèces agissent individuellement ou en intragilde avec les coccinelles mais leur impact reste faible selon le même auteur.

4.2. Evaluation de l'effet des traitements à base de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus* en vergers d'agrumes

La toxicité temporelle des solutions d'huile essentielle de l'eucalyptus globuleux a été évaluée dans les conditions de terrain sur les deux groupes taxinomiques en relation avec les formulations et les dilutions appliquées. D'une part, et par rapport aux témoins où les fluctuations aphidiennes sont normales, on peut remarquer au niveau des blocs traités une diminution très sensible des effectifs des pucerons au bout de trois jours après l'application des traitements.

L'abondance des arthropodes est toujours affectée négativement par les régimes de gestion des ravageurs intensifs (SUCKLING et *al.*, 1999; BROWN et SCHMITT, 2001; SIMON et *al.*, 2007). Il semble par ailleurs que les effets des deux formulations de l'huile essentielle aux dilutions de 9ml/l et 12ml/l soient similaires d'après nos observations en comparaison avec l'effet de la dilution à 3ml/l, un peu disparate dans son efficacité entre les formulations de 1.5% et 3%.

Discussion générale

D'autre part, les traitements foliaires de l'huile essentielle d'*E.globulus* réalisés au sein des canopées, ont induit globalement une toxicité importante sur les larves de *S. subvillosus*, caractérisée par une diminution populationnelle brusque observée deux jours seulement après l'application du biopesticide. Sous l'effet des deux formulations biologiques, un meilleur recrutement dans les parcelles est noté pour la majorité des groupes capturés par piègeage après deux semaines en moyenne (vers la mi-mai d'après nos observations) après application des traitements.

Aussi, les abondances populationnelles des deux groupes taxinomiques aphides-coccinelles diminuent considérablement dans le temps, d'abord avec un effet de choc durant les deux jours qui succèdent à l'application puis un effet retard avec des abondances presque nulles durant une période de 5 jours chez les coccinellidae prédatrices qui ont été particulièrement sensibles aux traitements. Les deux formulations appliquées aux doses de 9 ml/l et 12 ml/l ont induit des effets similaires d'après nos observations. Isman (2001) et Chiasson et Beloin (2007), en étudiant l'activité biologique des huiles essentielles de nombreuses plantes, notent qu'elles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou tel que les Thrips, les Pucerons, les Aleurodes et certains acariens. Par contre, elles se sont avérées moins efficaces avec des insectes à cuticule dure tels que des Coléoptères et Hyménoptères adultes et certains Acariens prédateurs *Amblyseius fallacis* et *Phytoseiulus persimilis* (BOSTANIAN et al. 2005).

Cet état de fait peut être expliqué par la nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectées par l'huile essentielle ce qui peut entraîner l'asphyxie (WIGGLESWORTH, 1972).

Nos résultats rejoignent ceux de plusieurs études qui montrent que les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques mais qui peuvent avoir une efficacité susceptible d'être modifiée par les conditions naturelles. Malgré que, l'Huile d'eucalyptus est une substance active annotée comme non approuvée par la Commission européenne, d'après DERAVEL et al., (2014) soit parce que leur utilisation en Europe a été rejetée, soit parce qu'aucune demande de leur utilisation n'a été reçue.

L'effet des huiles sur les insectes n'est pas systématique car on observe des réponses différentes suivant l'espèce d'insecte et d'huile essentielle. Les effets des molécules bioactives peuvent varier en fonction des plantes, de la molécule elle-même, de la dose utilisée, de la fréquence et de l'opportunité du traitement.

Ainsi, l'efficacité des huiles essentielles du gommier bleu : *Eucalyptus globulus* a été mentionnée contre un ravageur des denrées stockées *Acanthoscelides obtectus* (Bruchidae) (PAPACHRITOS et STAMPOULOS, 2004). TUNL et SAHINKAYA

Discussion générale

(1998) mentionnent que les huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* sont très toxiques contre l'araignée rouge *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae).

Sous l'effet de l'huile essentielle d'*Eucalyptus grandis*, au bout d'un jour d'exposition seulement, EL GUILI et al. (2009) ont obtenu des mortalités de 95% ; 80% et 65%, aux doses de 1% ; 0.5% et 0.25% respectivement sur les adultes de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*. A court terme, selon ces mêmes auteurs, la concentration de 1% serait idéale pour combattre les adultes du ravageur avant leur maturité sexuelle. En application par contact, l'huile essentielle de l'eucalyptus induirait une mortalité supérieure à 50% sur les deux espèces nuisibles aux denrées entreposées *Sitophilus oryzae* et *Tribolium confusum*, d'après BENAZZEDDINE (2010). Abd El-Salam a constaté que les huiles essentielles de *E. globulus* manifestent une puissante toxicité contre *S. oryzae* après trois jours de traitement avec une CL50 de 10,6 µL/l. Les doses léthales de 50 % des populations de *Sitophilus zeamais* et *Tribolium confusum*, ont été évaluées à 0,36 ul/cm² et 0,48 µl/cm² respectivement par TAPONDJOU et al. (2005), qui ont utilisé l'huile essentielle de l'eucalyptus par contact sur les deux espèces d'insectes.

Les huiles essentielles ont la réputation d'avoir un pouvoir protecteur éphémère. NGAMO et al, (2004), ont montré ainsi une activité insecticide d'*Eucalyptus citriodora*, et *Eucalyptus saligna*, sur *Sitophilus zeamais* dès le premier jour des applications, mais cette activité décroissait significativement au bout de 2 à 4 jours, pour atteindre 50% au 8ème jour. D'après Shaaya et al. (1991), *T. castaneum* est deux fois plus sensible à l'huile essentielle d'*Eucalyptus nicholii* que *S. oryzae* (LEE, 2002).

Selon les espèces d'autres Eucalyptus, la toxicité peut se révéler similaire mais se manifester au contraire plus tardivement comme c'est le cas de l'effet comparé d'*Eucalyptus sp* et d'*Eucalyptus camaldulensis* sur les populations du puceron vert des agrumes *Aphis spiracola*. Ainsi, l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* est plus toxique et agit tardivement par rapport au l'huile essentielle d'Eucalyptus sp, (DIKHAI, 2013). Par ailleurs, d'autres expériences menées sur le même aphide par MARDOUD (2013), ont montré que les différentes formulations d'*Eucalyptus camaldulensis* agissent sur une diminution sensible des abondances ainsi qu'une perturbation de la structure des populations des différentes formes biologiques, notamment avec l'huile essentielle de la plante prélevée en zone côtière devant celles de la plante récoltée en altitude et en région sublittoral.

Dans la littérature, les potentialités insecticides d'huiles essentielles d'autres plantes ont été mises en exergue. Selon BABA AISSA (2011), l'huile essentielle formulée à base de thym entraîne un effet toxique temporel des populations larvaires de la mineuse de la tomate, qui évolue vers son maximum après 72 heures de traitements, d'avantage élevé avec l'application de la dose complète en comparaison avec la demi dose et le quart de dose, ce qui correspondrait probablement à une différence dans le mode d'action du bio-pesticide.

Discussion générale

L'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* est plus toxique par contact que par ingestion et inhalation sur *Rhizopertha dominica*, insecte ravageur de denrées céréalières. La mortalité augmente avec la dose utilisée; pour une concentration de 15% le taux de mortalité enregistré est de 87% à 100% (BOUTEKDJIRET et al., 2004). Une mortalité de 100% des adultes de ce ravageur après inhalation de l'huile de *Artemisia herba alba* à une concentration de 0,392 mg/cm³ a été rapportée par BOUTEKEDJIRET et al., (2007). Les huiles essentielles de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* présentent également un effet léthal aussi bien sur les larves que sur les adultes de *Shistocerca gregaria*, avec une rapidité d'action moindre chez les adultes comparativement aux larves de 5^{ème} stade.

TROMBETTA et al., (2002), SATRANI, (2008,) expliquent que l'activité insecticide pourrait être attribuée à l'effet des composés majoritaires, notamment les constituants phénoliques. Les huiles essentielles des plantes ont toutes une particularité commune: elles sont riches en composés phénoliques monoterpène comme l'eucalyptol, l'eugénol, le thymol et le Carvacrol. STYLO et al., (2005), TCHOUMBOUGNANG et al.,(2006), ont prouvé que l'efficacité des huiles essentielles a une relation avec l'importance de leurs teneurs en phénols tel que le carvacrol et thymol.

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* contient majoritairement le 1,8-cinéole ou eucalyptol (environ 60%) et plus de 25 composés de nature terpénique dont le pinène, l'aromadentrène, le globulol, ainsi que le limonène, le p-cymène, le lédol, l'acétate d'isoamyle, etc. L'eucalyptol et le camphre émis par l'eucalyptus inhibent la germination et le développement des espèces concurrentes avec lesquelles il est en compétition, (Houghton et al., 2003).

L'efficacité de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Mentha spicata* et ses composés le 1,8 cinéole et le carvone a été relevée vis-à-vis de *Rhyzopertha dominica* (KHALFI et al., 2006) . L'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* est riche en pulégone (85%). Les concentrations de 3,5. 10-2 ml/cm³ et 6,510-2 ml/cm³ ont été suffisantes pour provoquer une mortalité de 100% chez respectivement *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica* au bout d'une journée de traitement.

Le Carvacrol et le thymol, qui sont des phénols isomériques, sont souvent rapportés comme étant parmi les huiles les plus actives chez le thym et l'origan (CACCIONNI et al., 1998, AGNIHOTRI et al., 2003, HERNANDEZ-OCHOA et VILAREM., 2005). Le thymol possède une activité répulsive contre les moustiques (DORMAN et al., 2000). Le carvone, composant majoritaire de l'huile essentielle de la graine de Carvi est très utilisé comme répulsif d'insectes (SALOM et al., 1996).

La toxicité des huiles essentielles du citronnier, de l'orange douce et du pamplemoussier administrées par inhalation aux doses testées (5, 9, 13 et 17 µl) sur les adultes de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* serait liée probablement au citral et 5.7 diméthoxycoumarine et le linalol, d'après Bachi, (2012).

Discussion générale

L'évaluation de l'efficacité des huiles essentielles formulées à base de Thym a été investiguée par KHAOUI (2012), sur l'abondance et la reprise biocénétique des aleurodes des agrumes *Dialeurodes citri* Ashmead infestant le mandarinier. Le produit synergique formulé (Carvacrol /Thymol) a exprimé un effet toxique plus élevé en le comparant au Carvacrol et au Thymol appliqués seuls. La toxicité de l'huile est d'autant plus élevée avec le Carvacrol, puis le Thymol et enfin avec le bioproduit mixte Thymol/Carvacrol notamment avec la dose complète respectivement.

L'effet toxique des deux phénols Carvacrol / Thymol administré en synergie, a été démontré au travers de différents travaux : sur la termite *Reticulitermes speratus*, les adultes du charançon du riz *Sitophylus oryzae*, *Callosobruchus chinensis* et l'acarien *Tetranychus urticae*, (ISMAN 2000 ; DEFERERA et al., 2000, EL AJJOURI et al., 2008). Selon AHN et al., (2004), et FAN,(2010), le carvacrol exerce son activité insecticide en se liant au récepteur cholinergique nicotinique de l'acétylcholine qui forme des canaux ioniques sensibles à un ligand dans les membranes plasmiques de certains neurones du système nerveux central des insectes. Les huiles essentielles peuvent inhiber l'acétylcholinestérase (GRUNDY et STILL, 1985 ; LOPEZ et al., 2010), l'octopamine (PRICE et BERRY, 2006) ou le cytochrome P450 des mono-oxygénases (DE OLIVEIRA et al., 1997). L'octopamine agit comme neurotransmetteur et a un effet régulateur sur les battements de cœur, la motricité, le vol et le métabolisme des invertébrés. L'application de l'eugénol, de l' α -terpinéol et de l'alcool cinnamique, pourrait induire un blocage des récepteurs de l'octopamine selon ENAN (2000).

4.3. Evaluation des traitements biologiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur les larves de *S. subvillosus* au laboratoire

Il n'y a pas d'effet toxique des deux formulations de l'huile essentielle testée sur les larves, étant donné que les pourcentages des individus survivants restent en dessus de 60%, après 5 jours d'exposition aux traitements.

Notre expérimentation reste sujette à une complémentarité pour vérifier cet effet du produit biologique puisque les larves entrent en nymphose majoritairement dès 48h après application des traitements, vraisemblablement en raison d'un stade de développement avancé des individus pour se préparer à la nymphose et à l'arrêt de l'activité alimentaire. Les mêmes tests sur des larves plus jeunes (2^e et 3^e stade larvaire) seraient à envisager en utilisant différentes modalités de l'apport des proies aphidiennes. L'hypothèse d'une réaction d'évitement du produit en tant que résistance des larves, pourrait expliquer leur entrée en nymphose. Des observations supplémentaires après la nymphose nous ont permis de constater que des adultes ont émergé des nymphes. D'après Maynard-Smith (1989), certains insectes développent une résistance qui se concrétise en une pénétration réduite d'un xénobiotique donné dans l'organisme en relation avec une modification structurale de la cuticule. Ceci resterait à vérifier puisque les larves de *S. subvillosus* présente une cuticule avec des expansions cireuses.

