



**Laboratoire de Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des Récoltes.  
Influence des Variations Climatiques.**

## **THESE DE DOCTORAT**

**3<sup>ème</sup> Cycle**

**En Sciences biologiques**

**Spécialité :** Entomologie appliquée à la médecine, à l'agriculture et à la foresterie.

**Option :** Ecologie animale et environnement.

Réalisée par :

M<sup>elle</sup> HADDAD Nora

**Inventaire, distribution et régulation des populations de  
cochenilles (Hemiptera : Coccoidea) sur quelques espèces  
d'agrumes dans différentes régions de la Kabylie.**

Devant le jury composé de :

Mr Kellouche Abdellah	Professeur	UMM de Tizi-Ouzou	Président
Mm Sadoudi Ali-Ahmed Djamila	Professeur	UMM de Tizi-Ouzou	Rapporteur
Mr Garcia-Mari Ferran	Professeur	UPV, Espagne	Co-rapporteur
Mr Soltani Noureddine	Professeur	Université d'Annaba	Examineur
Mr Djazouli Zahredine	Professeur	Université de Blida	Examineur
Mm Kitous Benoufella Karima	M. C. A	UMM de Tizi-Ouzou	Examinatrice

**Soutenue publiquement le 11 /06 / 2019.**

## Remerciements

*Cette thèse touche à sa fin et c'est grâce à l'appui de différentes personnes que j'ai pu la mener à son terme. J'ai pu comprendre que la thèse est une belle expérience, enrichissante, parfois dure mais surtout captivante et motivante. Je voudrais ici exprimer mes remerciements à ceux qui m'ont apporté, pendant la période de ma recherche, les orientations indispensables pour l'avancée de cette thèse.*

*Mes premiers remerciements s'adressent à Mme Sadoudi-Ali Ahmed D, professeur à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, et Mr Garcia-Marî F, professeur à l'Institut Agroforestal Mediterraneo de l'Université Polytechnique de Valence (Espagne) de m'avoir accordé l'immense honneur de diriger ce travail. Je leur dois un vibrant hommage et qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.*

*Je remercie vivement Mr Kellouche A, professeur à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse. Qu'il trouve ici mes sincères et chaleureux remerciements et je lui en exprime ma profonde reconnaissance.*

*Je remercie Mr Soltani N, professeur à l'université d'Annaba, Mr Djazouli Z, professeur à l'université de Blida et Mme Kitous Benoufella K, M.C.B à l'université de M.M.T.O. C'est un honneur et un immense plaisir de présenter ce travail devant vous et je vous exprime ma gratitude d'avoir bien voulu participer à ce jury.*

*Je tiens à remercier, également, Mr Tena Barreda A, Professeur à l'I.V.I.A (Institut Valenciano de Investigaciones Agrarias) de Valence et toute l'équipe de laboratoire de l'IAM de Valence (Espagne) pour leurs aides, orientations et conseils.*

*Je remercie, aussi, Mr Biche M, professeur à l'E.N.S.A pour ses conseils et son encouragement, Mr Saharaoui L, M.C.B à l'E.N.S.A et Mm Meghniche F, M.C.B à l'école vétérinaire d'El Herrach de m'avoir aidé dans l'identification de quelques échantillons.*

*Mes sincères remerciements à Mr Boudarwali M, Ex-wali de la wilaya de T.O et le Pr Tessa A, recteur de l'université M.M.T.O, pour leurs précieux conseils, leurs encouragements, leurs soutiens et qui m'ont toujours encouragé d'avantage pour la réussite de ce travail. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.*

*Mes remerciements vont aussi aux différents responsables de la DSA à leur tête Mr Laib, de m'avoir honoré par l'organisation des séances de préventions et d'informations sur les ravageurs des agrumes auprès des agrumiculteurs de T.O.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à toutes les subdivisions agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou : d'Irdjen, d'Azazga, de T.O, de Freha, de Mekla et de D.B.K sans oublier la S.R.P.V de D.B.K et l'I.N.P.V d'Alger pour leurs accueils et leurs orientations.*

*Un grand merci aux propriétaires et aux agrumiculteurs des vergers d'Irdjen, de Chamlal, de Freha, de Chabane et de Tazmalt d'avoir mis à ma disposition leurs vergers et leurs personnels.*