Dans une expérience étudiée en laboratoire sur les effets d'un savon insecticide sur la survie du parasitoïde des pucerons, *Aphidius colemani*, Tremblay, (2006) a montré que le savon n'a pas eu d'effet sur la survie des parasitoïdes immatures. Les guêpes

Discussion générale

qui ont été en contact avec des pucerons traités au savon n'ont pas pondu autant dans ces derniers que dans les témoins, ce qui indique que les guêpes ont détecté et évité les pucerons traités au savon. Probablement, dans notre expérimentation, les larves auraient évité d'ingérer par ailleurs des pucerons présents sur les jeunes pousses traitées, dans le traitement indirect.

INTRODUCTION GENERALE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE EXPERIMENTALE

Résultats et discussions

CONCLUSION

REFERANCE BIBLIOGRAPHIQUE

ANNEXES

Introduction générale

La culture des agrumes en Algérie est d'un grand intérêt économique là où les productions arboricoles sont importantes. Malgré les bonnes conditions pédoclimatiques pour le développement de l'arboriculture fruitière, la production agrumicole algérienne a connu une faible croissance au cours de ces dernières années due à plusieurs facteurs, entre autres ceux d'ordre phytosanitaire tels les maladies cryptogamiques et les complexes de ravageurs nuisibles qui impactent la rentabilité des vergers (BENOUFELLA *et al.*, 2014).

La nuisibilité des insectes restent en partie la principale cause de la baisse des rendements. Les pucerons en l'occurrence, insectes extrêmement répandus dans le monde en raison de leur fécondité élevée, leurs modes de reproduction variés, et l'utilisation de plusieurs plantes-hôtes, ont développé des capacités adaptatives qui leur permettent d'exploiter au mieux les plantes sur lesquelles ils vivent (BICHE, 2012). Les dégâts dus à ces espèces se traduisent d'une part par l'affaiblissement de l'arbre en prélevant la sève et en réduisant la surface photosynthétique des feuilles suite à l'installation de la fumagine, et par la vexion de viroses entraînant des dépérissements et la mort des arbres atteints (LECOQ, 1996). Ainsi, la lutte contre ces phytoagresseurs reste-t-elle le souci majeur des agriculteurs.

Actuellement, le contrôle des populations aphidiennes est majoritairement chimique combien même l'usage omnifréquent des pesticides tout comme les engrais, conduit à de graves impacts environnementaux, des risques pour la santé et une perte de la biodiversité dans les agrosystèmes (Aubertot *et al.*, 2005).

C'est pourquoi la réduction de l'utilisation des pesticides est une priorité et une question à explorer pour les systèmes agricoles intensivement traités tels les vergers (Berrie and Cross, 2006).

L'inventaire des biopesticides commercialisés montre que les succès obtenus avec les différents types d'organismes restent limités et spécifiques. La faible part de marché qu'ils représentent par rapport au marché phytosanitaire mondial s'explique en partie par la spécificité de ces produits qui est à la fois leur plus grand avantage et leur plus grande contrainte. Si de bons espoirs sont fondés sur les nouveaux insecticides chimiques de type régulateurs de croissance des insectes qui s'avèrent efficaces à faibles doses et avec peu d'applications, (RIBA et SILVY 1993), plusieurs organismes et institutions de recherche encouragent et développent l'exploitation des composés secondaires des plantes pour la lutte contre les insectes nuisibles, depuis ces dernières décennies. Actuellement, les huiles essentielles des plantes avec leurs molécules naturelles bioactives sont une source potentielle très prometteuse. Elles sont connues pour leurs effets attractifs (GABEL *et al.*, 1992 ; PELLMYR *et al.*, 1991) et leurs propriétés anti-appétantes , répulsives ou insecticides (KLOCKE *et al.*, 1989 ; MUELLER *et* HAUFE, 1991 ; HAMRAOUI, 1993).

Les biopesticides à base d'huiles essentielles font l'objet d'études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématocides et fongicides (YAKHLEF, 2010). Ces produits biologiques sont constitués de plusieurs composés à mécanismes d'action multiples et modes d'application variés. D'après Isman (2000), ils peuvent être utilisés seuls et à répétition, sans potentiellement inciter le développement de la résistance chez les ravageurs. Ils peuvent également être utilisés en alternance avec les pesticides de synthèse afin de prolonger la durée de vie de ces derniers.

VOUKOU *et al.*, (1988), estiment que les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des Labiatae tels que le thym, l'origan, la lavande, la menthe, le romarin, et la sauge, étant donnée la grande complexité de leur composition chémotypique.

Les effets des huiles essentielles des plantes peuvent se manifester par contact, ingestion et inhalation (KHALFI *et al.*, 2009), et sont surtout dus à leur richesse en composés phénoliques monoterpènes comme l'eugénol, le cinéole, le thymol et le Carvacrol, (TROMBETTA *et al.*, 2002; SATRANI, 2008). Les effets des molécules bioactives des huiles essentielles peuvent varier en fonction des plantes, de la molécule elle-même, de la dose utilisée, de la fréquence et de l'opportunité du traitement (KHALFI *et al.*, 2009).

Si le recours à des molécules naturelles insecticides pouvant être efficaces au sein des cultures s'est révélé dans de nombreux travaux de recherche une bonne alternative à l'utilisation des pesticides conventionnels (GIROUX *et al.*, 1994; ROGER *et al.*, 1995), il est primordial de connaître la dispersion spatiale et temporelle des insectes présents dans le verger (DEBOUZIE et THIOULOUSE, 1986; SAIGHI, 1998) pour s'impliquer dans un programme de lutte intégrée contre les ravageurs.

La lutte intégrée est une stratégie de gestion à long terme des bio-agresseurs, qui minimise les risques pour les populations, l'écosystème et l'environnement. Dans ce concept, des actions sont menées pour empêcher les bio-agresseurs de devenir un problème. Pour cela, les champs sont minutieusement observés afin d'identifier les maladies et leur cause, dénombrer les bio-agresseurs et établir leur cycle de vie. Les facteurs environnementaux qui leur sont défavorables sont également étudiés. En fonction du seuil de rentabilité fixé par les agriculteurs, les bio-agresseurs répertoriés peuvent être soit tolérés, soit traités. Dans le cas où le contrôle est nécessaire, les données recueillies lors de la surveillance des champs sont exploitées pour l'application des traitements.

Les nombreux avantages des biopesticides, comme leur toxicité réduite vis-à-vis des pollinisateurs, ne peuvent pas être ignorés dans un contexte socio-politique de plus en plus soucieux de l'écologie. L'emploi de certains biopesticides en rotation ou en combinaison avec d'autres biopesticides ou avec des produits chimiques permet

de diminuer les quantités d'intrants chimiques, ainsi que l'apparition de nouvelles souches résistantes aux nuisibles.

L'efficacité des huiles essentielles en tant que substances fumigènes dotées de réelles potentialités insecticides à valoriser, est la préoccupation de nombreux chercheurs. Les travaux effectués concourent à mettre en évidence les différents éléments pouvant accroître l'action des huiles essentielles contre les insectes ravageurs.

Dans notre approche, nous nous sommes intéressés à l'étude des potentialités insecticides de l'huile essentielle formulée d'une essence forestière *Eucalyptus globulus* d'une part sur un modèle de ravageurs : les pucerons d'agrumes, mais aussi à l'étude de son impact sur les prédateurs aphidiphages qui les accompagnent d'autre part en l'occurrence les coccinellidae qui sont mentionnés dans la littérature comme étant les mieux régulateurs et les plus actifs sur les populations aphidiennes.

Notre travail est structuré en quatre parties. La première partie est une synthèse bibliographique comprenant des généralités sur les agrumes, une présentation des aphides et des coccinellidae prédateurs ainsi que des généralités sur les produits biopesticides d'origine botanique particulièrement les huiles essentielles. Dans la seconde partie expérimentale, nous avons expliqué comment toutes nos expérimentations ont été réalisées. Dans la troisième partie, nous avons présenté et interprété l'essentiel des résultats avec une discussion globale. Nous nous sommes posés la question de savoir si les applications biologiques in situ à base de l'huile essentielle d'*E. globulus* entraînaient d'abord un impact biocide et toxique sur les colonies aphidiennes installées sur les jeunes pousses et parallèlement une variation de la disponibilité de leurs prédateurs associées à travers l'apparition de groupes de réponses particuliers. Quels étaient dans ce cas les effets au laboratoire des huiles essentielles formulées sur *Scymnus subvillosus* prédateur aphidiphage dominant. Enfin nous avons terminé par une conclusion avec des perspectives.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Ce présent travail a pour principal objectif d'évaluer la capacité biocide de l'huile essentielle formulée de l'*Eucalyptus globulus* sur les pucerons des Citrus, ainsi que leurs coccinellidae prédateurs associées. Un préalable a été réalisé pour entrevoir la disponibilité de l'entomofaune des auxiliaires inféodés au verger étudié, en début de reprise végétative de la plante hôte et durant la période de poussée printanière en relation avec les paramètres de la culture in situ.

Nous présentons dans ce chapitre la région et le verger de l'étude, la méthodologie et le matériel d'échantillonnage utilisé sur le terrain particulièrement les piègeages et enfin le protocole accompagné du dispositif des traitements à bases des huiles essentielles utilisées. Nous expliquons par ailleurs les analyses utilisées pour l'exploitation de nos données d'observations.

II.1. Présentation de la région d'étude: Bougara

La commune de Bougara, d'une superficie totale de 86.12 km², est située au niveau de l'Atlas Blidéen dans la Mitidja centrale (36° 32' de latitude Nord, 3° 05' de longitude Est) à l'est de la wilaya de Blida (Fig. 2.1), environ 24 km au nord-est de Blida et 34 km au sud d'Alger, à une distance de 25 Km de la mer, (LOUCIF ET BONAFONTE, 1979).

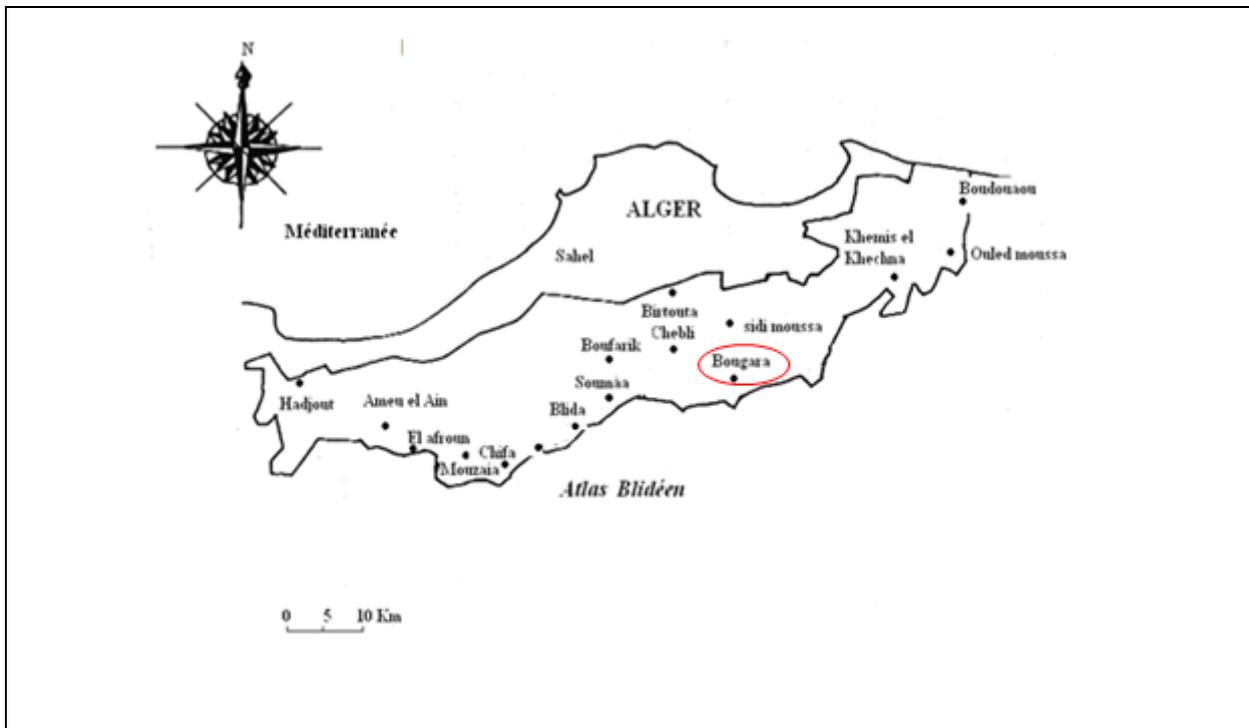


Figure 2.1: Situation géographique de Bougara dans la région de Blida et le nord algérien Echelle: 1/500 000 (Source support: Google mappe)

II.1.2. Caractéristiques climatiques

Le climat est l'ensemble des phénomènes qui caractérisent l'atmosphère. Ses fluctuations provoquent d'une année à l'autre des variations qui influencent la végétation et la dynamique des populations des insectes. Il est donc nécessaire de donner un aperçu sur les fluctuations climatiques, à savoir les précipitations et les températures.