*Je présente également mes remerciements à la radio de Tizi-Ouzou de m'avoir donné des occasions pour animer et présenter des émissions sur les ravageurs des agrumes.*

*Mes vifs remerciements, vont à tous ceux qui m'ont aidés d'une façon ou d'une autre tout au long de la réalisation de ce travail notamment :*

*Melles Ali Ahmed S. et Ali Ahmed C., enseignantes à l'U.M.M.T.O pour leurs aides dans les analyses statistiques, leurs encouragements et leurs soutiens moraux.*

*Que Mme Taleb K, M.C.B à l'U.M.M.T.O, M. Sellami M. professeur à l'E.N.S.A, et Apostolos C., professeur à l'université de la Suisse soient remerciés pour les supports documentaires. Mr Kermani S, M.C.A à l'université de Bab Ezzouar est remercié pour avoir mis à ma disposition les logiciels et les sites web.*

*Les responsables des bibliothèques de l'U.M.M.T.O (FSBSA et Centrale), de l'I.TM.A de Boukhalfa, de la maison de la culture, de la bibliothèque centrale de T.O, de l'université de Bab Azzouar (S.N.V et Centrale), de l'E.N.S.A, de l'E.S.V.E, de L'I.N.P.V d'Alger et de D.B.K, , de l'I.A.M de valence (Espagne) et la grande bibliothèque de Paris François-Mitterrand de m'avoir accordé l'accès à ces bibliothèques et leurs aides dans la documentation et les recherches bibliographiques.*

*Mr le Pr Messaoudene A, Doyen de la faculté de médecine est remercié pour son soutien moral et matériel et d'avoir mis à ma disposition un bureau qui m'a permis de rédiger et de travailler en toute tranquillité et sécurité.*

*Ma gratitude va à Mr Talbi pour son soutien et ses orientations administratives et pratiques. Messieurs Brahimi A, Belaid A, Djerridi M et Oudjiane A pour leurs soutiens et leurs encouragements dans les moments les plus difficiles.*

*Un grand merci à tous mes collègues du laboratoire de P.S.E.M.R.V.C et aux membres de l'association ECO-ACTION.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*Mes très chers parents ;*

*Mon cher frère Rafik ;*

*Mes chères sœur Zineb et Meriem ;*

*Mes grands-parents ;*

*Ma chère sœur et copine Nabila.*

## Résumé

Dix espèces de cochenilles (Hemiptera ; Coccoidea) ont été inventoriées en Kabylie sur diverses espèces d'agrumes à savoir le citronnier, le clémentinier, l'oranger Thomson et l'oranger Washington sur une période de deux ans ; du mois de Janvier 2014 au mois de Décembre 2015. Ces cochenilles appartiennent à quatre familles: les Diaspididae, les Coccidae, les Pseudococcidae et les Margarodidae. Cette étude nous a permis de mettre en évidence la présence d'une nouvelle espèce de cochenilles en Algérie ; *Coccus pseudomagnoliarum* Kuwana ainsi que la présence de *Ceroplastes rusci* sur agrumes pour la première fois en Algérie. Par ailleurs, l'abondance relative des familles et des espèces des cochenilles inventoriées a révélé la forte dominance de la famille des Diaspididae (90,3%) notamment l'espèce *Parlatoria ziziphi* qui s'est révélée être un ravageur assez redoutable sur agrumes en Kabylie avec un taux moyen d'abondance de 90,2%. L'application des concepts écologiques sur les populations de cochenilles a révélé une équirépartition minimale ; ce qui confirme l'omniprésence et la dominance de *P. ziziphi*.

Concernant la préférence de fixation des femelles sur les organes de l'arbre, la présente étude a révélé la préférence des femelles de *P. ziziphi* aux feuilles dans tous les vergers d'agrumes étudiés et pendant tous les mois de l'année. Cet organe et aussi choisie par *P. pergandii*, *C. hesperidum*, *C. pseudomagnoliarum* et *C. rusci*. Les espèces *A. aurantii*, *C. dictyospermi*, *I. purchasi* et *S. oleae* ont, par contre, montré leur préférence aux rameaux. Cependant en présence des fruits, *A. aurantii*, *C. dictyospermi* et *P. citri* sont plus abondants sur ces derniers. En outre, ces bioagresseurs ont affiché leur préférence à la face supérieure de la feuille par rapport à la face inférieure. Il s'est avéré, également, que l'intérieur de l'arbre abrite plus de cochenilles que l'extérieur et que la direction Est est la plus infestée. Nous notons, enfin, que cette répartition change considérablement d'une saison à l'autre et d'un verger à l'autre. Pour ce qui est des facteurs de mortalité, les parasitoïdes et les prédateurs semblent être les agents les plus efficaces dans le contrôle de leurs populations. Ainsi, la famille des Chalcidoidae renferme les principaux parasitoïdes des cochenilles et que les Coccinellidae sont les prédateurs les plus efficaces au contrôle de ces ravageurs.