La région de Bougara appartient à l'étage bioclimatique subhumide. Elle est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé généralement par une saison douce et humide, allant de Novembre à Avril, et une saison chaude et sèche, qui s'étend de mois de Mai à Octobre. La pluviométrie importante dans l'Atlas Blidéen est généralement supérieure à 600 mm par an en moyenne. Les précipitations sont maximales en Décembre et Février, alors que les mois de juin à août sont presque toujours secs en été.

II.1.2.1. Températures, pluviométrie et diagrammes Ombrothermiques

La température représente un facteur limitant. Elle exerce une action écologique sur tous les êtres vivants car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne. De ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. Chaque espèce ne peut vivre que dans un certain intervalle de température (DREUX, 1980). Les insectes étant des poïkilothermes, la température est pour eux le facteur écologique le plus important (LAMY, 2006). Les facteurs thermiques (minimum, maximum) exercent une profonde action sur la vie des insectes, et par conséquent sur leur répartition naturelle, leur changement saisonnier, leur croissance, leur développement et leur composition spécifique.

L'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, afin d'assurer un équilibre biologique (MERCIER, 1999). Les précipitations moyennes annuelles dans la Mitidja varient entre 600 et 900 mm en fonction de la région considérée (MUTIN, 1977). Les précipitations mensuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été (MUTIN, 1977). Cette distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche joue un rôle régulateur des activités biologiques des insectes.

Le diagramme Ombrothermique sert à refléter une image synthétique du climat. Selon Bagnouls et Gaussen (DAJOZ, 1985), le mois est défini comme étant sec lorsque la somme des précipitations moyennes (P), exprimées en millimètres (mm), est inférieure au double de la température de ce mois ($P/2T$). Pour mettre en valeur cette définition, ils ont proposé un modèle de présentation graphique dont on juxtapose les précipitations et les températures lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière délimitant ainsi la période sèche et la période humide.

Durant la période hiverno-printanière du mois d'octobre, les quantités de pluies les plus importantes ont été enregistrées en décembre, janvier et février. Les mois les plus froids sont janvier et février avec des températures moyennes minimales respectives de 5,41 °C et 2,68 °C, tandis que les mois les plus chauds sont juillet et août avec des températures moyennes maximales respectives de 31,1 °C et 33 °C, (fig. 2.2 a).

Les données de pluviométrie et des températures moyennes enregistrées durant la période de notre étude, pendant l'année 2014/2015, nous ont permis de tracer les diagrammes ombrothermiques. La période sèche s'est étalée de juin à octobre 2014, alors que la saison des pluies a commencé en octobre pour s'amenuiser vers la première moitié du mois de mars, (fig. 2.2 b).

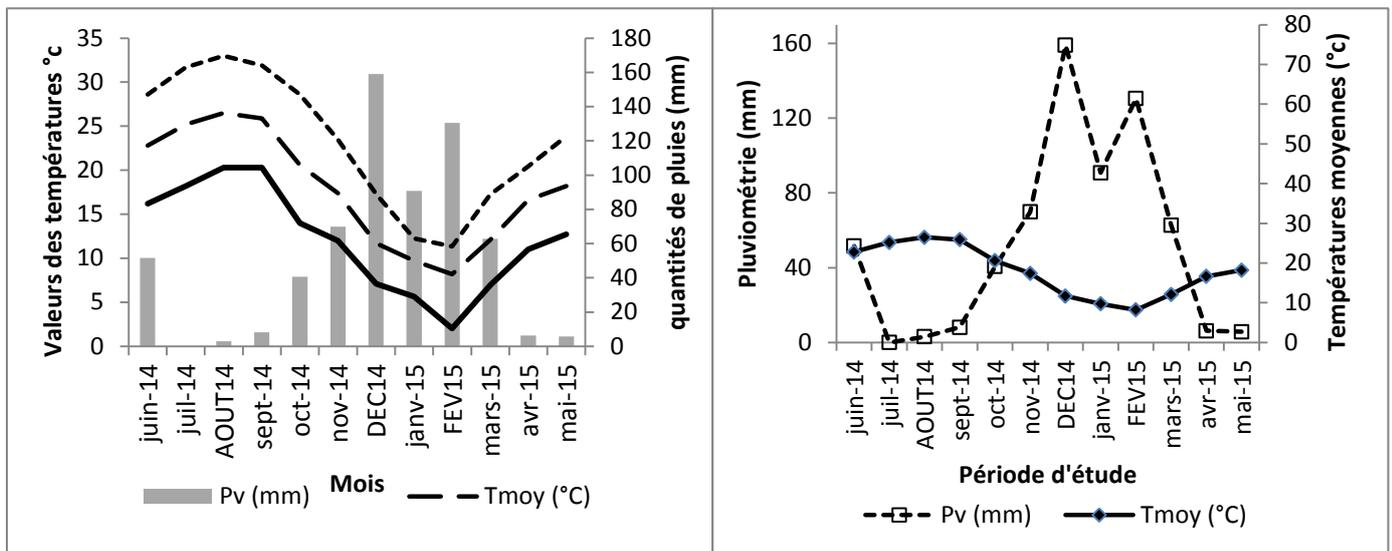


Figure 2.2: Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie et diagramme ombrothermique à Bougara durant la période de l'étude.

II.1.2.2. Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER)

L'indice d'EMBERGER permet la caractérisation des climats et leurs classifications dans les différents étages bioclimatiques. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adopté par STEWART, dont l'équation et comme suite $Q2=3,43[(P/M-m)]$ **p** : pluviométrie annuelle (mm), **M** : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud, **m** : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid, (Stewart, 1969).

En prenant en considération la valeur du coefficient pluviométrique Q2 sur l'axe des ordonnées et la température moyenne minimale du mois le plus froid sur l'axe des abscisses, on peut localiser la région d'étude dans le Climagramme d'Emberger pour une période de quinze ans de 1997-2012 (fig. 2.3). La région la plus proche de Bougara, en l'occurrence Soumâa (15 km) est prise comme référence et se trouve située dans l'étage bioclimatique sub-humide; à hiver doux ($Q2=70,34$ et $m\text{ }^{\circ}\text{C}= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

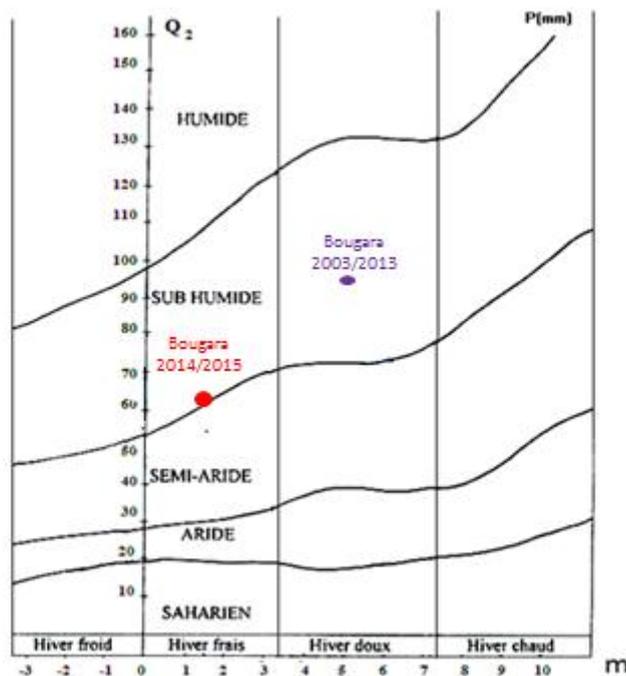


Figure 2.3 : Localisation de la région de Bougara (les données climatiques de Soumâa ont été considérées) dans le climagramme d'Emberger.

II.1.3. Présentation du verger d'agrumes étudié

Notre étude a été réalisée dans un verger d'oranger situé dans la partie centrale de la Mitidja précisément au niveau de l'Institut National Spécialisé en Formation Professionnelle de Bougara (I.N.S.F.P), qui se situe à 25 Km du chef-lieu de la wilaya de Blida.

II.1.3.1. Délimitation de la parcelle expérimentale

Le site d'étude occupe une superficie de 09 hectares dont 05 hectares sont consacrés à l'exploitation agricole réservée à l'application des travaux pratiques des stagiaires. Le sol est de texture limono-sableux, avec une bonne capacité de rétention d'eau, un taux de salinité très faible de 1,15%, pauvre en matière organique (3,47) unité, et un pH légèrement alcalin de 7,50 (INSFP de Bougara). Les terrains réservés aux plantations d'agrumes occupent une superficie de 1.3 ha (Tab.2.1). La superficie restante est cultivée par d'autres espèces fruitières dont le pêcher, l'abricotier, le figuier et la vigne (1.5ha au total), du maraîchage sous serre (1ha) et des microparcelles maraîchères en plein champ.

Tableau 2.1: Présentation des différentes cultures mises en place dans le site d'étude

| Culture en place | Superficie | Nombre d'arbre |
|--|---------------------|----------------|
| Agrumes | 1.3 Ha | 330 arbres |
| Pécher | 0.3 Ha | 39 arbres |
| Abricotier | 0.5 Ha | 60 arbres |
| Figuier | 0.3 Ha | 40 arbres |
| vigne | 0.4 Ha | 900 plants |
| Cultures maraichères en plein champ (fève, petit pois, betterave) | 2700 m ² | |
| Les serres (courgette, poivron, tomate, haricot, fraise, horticulture) Multichapelle (melon, courgette, concombre) | 1 Ha | |

Le verger d'étude s'étend sur 1.3 Ha (fig. 2.4), il contient environ 330 arbres d'orangers âgés de 7 ans de différentes variétés greffés sur Bigaradier. La distance de plantation est de 4 m sur la ligne et de 6 m entre les lignes. Ce verger est limité par la route nationale N°29 au Nord, et entouré de brise-vent constitué de cyprès, sur le côté sud, et de pacanier sur le côté ouest. A l'est de là, on trouve des cultures maraichères constituées de fève, de navet et de petit pois.



Figure 2.4 : Plan de localisation de la parcelle d'agrumes au sein de l'I.N.S.F.P de Bougara, (Google earth)

Durant toute la période de notre étude, plusieurs travaux d'entretien ont été effectués tel que le désherbage mécanique (par passage d'un Cover-Crop), le labour superficiel, la taille, l'irrigation, ainsi que les amendements en fertilisants biologiques (fumier organique et engrais verts) (Tab.2.2)

Tableau 2.2 : Travaux d'entretien effectués au niveau du verger étudié

| Travaux d'entretien | période | La date |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Désherbage mécanique | Hivernal et printanière | Le 20/11/2014 Le 30/03/2015 |
| Labour superficiel | Hivernal | Le 22/11/2014 |
| La taille | hivernal | Le 18/12/2014 |
| L'irrigation (goute à goutte) | régulière | |
| Amendement organique | Hivernal et printanière | Le 22/11/2014 Le 01/04/2015 |
| Traitement phytosanitaire | Absence de protection chimique | |

II.2. Matériels utilisés sur terrain

Pour le piégeage des insectes sur terrain nous avons utilisé des plaques jaunes engluées, un papier film transparent, des pots jaunes en plastiques, des tubes à essais, des étiquettes, un pinceau fin (2mm), un appareil photo, du vinaigre blanc, détergent, et de l'alcool dilué à 70%.

Pour le dénombrement visuel, nous avons utilisé un sécateur, des sacs en plastiques, des étiquettes. Alors que pour l'application du traitement biopesticide on a utilisé un pulvérisateur de 5l, un masque et des gants pour l'autoprotection.

II.2.1. Méthodologie adoptée sur le terrain

La période d'échantillonnage s'est étendue du 4 janvier au 15 mai 2015. Nous avons réalisés une sortie par semaine, soit un total de 20 sorties. Pour notre expérimentation, nous avons tout d'abord délimité une surface homogène de 1 hectare, que nous avons divisé en 3 blocs, chaque bloc contenait 20 arbres (figure 2.5). Nous avons utilisé 3 méthodes de captures de l'entomofaune des aphides et de leurs prédateurs celle de l'observation directe dans les canopées, celle des bacs à eau et enfin celle des plaques jaunes englués.

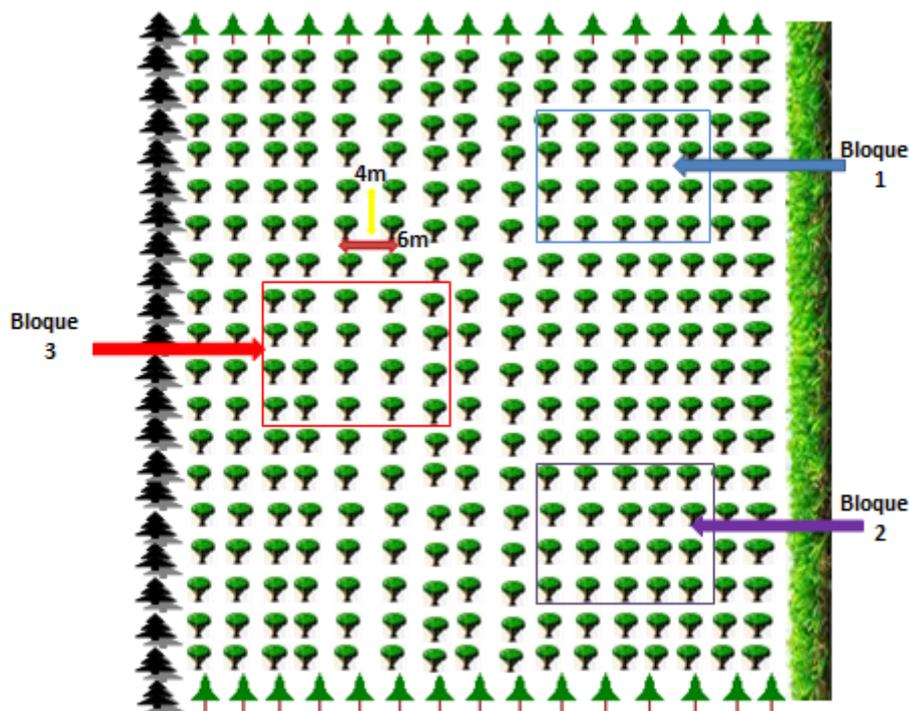


Figure 2.5 : Répartition des blocs expérimentaux dans la parcelle d'agrumes étudiée.

Dès l'apparition des premières colonies de pucerons, nous avons appliqué le traitement biocide suivi alors un dénombrement visuel dans les canopées.

II.2.1.1. Piégeage à l'aide des bacs jaunes

Les pièges colorés sont connus depuis 1966 pour l'échantillonnage des insectes ailés, l'abondance de récoltes que l'on peut effectuer avec de tels pièges est remarquable. D'après ROTH (1972), l'installation des pièges permet de suivre l'activité de vol des différentes espèces et de savoir précisément quelles sont les périodes de l'année pendant lesquelles cette activité aura lieu.

Pour notre travail nous avons adopté pour chaque bloc d'arbres 4 bacs jaunes en plastiques déposés aléatoirement dans la canopée, remplis aux deux tiers de leur hauteur d'eau savonneuse (fig. 2.6 a). La collecte est effectuée une fois par semaine à l'aide d'un pinceau fin, ensuite mise dans des tubes à essai contenant de l'alcool à 70 % sur lesquels sont notés la date et le lieu de capture. L'eau des pièges est renouvelée après chaque prélèvement.

II.2.1.2. Piégeage à l'aide des plaques jaunes engluées

Les pièges collants ou plaquettes engluées (fig. 2.6b) sont composées d'un plastique rectangulaire mince de 150 cm² de couleur jaune vif et enduit de glu. Ils servent à détecter et à suivre les populations des ravageurs des cultures ainsi que leurs ennemis naturels (BENKHELIL, 1992, FRAVAL, 2009). Pour notre expérimentation, nous avons utilisé trois plaques engluées dans les trois blocs choisis.

Les pièges ont été placés dans nos vergers d'une manière aléatoire. Le prélèvement et la récupération du contenu des pièges se font régulièrement au cours d'un planning de sorties ; à raison d'une sortie chaque 15 jours. Chaque piège est entouré avec un film plastique transparent pour la conservation des espèces piégées en bon état, et des étiquettes sur lequel on note la date de sortie et le bloc.



Figure 2.6 : Présentation des pièges utilisés (original, 2015)

II.2.1.3. Application du produit biocide

On a appliqué le traitement biocide à base de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* le 19/04/2015 à l'aide d'un pulvérisateur à dos d'une contenance de 5 litres où on a utilisé 4 litres dans chaque application. Le pulvérisateur est bien rincé à l'eau courante après chaque opération. L'efficacité des différents bio-essais a été évaluée à un intervalle de 48 heures durant la période d'investigation qui s'est étalée sur une période de 12 jours d'exposition.

Nous avons pris en considération 3 blocs expérimentaux comprenant chacun 4 arbres, chaque bloc représentant un traitement différent dont deux blocs traités avec l'huile essentielle formulé à base d'*eucalyptus globulus* (à deux concentrations et à différents dosages), et un bloc considéré comme témoin sur lequel nous avons pulvérisé de l'eau courante. Nous avons pris en considération pour les dénombrements des populations au niveau de chaque arbre quatre rameaux au hasard et une jeune pousse par rameau des quatre directions cardinales pour chaque arbre traité (fig. 2.7).

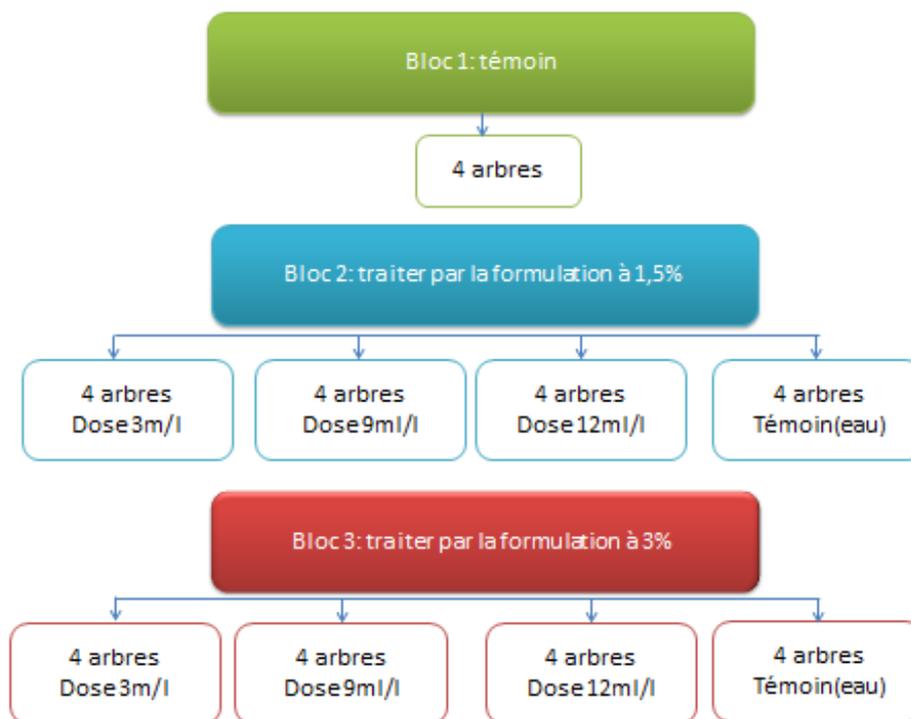


Figure 2.7 : Dispositif expérimental de la parcelle étudiée

II.2.1.4. Dénombrement visuel

La technique de dénombrement sur la canopée est effectuée à partir des transects végétaux proposé par FRONTIER (1983) sur les 1ha d'arbres d'oranger, nous avons retenu 3 blocs dont chacun contient 20 arbres. Au niveau de ces blocs, nous avons pris des arbres au hasard et prélevé de quatre rameaux de chaque direction cardinale (Nord, Sud, Est, Ouest), 4 jeunes pousses par arbre. Ces observations nous ont permis de faire le suivi de l'abondance des aphides et des auxiliaires. Les spécimens identifiés ou non et repérés sur les feuilles sont récupérés dans des boîtes de pétri étiquetés en mentionnant toutes les informations nécessaires (la date d'échantillonnage, rangée et arbre échantillonnés, conditions climatiques) pour leurs comptage et leur identification finale au laboratoire.

II.3 Méthodologie adoptée au laboratoire

Les échantillons des insectes capturés sont récupérés dans des boîtes de pétri puis acheminés vers le laboratoire pour leur examen, leur identification ou leur conservation.

II.3.1. Matériel utilisé au laboratoire

II.3.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal a été sélectionné en feuilles attaquées et non attaquées, pour le suivi de l'abondance des aphides et des prédateurs associés. Selon MARTIN-PREVEL et al. (1984), SOING et al. (1999), le prélèvement des feuilles doit être

effectué sur un rameau représentatif de l'arbre situé à hauteur de bras levé et aux quatre points cardinaux, et sur chacun de ces rameaux, prélever une feuille entière avec pétiole, située dans la partie médiane de la pousse. Les échantillons de feuilles sont placés dans des sacs en plastiques, pour l'identification des sachets une étiquette sur chacun portant toutes les informations nécessaires (date de prélèvement, N° d'arbre, la direction, N° du bloc, ...etc.) est indispensable, en suite les sachets sont placés dans le réfrigérateur.

II.3.1.2. Matériel animal

Le matériel biologique destiné à l'évaluation de l'efficacité du traitement biologique s'est limité aux différentes formes biologiques des aphides (Homoptera, Aphididae,) évoluant sur les feuilles d'arbres d'oranger, ainsi que leurs coccinellidae prédateurs associés.

II.3.1.3. Produit biocide

Le produit biocide utilisé dans notre expérimentation est d'origine végétale, c'est une huile essentielle extraite de l'eucalyptus globuleux *Eucalyptus globulus* appartenant à la famille des *myrtacées*. L'huile aromatique est caractérisée par une odeur balsamique, camphrée, forte et très agréable qui peut être extraite de petites poches sécrétrices répartie sur toutes les parties vertes de la plante (DELILLE, 2010).

II.3.2. Méthodologie de travail

II.3.2.1. Identification des espèces d'insectes piégés

Les échantillons d'insectes piégés, sont triés dans des boites de pétri contenant de l'alcool à 70 %, dénombrés sous une loupe binoculaire de type OPTIKA équipée d'un appareil photo (Fig.2.8).L'identification des captures est réalisée au niveau du genre et de l'espèce à l'aide de clé de détermination appropriées (PERRIER ; 1927,1932), (DAUGUET, 1949), (BALACHOWSKY; 1962), (VALLARDI, 1962), (GOURREAU, 1974), (ZAHRADNIK ; 1984), (ZIMMER, 1989), (DUVERGER, 1991), (BAUGNÉE et BRANQUART, 2001) (LE MONNIER et LIVORY, 2003). L'identification des coccinelles les plus petites (2-3 mm) passe très souvent par la dissection de l'appareil reproducteur. A ce titre, les critères de reconnaissance des mâles sont plus fiables que ceux des femelles. Les ouvrages permettant de déterminer les Chilocorinae, Coccidulinae, coccinellinae, Psylloborinae étant d'accès relativement aisés, ces espèces sont assez bien connues tant pour leur biologie que pour leur répartition. Malheureusement, la détermination des Scymnini (plus petites espèces) étant beaucoup plus ardue, les connaissances sur celles-ci sont plus restreintes.

II.3.2.2. Montage des pucerons

Le montage des aphides et leur préparation pour des observations microscopiques a nécessité selon le protocole de Bonnet (1988) un milieu approprié constitué de deux solutions.

Première solution : Gomme arabique 40g, phénol 40g, hydrate de chloral 40g, glucose 5%(5g de glucose), acide acétique.

Deuxième solution : Hydrate de chloral + phénol d'hydrate de chloral 40g, phénol 40g, potasse 10%(10g) +100 ml d'eau distillée.

Après avoir vidé les tubes de récolte dans une boîte de pétri à sec, on nettoie le fond du tube à l'alcool à 70% afin d'éliminer tous les résidus ; on prélève quelques individus en bon état ; puis on dépose les individus de puceron piqués à l'aide d'une épingle entomologique sur la face abdominale entre le 4^{ème} et 6^{ème} sternite abdominale, sous loupe binoculaire au grossissement x80. Les pucerons sont plongés dans une solution de potasse à 10% à chaud (jusqu'à l'ébullition) pendant 3 à 4minutes.

La deuxième étape a consisté au dégraissage des pucerons. Ces derniers sont mis de nouveau dans une solution de chloral phénol à chaud pendant 3 à 4 minutes afin d'éliminer l'amas graisseux qui se trouve à l'intérieur de l'abdomen et qui gêne considérablement l'observation. Le puceron est monté sur une lame contenant le milieu de montage à l'aide d'une épingle nous étalons le puceron sur la face ventrale.

II.3.2.3. Préparation du produit biocide

A partir d'une matière active à base de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* formulée selon le protocole établi au laboratoire de phytopharmacie par Mr MOUSSAOUI K. du département des Biotechnologies, et à l'aide des adjuvants nous avons obtenu un produit biocide stable.