**Mots clés :** inventaire, distribution, régulation, Coccoidea, Citrus, Orientation, saison, Kabylie.

## Abstract

Ten species of scale insects (Hemiptera, Coccoidea) were inventoried in Kabylia on various citrus species namely lemon, clementine, Thomson orange and orange Washington over a period of two years carried out from January 2014 to from December 2015 belong to the four families: Diaspididae, Coccidae, Pseudococcidae and Margarodidae. This study allowed us to highlight the presence of a new species of scale insects (Coccidae: *Coccus pseudomagnoliarum* Kuwana) in Algeria and reported for the first time in Algeria the presence of *Ceroplastes rusci* on citrus fruits. The relative abundance calculated for the families and species inventoried shows a strong dominance of the family Diaspididae (90.3%). *Parlatoria ziziphi* is the pest species that predominates in Kaylia with an average of 90.2%. The application of ecological concepts on scale insects populations in our study is the first in Algeria. The equidistribution of scale insects species is minimal, which shows that *Parlatoria ziziphi* is an ubiquitous or dominant species and that *Ceroplastes rusci* is a very rare species on citrus and sometimes accidental.

The preference for attachment of female populations to the plant organs of the tree showed that in all citrus orchards studied and during all the months of the year *P. ziziphi* was significantly higher on leaves than twigs or fruits. *Parlatoria pergandii*, *C. hesperidum*, *C. pseudomagnoliarum* and *C. rusci* also selected this organ. *Aonidiella aurantii*, *C. dictyospermi*, *I. purchasi* and *S. oleae*, at the presence of fruits, they are more important on fruits. Populations of Diaspididae were always more abundant in the upper part of the leaf than in the lower part. The study of the distribution of these females on the tree canopy showed that the abundance at the interior was higher than at the outside. In general, abundance of live females was higher in the eastern quadrant and less in the western quadrant, but this changed significantly with the season and the orchard. The mortality factors studied for the four species of Diaspididae showed that parasitoids and predators are the most effective agents in controlling scale insects populations. Thus, the Chalcidoidea family contains the main parasitoids of scale insects and that Coccinellidae have the most effective predators to control these pests.

**Key words:** inventory, distribution, regulation, Coccoidea, Citrus, Orientation, season, Kabylia.

<b>Figure 1 :</b> Morphologie externe d'une cochenille cas de <i>Parlatoria ziziphi</i> , (Femelle à gauche; Mâle à droite) (Photos originales, 2016).....	16
<b>Figure 2 :</b> Cycle biologique d'une cochenille (Garcia-Mari, 2012).....	18
<b>Figure 3 :</b> Situation géographique de la wilaya de Tizi Ouzou et des communes d'étude (Google Earth, 2017).....	22
<b>Figure 4 :</b> Situation des vergers d'agrumes expérimentaux (oranger Thomson et citronnier) dans la région de Chabane (Google Earth, 2017).....	23
<b>Figure 5:</b> Vergers de la région de Chabane: à gauche le citronnier et à droite l'oranger Thomson (Photos originales, 2015).....	24
<b>Figure 6 :</b> Situation du verger expérimental (clémentinier) dans la région de Chamlal (Google Earth, 2017).....	25
<b>Figure 7 :</b> Verger du clémentinier de la région de Chamlal (Photo originale, 2015).....	25
<b>Figure 8 :</b> Situation du verger expérimental (Oranger Thomson) dans la zone de Tazmalt (Google Earth, 2017).....	26
<b>Figure 9 :</b> Verger d'oranger Thomson de la région de Tazmalt (Photos originales, 2015)....	27
<b>Figure 10 :</b> Situation du verger expérimental (Oranger Washington) dans la région de Freha (Google Earth, 2017).....	27
<b>Figure 11 :</b> Verger d'oranger Washington de la région de Freha (Photo originale, 2015)....	28
<b>Figure 12 :</b> Situation des vergers expérimentaux de la région d'Irdjen (Google Earth, 2017).....	29
<b>Figure 13 :</b> le verger de citronnier de la région d'Irdjen (Photos originales, 2015).....	30
<b>Figure 14 :</b> les vergers d'oranger Thomson et de clémentinier de la région d'Irdjen (Photos originales, 2015).....	30
<b>Figure 15 :</b> Variation des températures moyennes mensuelles, moyennes mensuelles minimales et moyennes mensuelles maximales de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006-2016 (O.N.M de T.O, 2017).....	31