A partir de cette solution mère à deux concentrations (*E. globulus* à 1.5%, et à 3%), nous avons préparé une gamme de dilutions pour les tests au laboratoire et en plein champs. Pour cela, nous avons choisi trois doses pour chaque concentration (tableau 2.3).

Tableau 2.3 : Différentes dilutions utilisées dans les traitements biologiques à base de l'huile formulée de l'eucalyptus globuleux.

| traitement | Concentration | Dose 01 | Dose 02 | Dose 03 |
|-------------------------------------|-------------------------|---------|---------|----------|
| <i>In situ</i> au sein des canopées | <i>E. globulus</i> 1.5% | 3ml/l | 9ml/l | 12ml/l |
| | <i>E. globulus</i> 3% | 3ml/l | 9ml/l | 12ml/l |
| <i>In vitro</i> au laboratoire | <i>E. globulus</i> 1.5% | 3 µl/ml | | 12 µl/ml |

II.3.2.4. Essai de traitement biocide au laboratoire

Pour évaluer la toxicité du produit biocide formulé à tester au laboratoire, des larves de coccinelles appartenant au genre *Scymnus* ont été collectées sur le terrain et placées dans des boites en plastique contenant des feuilles d'agrumes infestées de pucerons afin d'assurer leur survie jusqu'à la réalisation des tests.

Pour chacun des traitements décrits précédemment, 5 larves de coccinelles ont été placées dans des boites de pétrie (Fig. 2.8) et traitées par l'huile essentielle à 1.5% à l'aide d'un petit pulvérisateur manuel d'une contenance d'un litre. Pour chaque répétition, on a utilisé quatre boites de pétri avec un seul témoin traité avec de l'eau distillée et représenté également par 5 larves.

Les traitements ont été appliqués par contact indirecte où nous avons pris des jeunes pousses infestées par les pucerons à raison d'une jeune pousse par boite sur laquelle on a pulvérisé 2ml de la solution de traitement puis on a lui rajouté 5 larves de *Scymnus sp* délicatement à l'aide d'un pinceau fin.

Dans l'application par contact direct, la même opération a été répétée, sauf que la pulvérisation a été réalisée directement sur les jeunes pousses infestées de pucerons en association avec les larves de *Scymnus sp*.

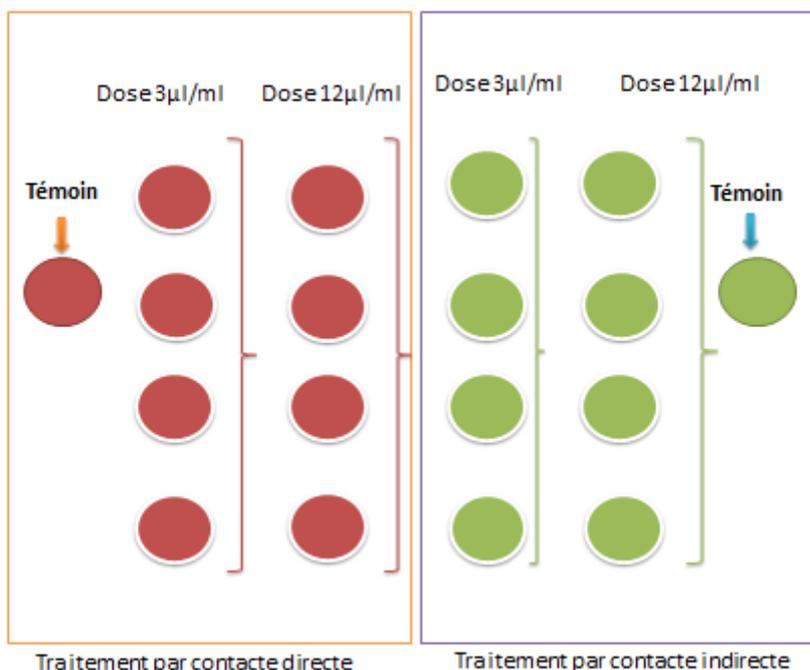
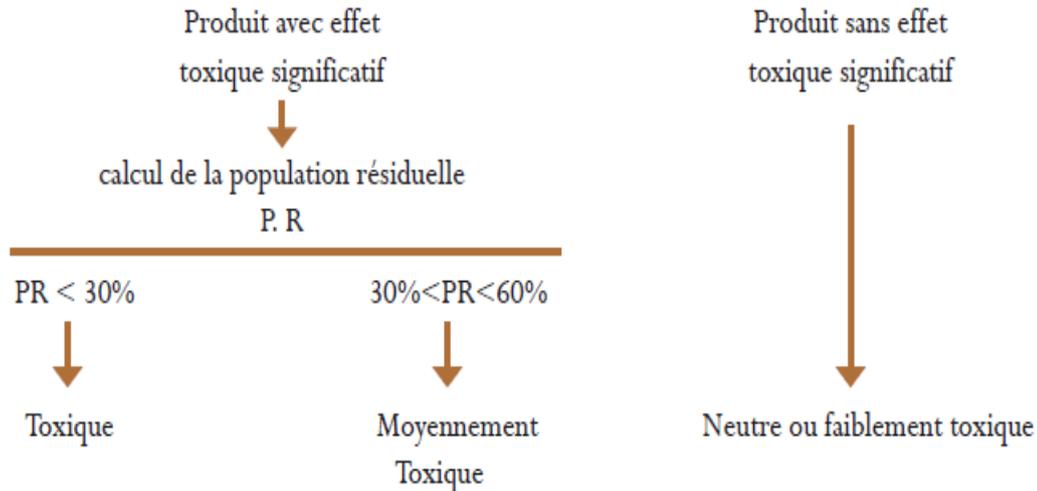


Figure 2.8 : Dispositif des applications des traitements biologiques au laboratoire.

II.4. Exploitation des données

II.4.1. Estimation des populations résiduelles

L'évaluation de l'effet toxique des traitements biologiques ont été estimés par la comparaison des populations résiduelles (P.R.) selon le Test de DUNNETT (MAGALI, 2009).



$$PR = \frac{\text{Nb de formes mobiles (NFM) par traitement} \times 100}{\text{Nb de formes mobiles par témoin (eau)}}$$

II.4.2. Estimation de la mortalité corrigée

Les pourcentages de mortalité observés des larves à la suite des applications biologiques sont corrigés par la formule d'ABOTT (1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle et de connaître la toxicité réelle du pesticide par l'analyse des probits (FINNEY, 1971).

$$MC = \frac{(\text{Mortalité observée chez les traitées} - \text{Mortalité observée chez les témoins}) \times 100}{100 - \text{Mortalité observée chez les témoins}}$$

Les pourcentages de mortalités corrigés subissent une transformation angulaire selon BLISS, cité par FISHER & YATES (1957). Les données normalisées font l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification, suivie par le classement des doses par le test de Tukey. Les mortalités corrigées obtenues permettent d'établir une courbe des probits en fonction des logarithmes décimaux des doses d'une part et une courbe des probits en fonction des logarithmes décimaux de chaque temps d'observation exprimé en heures et rapportée à une période de 5 jours (2h, 24h, 48h... 196h). Dans les deux cas, les calculs à travers l'équation de la droite de régression (probits-log dose/temps) ont permis d'évaluer la DL50 et les TL50 sur les larves à partir du probit de 5 (correspondant à 50% de mortalité corrigée).

II.4.3. Analyses statistiques

II.4.3.1. Analyse factorielle des correspondances (PAST vers. 1.37, Hammer et al., 2001)

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) est une analyse multivariable qui permet de procéder à une interprétation d'observations ne comportant à priori aucune distinction, ni entre variables ni entre individus. Elle a pour but de révéler les interrelations entre caractères et de proposer une structure de la population. L'A.F.C, s'utilise avec des variables qualitatives qui possèdent à deux ou plus de deux modalités. Elle offre une visualisation en deux dimensions des tableaux de contingence.

L'AFC a été réalisée sur la base d'une matrice de données avec les dates de sorties en colonnes et les espèces en lignes. Les données sont analysées par la suite en utilisant le logiciel Past (vers. 1.37). Les différents assemblages ont été déterminés à travers une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) en considérant les coordonnées sur les premiers axes, de telle sorte qu'au moins 50 % de la variance cumulée soit observée.

II.4.3.2. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer et al., 2001)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P.). Dans cette analyse, les périodes de suivies d'efficacité des bioproduits sont groupées selon la manifestation de la toxicité du bioproduit. A partir des deux premiers axes de l'analyse en composantes principales, une classification ascendante hiérarchique des abondances est réalisée dans le but de détecter des discontinuités inter-molécules. L'interprétation de l'analyse s'est basée sur les valeurs des corrélations de Pearson sur les deux axes du plan factoriel de l'ACP.

II.4.2.3. Analyses de la variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les facteurs (formulations/dilutions, période, groupes taxonomiques étudiés, abondance et populations résiduelles), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans notre étude, nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.) pour entrevoir l'effet de chaque facteur séparément.

Références bibliographiques

- **Abbott W.B., 1925.** A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*.18:265–267 pp.
- **ABDERAHIM A., 1983.** Comportement des trois espèces d'eucalyptus introduit à Baïnem. Thèse d'étude (D.E.S).U.S.T.H.B. Alger. 87p.
- **AFNO R., 2000.** Association française de normalisation, huiles essentielles. Tome 2, monographies relatives aux huiles essentielles. 6e édition, Ed. AFNOR, Paris La
- défense, 663 pp.
- **AGUSTI M.S., ZARAGOZA H., BLEIHOLDER L., BUHR H., HACK R., KLOSE Y., ET STAUSS R., 1995.** Échelle BBCH pour la description des stades phénologiques de développement des agrumes (GEN. CITRUS). *LEVANTE AGRICOLA* 3, 189-199 pp.
- **AHMAD PERVEZ O., 2007.** Ecology and biological control application of multicoloured asian ladybird, *harmonia axyridis*: a review. *Biocontrol science and technology*, VOL. 16, N°2, 111-128 pp.
- **AHN Y., KIM S., YI J., et TAK J., 2004.** Acaricidal activity of plant essential oils against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). *Veterinary Parasitology*, 120, 297-304 pp.
- **ALI-DELILLEL., 2010:** Les plantes médicinales d'Algérie, 2eme édition, Ed. Berti Algérie, 114-226 pp.
- **AROUN M.E.F., 1985.** Les aphides et leurs ennemis naturels en vergers d'agrumes de la MITIDJA (ALGERIE). Mémoire magister en sciences agronomique INA., EL-HARRACH, 196 p.
- **AUBERT, B., 1992.** Citrus greening disease, a serious limiting factor for citriculture in Asia and Africa. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 2, 817-820 pp.
- **AUBERTOT J.N., BARBIER J.M., CARPENTIER A., GRIL J.J., GUICHARD L., LUCAS P., SAVARY S., SAVINI I., VOLTZ M., 2005.** Pesticides, agriculture et environnement, Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux, Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA & Cemagref, France, 64 p.
- **AUGER J.C., CADOUX F. et THEBOUT E., 1999.** Allium spp. Thiosulfate as substitute fumigants for methyl bromide, *Pests, Sci.*Vol.55, 200-202 pp.
- **BABA AISSA F., 1999.** Encyclopédie des plantes utiles (Flore d'Algérie et du Maghreb), Librairie moderne, Rouïba, 173 p.

- **BABA AISSA K., 2011.** l'effet comparé de deux biopesticides formulés sur *Tuta absoluta* et sur une gamme de champignons phytopathogènes. thèse magister en sciences agronomique. Université de Blida, 90 P.
- **BACHI K., 2012.** Etude de l'infestation de différentes variétés de figuier (*Ficus carica* L.) par la mouche méditerranéen des fruits, *Ceratitis capitata* (Diptera, Trypetidae). Effet des huiles essentielles sur la longévité des adultes. Thèse Magister, Université MOULOUD MAMMERI, Algérie, 165p.
- **BAILET J.M., 2011.** LES RAVAGEURS DE NOS JARDINS, INSTITUT OCEANOGRAPHIQUE PAUL RICARD, FRANCE.
- **BAILEY G., CARDEN M., CLARKE P., 2006.** MYTHOLOGIE MYTHES ET LEGENDES DU MONDE ENTIER LODI ED., PARIS.
- **BAILLAY R., AGUITAR J., FAIURE-AMIOT A., MIMAUDJ et PATRIEK G., 1980.** Guide pratique de la défense des cultures. Ed. le Carousel, A.C.T.A, Paris, 419 p.
- **BALACHOWSKY A.S., 1966.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome II. Les Lépidoptères. Ed. France Masson – Paris, 1397p.
- **BALACHOWSKY A. et MESNIL L., 1936.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Ed Meryl, Paris, 1921p.
- **BALACHOWSKY, A., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture des coléoptères. Tomel. Ed. Masson, Paris, 564 p.
- **BAUGNÉE J-Y., BRANQUART E., 2001.** Clef de terrain pour la reconnaissance des principales coccinelles de Wallonie (Chilochorinae, Coccinellinae & Epilachninae). Ed. Jeunes et Nature, 55 p.
- **BEKELE J. & HASSANALI A., 2001.** Blend effects in the toxicity of the essential oils constituent of *Ocimum kilimands sharicum* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post-harvest insect pest. *Phytochemistry* 57: pp. 385-391pp.
- **BELLABAS A., 2010.** Rapport de mission : Etude de base sur les agrumes en ALGERIE. consultant national, 45p.
- **BELLABAS A., 2012.** Rapport de mission. Etude de base sur les agrumes en ALGERIE. Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. PROJET GTFS/REM/070/ITA. Onu pour l'alimentation et l'agriculture. 46p.
- **BENAYAD N., 2008.** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales Marocaines : Moyen de lutte efficace contre les denrées alimentaires stockées. Faculté des sciences de Rabat, projet de recherche, 59p.

- **BENAZZEDDINE S., 2010.** Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis a -vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae). Thèse ing. Ecole nationale supérieure agronomique El Harrach Algérie,88p.
- **BENGTSSON J., AHNSTRÖM J., WEIBULL A.C., 2005.** The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis, J. Appl. Ecol. 42, 261–269pp.
- **BENKHELIL M. L., 1992-** les techniques de récoltes et de piégeages en entomologies terrestres. Ed. Office publications Univ. Alger, 68p.
- **BENOUFELLA-KITOUS K., DOUMANDJI S. et HANCE T., 2014.** Inventaire des aphides et de leurs ennemis naturels dans un verger d'agrumes. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach, Algérie. Université Catholique de Louvain, Belgique, 10p.
- **BERKANI A., 1989.** Possibilités de régulation d'*Aleurothrixus floccosus* MASK (Hom. *Aleurodidae*) en Algérie. Thèse Doc.Sci.3^{ème} cycle. Univ. Marseille, Paris, France, 140p.
- **BERRIE A., CROSS J., 2006.** Development of an integrated pest and disease management system for apples to produce fruit free from pesticide residues, aspects of disease control, Bull. IOBC/wprs 29, 129-138pp.
- **BICHE M., 2012.** Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels, institut national de la protection des vegetaux, ALGER.
- **BONNET L., 1988.** Rapport de stage effectué au laboratoire d'entomologie du Muséum national d'histoire naturelle, France. 1-12 pp.
- **BONZI S., 2007.** Efficacité des extraits de quatre plantes dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de sorgho (*sorghum bicolor*(L) moench. Cas particulier *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson et *Phoma sorghina* (Sace.) Boerema, Dorenbosch et van Kesteren. Mémoire DEA, phytopathologie, Burkina Faso, 39 p.
- **BOSTANIAN, N.J., M. AKALACH ET H. CHIASSON. 2005.** Effects of a Chenopodium-based botanical insecticide/ acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). Pest Manag. Sci. 61: 979-984pp.
- **BOUKOFTANE A., 2007.** Etude éco-physiologique des interactions entre pou noir de l'oranger *Parlatoria ziziphi* (Hom. Diaspididae) et la plante hôte l'oranger Thom-son navel (Citrus) dans la zone de Mitidja", Thèse Ing. Inst. Agro. Univ. SAAD DE-HLEB, Blida, Alger, 11 7p.

- **BOURARACH E., HMIMINA M., HOUMY K., 1990.** Estimation par fluorimétrie de la distribution des gouttelettes d'insecticides sur les faces foliaires des agrumes; comparaison de deux techniques d'intervention. Rapport interne, LA.V. HASSAN II. 5 p.
- **BOUTHIBA A.; DJELOUAH K.; NADJI D.; SAADI A., 2014.** Journées méditerranéennes sur l'agrumiculture situation actuelle et perspectives UNIV. HASSIBA BENBOUALI DE CHLEF, ALGER.
- **BOVE J.M.; VOGEL R., 1981.** Description and illustration of virus and virus-like diseases of citrus. SETCO-IRFA, PARIS, FRANCE.
- **BROWN M.W., 1993.** Resilience of the natural arthropod community on apple to external disturbance, *Ecol. Entomol.* 18, 169–183.
- **BROWN M.W., SCHMITT J.J. (2001)** Seasonal and diurnal dynamics of beneficial insect populations in apple orchards under different management intensity, *Biol. Control* 30, 415-424pp.
- **BROWN M.W., SCHMITT J.J., 2001.** Seasonal and diurnal dynamics of beneficial insect populations in apple orchards under different management intensity, *Biol. Control* 30, 415-424 pp.
- **BRUN J., MAROO J.- P., IPPERTI G., 1998.** la lutte biologique Ré les ravageurs du palmier dattier ED. I.N.R.A. / U.R.B.I.C / ANTIBES. PARIS.6 p.
- **Constant N., 2009.** L'utilisation du pyrèthre naturel pour lutter contre la cicadelle de la flavescence dorée en viticulture biologique. AIVB-LR.
- **BRUNETON J., 1993.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 623p.
- **CHAPOT H. et DELUCCHI V.L., 1964.** Maladies, troubles et ravageurs des agrumes au Maroc. Ed. I.N.R.A., Rabat, 339 p.
- **CHARPENTIER. B., HAMON-LOREAC H.F., HARLAY.A., HUARD.A., RIDOUX.L., CHANSELLÉ.S., 2008.** “ Guide du préparateur en pharmacie. ”, Elsevier masson, troisième édition, Paris, 1343 p. 774-1173pp.
- **CHIASSON H, BELOIN N. 2007b.** Les huiles essentielles, des biopesticides nouveaux». *Revue de littérature. Bulletin de la société d'entomologie du Québec. Antennae*, 14(1): 3-6 pp.
- **CHIASSON, H., VINCENT C. ET BOSTANIAN N. 2004A.** Insecticidal properties of a Chenopodium-based biopesticide. *J. Econ. Entomol.* 97: 1378-1383pp.
- **COATS, J.R., L.L. KARR ET C.D. DREWES. 1991.** Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoid Naturally Occurring Pest Bioregulators. ACS Symposium Series. in P.A. Hedin (ed.), Washington, D.C 305-316pp.

- **COPPING L.G., 2004.** The Manual of biocontrol Agents. BCPC. (*British Crop Protection Council*). Alton, UK.
- **COSTA A.S.; MÜLLER G.W., 1980.** TRISTEZA CONTROL BY CROSS-PROTECTION. *PLANT DISEASE* 64, 538-541pp.
- **COSTAMAGNA A.C. ET LANDIS D.A., 2007.** Quantifying predation on soybean aphid through direct field observations. *Biological control*, 42: 16-24 pp.
- **COUSSIN M.T., 1995.** Phytoplasmoses et phytoplasmes, classification, symptômes et éviction. *Phytoma. Défense des végétaux*. 472 :22-23 pp.
- **CRESPO M.E., JIMENEZ J., GOMIS E. & NAVARRO C., 1990.** Antimicrobial activity of the essential oil of *Thymus serpylloides* subspecies *gadorensis*. *Microbios*, 61, 181-184 pp.
- **CROW J.F., 1957.** Genetics of insect resistance to chemical, *Ann. Rev. Entomol.*, 2-227 pp.
- **D.S.A. 2008.** les statistiques : direction agricole de la wilaya de Blida.
- **DAGNOKO M., 2009.** Guide pratique d'utilisation de pesticides naturels en culture maraichère. <http://www.oocities.org/huprdoc/ppi/naturel/guide.htm>.
- **DAUGUET P., 1949,** Entomologie pratique. Les Coccinellini de France, Editions de l'Entomologiste, 45 p.
- **DEBOUZIE, D. & THIOULOUSE, J., 1986.** Statistics to find spatial and temporal structures in population. *Pest control operations and systems analysis in fruit fly management. Ecol. Scien.* 11 (1): 1- 9 pp.
- **DEDRYVER C.A., 1982.** Qu'est-ce qu'un puceron ? Les pucerons des cultures. *Jour. D'étude d'inf. Paris*, 2, 3 et 4 mars 1981, A.C.T.A., 9 -20 pp.
- **DEFERERA D.J., Ziogas B.N. & Polissiou M.G., 2000.** GC-MS Analysis of essential oil from some Greek aromatic plants and their fungi toxicity on *Penicillium digitatum*. *J. Agric. Food Chem.*, 48(6), 2576-2581pp.
- **DE-ROCCA SIERRA ET OLLITRAULT P., 1992.** Les ressources génétiques chez les agrumes. *Le courrier de l'environnement de L'INRA, FRANCE*.
- **DEROLEZ B., ORCZYK N. ET DECLERCQ S., 2014.** Clé d'identification des coccinelles. Version 4.1, Paris, 92p.
- **DIDRY N., DUBREUIL L. ET PINKAS M., 1993.** *Pharmazie*, 48, 301-304 pp.
- **DIXON A.F.G., 2000.** *Insect Predator-Prey Dynamics: Ladybird beetles and Biological Control.* Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. 257pp.

- **DOUMANDJI M. B. et DOIMANDJI S., 1993.** La lutte biologique contre les déprédateurs des cultures. OFF. BUP. UNV., Algérie, 94 p.
- **DREUX P., 1980.** " Précis d'écologie, Ed. Presses universitaires de France., Paris., 231p.
- **DUQUENOIS P., 1968.** L'utilisation des huiles essentielles en pharmacie, leur normalisation et l'Europe du médicament. PARF. COSM. SOV., 11: 414-418 pp.
- **DURY S., & TEMPLE L., 1999.** Diversification of peri-urban small farms toward fruit production in Yaounde (Cameroon). Consequences for the development process and research. Planetry Garden 99, 531-535 pp.
- **DUVERGER C., 1991.** Chilocorinae (Coleoptera Coccinellidae) de France métropolitaine et de Corse, Bulletin de la Société Linéenne de Bordeaux, 19-2, pp 75-95.
- **EL ARCH M., SATRANIE B., FARAHE A., BENNANI L., BORIKY D., FECHTALE M., BLAGHENE M. ET TALBIE M., 2003.** Composition chimique et activités antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* du Maroc. Acta Bot. Gal/ica, 50 (3), 267-274 pp.
- **EL GUILI M., Achbani E., Fahad K., Jijakli H., 2009.** Bio-pesticides : alternative à la lutte chimique ? Partie 4 : culture, itinéraires techniques et productivité. INRA Maroc, Faculté des sciences agronomique de Gembloux Belgique, 15p.
- **El Ajjouri M., Satrani b., Ghanmi M., Aafi A., Farah A., Rahouti M., Amarti F. & ABERCHANE M., 2008.** Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherianus* Pomel et *Thymus capitatus* (L.) Hoffm. & Link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre. Volume 12 n°4. Université de liège Belgique.
- **ENAN E., 2001.** Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. Comp. Biochem. Physiol. Part C 130 : 325-337 pp.
- **ESSERIC, D.Y., 1980.** Brevet Fr. n°8012239 in Koba K. 2003. Thèse de doctorat, Université de Lomé 172p.
- **FAN, M. & BIAN, Z. (2010).** In vitro activity of *Eugenol* against *Candida albicans* biofilms. Mycopathologia163, 137-143 pp.
- **FAO., 2001.** La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, ROME.
- **FAO., 2009.** Food and agriculture organization of united nation. Division de la statistique (FAOSTAT). 3p.
- **FAUCON M., (2012).** Traité d'aromathérapie scientifique et médicale. Ed. Sang de la terre et Médical, Paris, 879 pp.

- **FERRON, P., 1978.** Biological control of insect pests by entomogenous FUNGI. ANNU. REV. ENTOMOL. 23:409-442 pp.
- **FINNEY D.J., 1971.** Probit analysis. 3rd ed. London: Cambridge University Press.
- **Fisher R. & Yates, 1957.** Statical tables for biological agricultural and medical research. 5ème edition, Olivier et Boyd .London. 64-66 pp.
- **FOUDIL-CHERIF Y., 1991.** Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'*Eucalyptus globulus* (labill.) et *camaldulensis*. Thèse magister. U.S.T.H.B., Alger, 159p.
- **Fraval A., 2009.** Les aleurodes insectes 27 n ° 155, 4 p.
- **FRONTIER S., 1983.** Stratégie d'échantillonnage en écologie. Ed. Masson, Paris et Les Presses de l'Université de Laval, Québec, 494 p.
- **GABEL B., THIERY D., SUCHY V., MARION-POLL F., HRADSKY P.& FARKAS P., 1992.** Floral volatils of *Tanacetum vulgare* L. attractive to *Lobesia botrana* Den and Schill females. J. Chem. Ecol., 18, 693-701 pp.
- **GILLES B., 2005.** Produire des agrumes en agriculture biologique, CIVAM BIO CORSE, FRANCE.
- **GIROUX S., CÔTÉ J.C., VINCENT C., MARTEL P. ET CODERRE D., 1994.** bacteriological insecticide m-one effects on the mortality and the predation efficiency of adult spotted lady beetle coleomegilla maculata (coleoptera: coccinellidae). j. econ. entomol. 87, 39-43 pp.
- **GOURREAU J.M., 1974,** Systématique de la tribu des Scymnini (Coccinellidae), annales de zoologie, écologie animale, numéro hors-série, INRA, 223 p.
- **GRAINGE M. ET AHMED S., 1988.** HANDBOOK OF PLANTS WITH PEST CONTROL PROPERTIES. JOHN WILEY & SONS, NEW YORK.
- **HAMMER O., HARPER D.A.T., et RYAN P. D., 2001.** PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- **Hamraoui A., 1993.** Adaptation d'*Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) a des légumineuses originellement non hôtes et protection végétale induite par des plantes et extraits aromatiques et leurs dérivés allelochimiques. Volume 144, Issue 4, 401-412pp.
- **HINTZ W., 2001.** Working group Report of Biological Canadian Weed science society.