<b>Figure 16:</b> Variation des températures moyennes annuelles de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006 à 2016 (O.N.M de T.O, 2017).....	32
<b>Figure 17 :</b> Variations des précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006 à 2016 (O.N.M de T.O, 2017).....	33
<b>Figure 18 :</b> Variations des précipitations moyennes annuelles de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006 à 2016 (O.N.M de T.O, 2017).....	33
<b>Figure 19 :</b> Variations de l'humidité moyennes mensuelles de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006 à 2016 (O.N.M de T.O, 2017).....	34
<b>Figure 20 :</b> Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la wilaya de Tizi Ouzou durant la période 2006 – 2016 (O.N.M de T.O, 2017).....	35
<b>Figure 21 :</b> Position de la wilaya de Tizi Ouzou dans le climagramme d'Emberger pour la période 2006 -2016.....	36
<b>Figure 22 :</b> Schéma explicatif de la méthodologie d'échantillonnage dans un verger.....	38
<b>Figure 23 :</b> Schéma simplifié explicatif des paramètres étudiés dans ce travail.....	40
<b>Figure 24 :</b> Tri de la faune auxiliaire (Photo originale, 2016).....	41
<b>Figure 25 :</b> Identification des principaux parasitoïdes et prédateurs des cochenilles (Photo originale, 2016).....	41
<b>Figure 26 :</b> Les espèces des cochenilles (Hemiptera : Coccoidea) inventoriées sur les agrumes en Kabylie.....	47
<b>Figure 27 :</b> Abondance relative des familles des Coccoidea (Hemiptera) inventoriées sur les agrumes en Kabylie.....	48
<b>Figure 28 :</b> Abondance relative des familles des Coccoidea (Hemiptera) inventoriées dans chaque verger étudié.....	49
<b>Figure 29 :</b> Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par <i>P. ziziphi</i> et <i>P. pergandii</i> .....	49
<b>Figure 30:</b> Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par <i>A. aurantii</i> et <i>C. dictyospermi</i> .....	50

<b>Figure 31 :</b> Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par <i>C. hesperidum</i> et <i>C. pseudomagnoliarum</i> .....	50
<b>Figure 32 :</b> Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par <i>C. rusci</i> et <i>P. citri</i> .....	51
<b>Figure 33 :</b> Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par <i>I. purchasi</i> et <i>S. oleae</i> .....	51
<b>Figure 34 :</b> Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées sur les agrumes en Kabylie.....	52
<b>Figure 35 :</b> Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger d'oranger Washington à Freha.....	52
<b>Figure 36 :</b> Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger de citronnier de Chabane.....	53
<b>Figure 37 :</b> Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger de citronnier à Irdjen.....	53
<b>Figure 38 :</b> Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger de clémentinier à Chamlal.....	53
<b>Figure 39 :</b> Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger de clémentinier à Irdjen.....	54
<b>Figure 40:</b> Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger d'oranger Thomson à Irdjen.....	54
<b>Figure 41:</b> Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger d'oranger Thomson à Tazmalt.....	54
<b>Figure 42 :</b> Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger d'oranger Thomson de Chabane.....	55
<b>Figure 43 :</b> Richesse spécifique (S) et richesse spécifique moyenne (Sm) des huit vergers d'agrumes étudiés.....	55
<b>Figure 44 :</b> Evolution temporelle des populations de <i>P. ziziphi</i> sur les agrumes en Kabylie.....	64