- **HOLE D.G., PERKINS A.J., WILSON J.D., ALEXANDER I.H., GRICE P.V., EVANS A.D., 2005.** Does organic farming benefit biodiversity? *Biol. Conserv.* 122, 113–130 pp.
- **HUFTY A., 2001.** Introduction à la climatologie”, Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 542 p.
- **HULLE M., TURPEAU E., ET LECLANT F., 1998.** Les pucerons des arbres fruitiers, cycle Biologique et activités de vol”, Ed. ACTA, Paris, 80p.
- **IPERTI G. ,1978.** Influence des principaux facteurs du climat sur le comportement de vol d’une coccinelle aphidiphage *Semiadalia undecimnotata*. *SCHN . ANN, .ZOOLOG-ECOL .10* : 393 p.
- **ISMAN M.B., 2000.** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop prot.* 19, pp: 603-608.
- **ISMAN M.B., 2001** -Pesticides based on plant essential oils for management of plant pests and diseases. In: International symposium on development of natural pesticides from forest resources. Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea, 1-9 pp.
- **ISMAN M.B., 2005.** Botanical insecticides deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *ANNU. REV. ENTOMOL.*50: 45-66.
- **ISMAN, M.B. 1999.** Pesticides based on plant essential oils. *Pesticide Outlook*, April 1999 : 68-72.
- **KARA C., 2013.** Contribution à l’étude de l’effet saisonnier sur la qualité des huiles essentielles du romarin (*Rosmarinus officinalis*) : évaluation de l’activité insecticide sur le puceron vert des citrus *Aphis citricola*. Thèse master2, UNIV. Blida1,79 p
- **Karpouhtsis, I., E. Pardali, E. Feggou, S. Kokkini, S.G. Scouras et P. Mavragani-Tsipidou. 1998.** Insecticidal and genotoxic activities of oregano essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 46 : 1111-1115 pp.
- **KEÏTA S.M., VINCEN T., JEAN-PIERRE C., SCHMIT J.P., RAMASWAMY S.E.T., BELANGER A., 2000.** Effect of various essential oils on *callosobruchus maculatus* (f.) (coleoptera: bruchidae). *Journal of stored products research* 36:355-364 pp.
- **KHALFI -HABES O., BOUTEKDJIRET C. & HACIB H., 2009.** Evaluation du potentiel biopesticide de trois huiles essentielles extraites de plantes algériennes sur *Rhyzoperta dominica* (F.) (Coleoptera, Bostrychidae). *Proceedings du Colloque International sur la gestion des risques phytosanitaires*, vol.1, 297-307 pp.

- **KHALFI-HABES O., BOUTEKEDJIRET C. ET SELLAMI S., 2008.** Activité biologique de trois huiles essentielles extraites de plantes Algériennes sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Bostrychidae). Br. 5708. 6p.
- **KHAOUI F., 2012.** Evaluation de l'efficacité des huiles essentielles formulées sur l'abondance et la reprise biocénotique des aleurodes des agrumes (*Dialeurodes citri* Ashmead ,1886) (Homoptera-Aleyrodidae) (Cas du Mandarinier). Univ. Blida1, Algérie. 85p.
- **KLEEBOG H., 2006.** Demands for plants protection products risk assessment botanicals and semiochemicals. Rebeca workshop, Brussels, 13-14 June 2006.
- **KOZAR F., 1992.** Organization of arthropod communities in agro-ecosystems, Acta Phytopathol. Entomol. Hung. 27, 365–373.
- **KUATE, J., BELLA-MANGA, DAMESSE, F., KOUODIEKONG, L., NDINDENG, S. A., DAVID, O., ET AL., 2006.** Enquête diagnostic sur les fruitiers dans les exploitations familiales agricoles en zone humide du Cameroun. *Fruits*, 61(6), 373-387.
- **LAAMARI M., 2004.** Etude Eco-biologique des pucerons des cultures dans quelques localités de l'est Algérien. Thèse doctorat. INST. NAT. AGRO. EL HARRACH, 203p.
- **LAMY D., 2006.** Dynamique bactérienne en Manche Orientale : Relation avec les poussées de *Phaeocystis globosa*. Thèse de Doctorat de l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) soutenue le 19 juin 2006. 318p.
- **LECADET M., 1996.** La lutte bactériologique contre les insectes: une vieille histoire très actuelle. Annales de l'institut pasteur/ ACTUALITES 7, 207- 216 pp.
- **LECLANT F., 1996.** Dégâts et identification des pucerons”, PHM, n° 369. France, 19-24 pp.
- **LECOQ H., 1996** - La dissémination des maladies à virus des plantes. Rev. Hort. (365) : 13-20.
- **LISS W.J., GUT L.J., WESTIGARD P.H., WARREN C.E., 1986.** Perspectives on arthropod community structure, organization, and development in agricultural crops, Annu. Rev. Entomol. 31, 455–478 pp.
- **LOULIF A. ET BONAFONTE P., 1979.** Observation des populations du pou de San José. Dans la Mitidja. Rev. Fruits. n°4, pp 253-256.
- **LOUSSERT R., 1989.** Les agrumes de production, techniques agricoles méditerranéennes. PARIS.

- **LUCAS E., 1993.** Evaluation de l'efficacité de prédation des coccinelles, *Coccinella septempunctata* L. Et *Harmonia axyridis* pallas en tant qu'auxiliaires de lutte biologique en vergers de pommiers. Mémoire comme exigence partielle de la maîtrise en biologie, UNIV. QUBEC A MONTREAL.94p.
- **MARDOUD S., 2013.** Contribution à l'étude de l'effet régional sur la qualité des huiles essentielles : Evaluation de l'Activité Insecticide. Mémoire master2, UNIV. Blida1, 69p.
- **MARIAU D., 1999.** Les Maladies des Cultures Pérennes Tropicales (CIRAD ed.).
- **MARTEL J.P., 1977.** Brevet Fr, n°7712831 in **KOBA K. 2003.** Thèse de doctorat, Université de Lomé.172p.
- **MARTIN-PREVEL P., GARNARD J. et GAUTIER P., 1984.** L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Ed. Tech. & Doc. - Lavoisier, Paris, 810 p.
- **MAYANARD SMITH J., 1989.** Evolutionary Genetics. Oxford, Uk : Oxford University press 5 : 246,255 pp.
- **MERCIER A., 1999.** L'importance du fonctionnement morpho-dynamiques de la cour d'eau sur les habitats des éphémères L'exemple d'une rivière de montagne: l'Ariege (Pyrenees centrale françaises) », Ephemera, vol. 1 (2) : 111-117 pp.
- **METRO A., 1954.** Les eucalyptus dans le reboisement. . Ed.masson et cie.Paris. 324 p.
- **METRO A., 1970.** Les eucalyptus dans le monde méditerranéen. Ed.masson et cie.Paris, p513.
- **Miliczky E.R., Horton D.R., 2005.** Densities of beneficial arthropods within pear and apple orchards affected by distance from adjacent native habitat and association of natural enemies with extra-orchard host plants, Biol. Control 33, 249–259 pp.
- **MOSTEFAOUI H., 2009.** Effet de la qualité de la plante hôte sur l'allocation des réserves énergétiques des pucerons dans un verger d'agrume en Mitidja centrale", Thèse Magistère, Inst. Agro. Univ. Saad dehleb, Blida, Alger, 207p.
- **MUTIN G., 1969.** L'Algérie et ses Agrumes. Extrait de la revue de geo., Lyon, Vol 441, 36p.
- **MUTIN G., 1977.** La Mitidja, décolonisation et espace géographique, OPU-CNRS, Argel-Paris.
- **NAVES, V., 1974.** Technologie des parfums naturels. Ed. Masson Paris in **Koba K. 2003.** Thèse de Doctorat, Université de Lomé 172p.

- **NGAMO TINKEU L.S., 2004.** A la recherche d'une alternative aux Polluants Organiques Persistants utilisés pour la protection des végétaux. Bulletin d'informations phytosanitaires. N° 43 Avril-Juin 2004. 23p.
- **NYABYENDA P., 2006.** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. TROPICULTURA, 25, 238p.
- **OLLIVIER M., 2010.** Evolution comparée des génomes d'insectes: évolution des familles multigéniques et adaptation chez les pucerons Thèse Doctorat, INRA Rennes
- **Paris M .et AURABIELLE M., 1981.** Agrégé de matière médicale, pharmacognosie. Ed. Masson **in Koba K. 2003.** Thèse de Doctorat, Université de Lomé 172p.
- **PERRIER P., 1927.** La faune de la France illustrée- Coléoptères (première partie). Tome I. Ed. Del agrave, Paris, 192 p.
- **PERRIER P., 1932.** La faune de la France illustrée- Coléoptères (2^{ème} partie). Tome II. Ed. Del agrave, Paris, 229 p.
- **PERUT M., 1986.** Informations chimiques n° 272 129-135 **in Koba K. 2003.** Thèse de Doctorat, Université de Lomé 172p
- **PINTUREAU B., 2009.** La lutte biologique. Application aux arthropodes ravageurs et aux adventices. Ellipses Ed. MARKETING S.A., PARIS (FRANCE). 189 P.
- **POLESE J. M., 2008.** La culture des agrumes in ARTEMIS (ED.) 93 PP.
- **PRALORAN J. C., 1971.** Techniques agricoles et productions tropicales des agrumes, ED. MAISONNEUVE et LAROSE, PARIS.
- **RAMADE F., 1990.** Conservation des écosystèmes méditerranéens en jeux et précipitation, Ed. Economica. Paris, Fasc. 3, 144 p.
- **REBOUR H., 1966.** Les agrumes .Manuel de culture des citrus pour bassin méditerranéen. Ed.J.B. Baillier et fils, Paris, 178p.
- **REGNAULT-ROGER C., 1999.** Diversification des stratégies de protection des plantes : intérêt de monoterpènes, Acta. Bot. Gallica, 146 : 35-43 pp.
- **REGNAULT-ROGER C., 2005.** Molécules allélochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes : nature, rôle et bilan de leurs utilisation au XX siècle, **In : REGNAULT-ROGER C. (coord).** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier. Paris, 625-650 pp.

- **REGNAULT-ROGER C., PHILOGÈNE B. J. R., VINCENT C., 2008.** Biopesticides d'origine végétale. 2EMEED, LAVOISIER, 546p.
- **REGNAULT-ROGER, C, HAMRAOUI, A. 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a Bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L). Journal of Stores Products Research 31:291-299 pp.
- **RIBA G., SILVY C., 1993.** La lutte biologique et les biopesticides. Phytoma-Déf. Vég., 452, 21-32 pp.
- **ROEDER, T. 1999.** Octopamine in invertebrates. Prog. Neurobiol. 59 : 533-561.
- **ROGER C., VINCENT C. et CODERRE D., 1995.** Mortality and predation efficiency of *Coleomegilla maculate*, *Lengi timberlake* (coccinellidae) following application of neem extracts (*Azadirachta indica* a. juss., meliaceae). j. appl. entomol. 119, 439-443 pp.
- **ROTH M., 1972.** Les pièges à eau colorés utilisés comme pot de Barber. Extrait de la revue Zoologie agricole et de pathologie végétale. 1- 6 pp.
- **SAHARAOU L. & HEMPTINNE J.L. 2009.** Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) sur agrumes et interactions avec leurs proies dans la région de Rouiba (Mitidja orientale) Algérie. Ann. Soc. Entomol. Fr. 45: 245-259 pp.
- **SAHARAOU L., 1998.** Les Coccinelles d'Algérie (Inventaire préliminaire et régime alimentaire Bul. Soc. Ent. France., 103 (3), pp 213-224.
- **SAHARAOU L., GOURREAU J. M. et IPERTI G., 2001.** Etude des quelques aspects bioécologiques des coccinelles aphidophages d'Algérie (Coléoptère, Coccinellidae). Bull. Soc. Zool. De France, Vol. 126 (4), 351-373 pp.
- **SASAJI H., 1968.** Phylogeny of the family coccinellidae. ETIZEMIA 35, 1-37.
- **SATRANI B. ET AL., 2008.** Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cladanthus mixtus*. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 146, 85-96 pp.
- **SAUPHANOR B., BOUVIER J.C., BOISNEAU C., RIEUX R., SIMON S., CAPOWIEZ Y., TOUBON J.F., 2005.** Impacts biologiques des systèmes de protection en vergers de pommiers, Phytoma Def. Veg. 581, 32-36 pp.
- **SAUPHANOR B., MINIGGIO C., FAIVRE D'ARCIER F., 1993.** Effets à moyen terme des pesticides sur la faune auxiliaire en vergers de poiriers, J. Appl. Entomol. 116, 467-478 pp.

- **SCORA R. W., 1988.** Biochemistry taxonomy and evolution of modern cultivated citrus. Paper presented at the international citrus congress.
- **SEKKAT A., 2007.** Les pucerons des agrumes au Maroc Pour une agrumiculture plus respectueuse de l'environnement. ENA 18 décembre 2007.
- **SHAAYA E., RAVID U., PASTER N., JUVEN B., LISMAN U., PISSAREV V., 1991.** Fumigant toxicity of essential oils against for majors stored-products insects. J. Chem. Ecol, 173: 499-504 pp.
- **SILVY C. ET RIBA G., 1999.** BIOPESTICIDES CONTRE MALADIES, INSECTES, MAUVAISES HERBES. LES DOSSIERS DE L'ENVIRONNEMENT, INRA 19, 157-200 pp.
- **SIMON S., BOUVIER J.C., DEBRAS J.F., SAUPHANOR B., SUSTAIN A., 2010.** Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. 139–152 pp.
- **SIMON S., DEFRANCE H., SAUPHANOR B., 2007.** Effect of codling moth management on orchard arthropods, Agr. Ecosyst. Environ. 122,340–348 pp.
- **SMAILI M. C., BLENZAR A., BOUTALEB A. J., 2009.** Étude prospective de la fondation, de l'immigration et des facteurs de mortalité des colonies de pucerons noirs de l'oranger *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera : Aphididae) au nord du Gharb. ecologia mediterranea, Revue. Vol. 35, 5-19 pp.
- **SOING P., VAYASSE P. et RICARD J.P., 1999.** Fertilisation des vergers, Environnement et qualité. A.C.T.A. Paris, 86p.
- **SPIEGEL ROY ET GOLDSCHMIDT E. E., 1996.** BIOLOGY OF CITRUS.
- **STEWART P., 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique ; Quelques réflexions. Bull. Soc. Hist. Afri. Du nord, 24-24 pp.
- **STYLO T., MALONDA M. et LOUBAKI L., 2005.** Optimisation de l'extraction de l'huile essentielle chymtopgon Citrus grâce à un plan factoriel complet VOL 65 219-233 pp.
- **SUCKLING D.M., WALKER J.T.S., WEARING C.H., 1999.** Ecological impact of three pest management systems in New Zealand apple orchards, Agr. Ecosyst. Environ. 73, 129–140 pp.
- **SWINGLE W.T., REECE P.C., 1967.** The botany of citrus and its wild relatives. In w. Reuther l.d. batchelor & h. J. Webber: the citrus industry vol. I. University of California Berkeley, 130-190 pp.

- **TAMESSE J. L., MESSI J., SILATSA-SOUFO E., KAMBOU J., TIAGO A. B., NDONGO A. O., 2002.** Complexe des parasitoïdes de *Trioza erytreae* (Del Guercio) (Homoptera: Triozidae), psylle des agrumes au Cameroun Fruits, 57,19-28 pp.
- **TANAKA T., 1961.** CITROLOGIA SEMI CENTENNIAL COMMEMORATION PETERS ON CITRUS STUDIES. OSAKA JAPAN.
- **TAPONDJOU A.L., ADLER C., FONTEMC D.A., BOUDA H. et REICHMUTH C., 2005.** Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* duval, Journal of Stored Products Research, N°41, pp. 91-102 pp.
- **Tchoumboungang F. et al., 2006.** Variability in the chemical compositions of the essential oils of five *Ocimum* species from Tropical African Area. J. Essent. Oil Res., 18, 194-199.
- **TOTH IK., BELL KS., HOLEVA MC. ET BIRCH PRJ., 2003.** SOFT-ROT ERWINAE: FROM GENES TO GENOMES. MOL PLANT PATHOLOGY 4: 17-30.
- **TROMBETTA D. et al., 2002.** Study on the mechanisms of the antibacterial action of some plant, β -unsaturated aldehydes. Lett. Appl. Microbiol., 35, 285-290 pp.
- **VALLARDIE P. 1962.** Encyclopédie du monde animal. Tome II, 159- 463 pp.
- **VANDENBERG N. J. 2002.** Family 93. Coccinellidae Latreille 1807. Pages 371-389, In Arnett, R. H., M. C. Thomas, P. E. Skelley et J. H. Frank (eds.), American Beetles, volume 2, Scarabaeoidea through Curculionoidea. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 880p.
- **VAN-EE S., 2005.** La culture fruitière dans les zones tropicales, univ. Sciences de la vie WAGENINGEN, NEERLANDAIS.102p.
- **VOKOU D., KOKKINI S. & BRESSIERE J.M., 1988.** *Origanum onites* (Lamiaceae) in Greece Distribution , volatile oil yield, and composition . Economy botanic. 42,407-412 pp.
- **WAAGE, J.ET GREATHEAD, D., 1986.** INSECT PARASITIDS. ACADEMIC PRESS, LONDON, 389 pp.
- **WALALI L., SKIREDJI A. ET HASSAN E., 2003.** FICHES TECHNIQUES LE BANANIER, LA VIGNE, LES AGRUMES. ED. IN T. D. T. E. AGRICULTURE, INSTITUT AGRONOMIQUE ET VETERINAIRE HASSAN II., MAROC.
- **WHALON M.E., CROFT B.A., 1986.** Immigration and colonization of portable apple trees by arthropod pests and their natural enemies, Crop Prot. 5, 376–384 pp.

- **WIGGLESWORTH V.B., 1972.** The Principles of Insect Physiology, 7e éd. Chapman and Hall.
- **Wood R.J., 1981.** Genetic Consequences of Man - made Change (Bishop, I.A. And Cook, L.M., eds), Academic Press, 53-96 pp.
- **WU Z, SCHENK-HAMLIN D, ZHAN W, RAGSDALE DW ET HEIMPEL GE (2004)** the soybean aphid in CHINA: a historical review. annals of the entomological society of AMERICA, 97, 209-218 pp.
- **XUE Y., BAH LAI C.A., FREWIN A., SEARS M.K., SCHAAF SMA A.W. ET HALLETT R.H., 2009.** Predation by *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* (coleoptera: coccinellidae) on *Aphis glycines* (homoptera: aphididae). Environmental entomology 38: 708-714.
- **YAKHLEF G., 2010.** Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris* L. ET *Laurus nobilis* L. Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris* L. ET *Laurus nobilis* L. Thèse Magister, Université EL HADJ LAKHDAR, BATNA, Algérie. 80p.
- **YAMAMOTO T., 2001.** One hundred years of *Bacillus thuringiensis* research and development: discovery to transgenic crops. J INSECT BIOTECH SER 70p.
- **ZAHRADNIK J., 1984.** Guide des insectes. Hâtier, France, 318 p.
ZIMMER, E. (1989). Guide de la faune. Traduction et adaptation Denis Amand, Arthaud. 218- 282 pp.

Conclusion et perspectives

Notre approche a porté sur la mise en évidence d'une efficacité biocide des huiles essentielles formulées à base d'*Eucalyptus globulus*, sur la disponibilité du cortège prédateurs-pucerons évoluant dans les canopées d'arbres d'agrumes de la région de Bougara située dans la zone agrumicole de la Mitidja Centrale.

La première hypothèse étant qu'en période de poussée de sève printanière, et en l'absence de tout traitement phytosanitaire conventionnel, un cortège auxiliaire diversifié est disponible dans le verger étudié, nous avons observé une entomofaune circulante non négligeable par rapport à son rôle fonctionnel dans le verger, ce qui représente un aspect intéressant à notre sens dans ce travail. D'autres études consultées dans la littérature relèvent en effet l'impact négatif des produits phytosanitaires sur l'entomofaune bénéfique dans la majorité des vergers agrumicoles productifs de la Mitidja et des zones limitrophes.

Les résultats des captures dans leur globalité ont révélé la présence de 21 espèces d'importance hétérogène réparties en trois ordres : les Coleoptères, les Diptères et les Névroptères. Le nombre de représentants coccinellidae est plus important et est représenté par 14 espèces dont l'espèce aphidiphage *Scymnus subvillosus* qui est la plus abondante durant la période de poussée de sève printanière correspondante à l'installation des premières colonies de pucerons.

Les résultats obtenus sur le pouvoir insecticide des formulations de l'huile essentielle d'*E. globulus* vis-à-vis des opophages cibles semblent être intéressants dans la mesure où les populations aphidiennes manifestent des diminutions drastiques en abondance pendant au moins quinze jours. Toutefois, l'effet répressif des traitements biologiques est constaté également sur leurs prédateurs coccinellidae associés. Les doses testées en relation avec chacune des deux formulations du biopesticide semblent efficaces sur les aphides mais semblent induire une perturbation dans l'interaction trophique proie-prédateur. Comme concernant tous les produits biopesticides, il nous a été permis de constater non seulement un effet retard mais aussi une situation de retour à l'activité biocénotique chez les groupes d'entomophages les plus sensibles à partir de 10 jours après les applications foliaires.

L'évolution temporelle de l'abondance des aphides et des coccinelles prédatrices sous l'effet des deux concentrations de l'huile essentielle est contrastée par comparaison au témoin, durant toute la période d'exposition aux substances biologiques. Les fluctuations du complexe prédateurs-aphides subit une diminution très sensible caractérisée par un effet de choc 24h après l'application des traitements. La diminution des abondances des coccinellidae prédateurs pendant la période d'exposition aux substances bioactives de l'huile essentielle formulée d'*E.*

globulus pourrait être due à la disparition de leurs proies hôtes à la suite de l'effet toxique des solutions d'huiles essentielles sur les colonies aphidiennes.

L'huile essentielle d'*E. globulus* testée sur les larves de *Scymnus subvillosus* n'a pas manifesté d'effet toxique sur les larves, mais seulement durant 5 jours d'exposition au laboratoire.

Ce résultat bien qu'en contradiction à ce que nous avons constaté sur le terrain, pourrait signifier que *Scymnus subvillosus*, à l'état larvaire et en particulier aux stades âgés, peut éviter cet état de stress chimique en déclenchant une nymphose.

A notre connaissance, l'effet des biopesticides dont celui des huiles essentielles n'a pas été investigué sur les auxiliaires concernant les communautés circulantes en vergers d'agrumes, en Algérie. Les résultats obtenus sur le terrain et au laboratoire mériteraient d'être approfondis sur le plan comportemental et physiologique en étudiant les effets des doses subléthales sur les taxons ayant un intérêt dans le contrôle biologique des populations aphidiennes.

D'autres essais pourraient être encouragés en perspective dans le court et le moyen terme pour l'investigation de formulations synergiques des huiles essentielles d'autres plantes et de l'eucalyptus globuleux, ou des huiles essentielles d'autres eucalyptus en mélanges avec des produits compatibles avec la faune auxiliaire. Enfin, des tests d'évaluation d'efficacité en traitements préventifs mériteraient d'être investigués sur d'autres espèces de coccinellidae prédatrices qui sont des modèles biologiques intéressants pour la lutte biologique sous serre et notamment sur les plantes maraîchères.

Annexe

Les principales espèces échantillonnées sur terrain



Stethorus punctillum



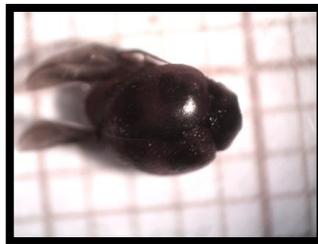
Nephus sp



scymnus subvillosus



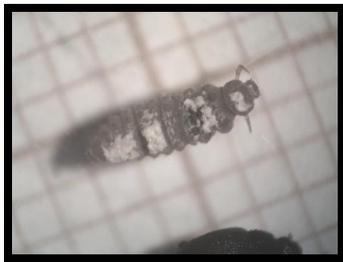
Scymnus interruptus



Rodolia cardinalis



pharoscymsus sp



Larve de *Scymnus subvillosus*



nymphose de *S. subvillosus*



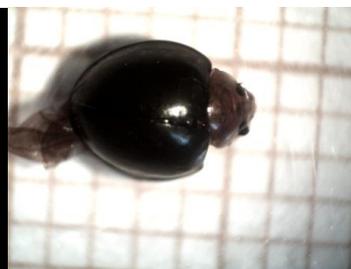
larves de *Hippodamia variegata*



Harmonia axyridis



Citostethus arctuatus



Exochomus flavipes



Nymphe de *Harmonia axyridis*



Imago de *Harmonia axyridis*



œufs de coccinelle



Nymphe de syrphé



Episyrphus balteatus



Myzus persicae



Aphis spiricola



Aphis gossypii