<b>Figure 45 :</b> Evolution annuelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de <i>P. ziziphi</i> sur les feuilles et les rameaux des agrumes ainsi que le rapport feuille/rameau.....	65
<b>Figure 46 :</b> Évolution temporelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de <i>P. ziziphi</i> sur les fruits et les feuilles des agrumes ainsi le rapport fruit/feuille.....	66
<b>Figure 47 :</b> Evolution annuelle de la moyenne du nombre d'individus de <i>P. ziziphi</i> sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes ainsi que le rapport face supérieure/inférieure.....	68
<b>Figure 48 :</b> Distribution saisonnière des populations de <i>P. ziziphi</i> sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes.....	70
<b>Figure 49:</b> Evolution temporelle des populations de <i>P. pergandii</i> sur les agrumes en Kabylie.....	71
<b>Figure 50 :</b> Evolution annuelle de la moyenne du nombre d'individus femelles vivants de <i>P. pergandii</i> sur les feuilles et les rameaux d'agrumes ainsi que le rapport feuille/rameau.....	72
<b>Figure 51:</b> Évolution temporelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de <i>P. pergandii</i> sur les feuilles, les rameaux et les fruits des agrumes.....	74
<b>Figure 52 :</b> Evolution annuelle de la moyenne des individus de <i>P. pergandii</i> sur les faces de la feuille d'agrumes ainsi que le rapport face supérieure/inférieure.....	75
<b>Figure 53 :</b> Distribution saisonnière des populations de <i>P. pergandii</i> sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes.....	77
<b>Figure 54 :</b> Evolution temporelle des populations d' <i>A. aurantii</i> sur les agrumes en Kabylie.....	78
<b>Figure 55 :</b> Evolution annuelle de la moyenne du nombre individus femelles vivants d' <i>A. aurantii</i> sur les feuilles et les rameaux des agrumes ainsi que le rapport rameau/feuille.....	79

<b>Figure 56:</b> Evolution temporelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants d' <i>A. aurantii</i> sur les feuilles, les rameaux et les fruits des agrumes.....	81
<b>Figure 57:</b> Evolution annuelle du nombre moyen des individus d' <i>A. aurantii</i> sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes ainsi que le rapport face supérieure/inférieure.....	82
<b>Figure 58 :</b> Distribution saisonnière des populations d' <i>A. aurantii</i> sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes.....	84
<b>Figure 59 :</b> Evolution temporelle des populations de <i>C. dictyospermi</i> sur les agrumes en Kabylie.....	85
<b>Figure 60 :</b> Evolution annuelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de <i>C. dictyospermi</i> sur les feuilles et les rameaux d'agrumes ainsi que le rapport feuille/rameau.....	86
<b>Figure 61:</b> Evolution temporelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de <i>C. dictyospermi</i> sur les feuilles, les rameaux et les fruits des agrumes.....	88
<b>Figure 62 :</b> Evolution annuelle de la moyenne du nombre d'individus de <i>C. dictyospermi</i> sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes ainsi que le rapport face supérieure/inférieure.....	89
<b>Figure 63 :</b> Distribution saisonnière des populations de <i>C. dictyospermi</i> sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes.....	91
<b>Figure 64 :</b> Noyaux de distribution spatiale et d'affinité des espèces de cochenilles avec les régions d'étude sur un plan factoriel $F1 \times F2$ .....	92
<b>Figure 65:</b> Noyaux de distribution spatiale et d'affinité des espèces de cochenilles avec les organes végétaux de l'arbre d'agrumes selon un plan factoriel $F1 \times F2$ .....	93
<b>Figure 66 :</b> Noyaux de distribution spatiale et d'affinité des espèces de cochenilles avec les orientations de l'arbre d'agrumes selon un plan factoriel $F1 \times F2$ .....	94
<b>Figure 67 :</b> Noyaux de distribution temporelle et d'affinité des espèces de cochenilles avec les saisons selon un plan factoriel $F1 \times F2$ .....	95

<b>Figure 68 :</b> Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de <i>P. ziziphi</i> recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.....	100
<b>Figure 69:</b> Fluctuation annuelle globale des pourcentages moyens des individus vivants, parasités, prédatés et morts de <i>P. ziziphi</i> .....	101
<b>Figure 70:</b> Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de <i>P. pergandii</i> dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.....	102
<b>Figure 71 :</b> Fluctuation annuelle globale des pourcentages moyens des individus vivants, parasités, prédatés et morts de <i>P. pergandii</i> .....	103
<b>Figure 72 :</b> Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité d' <i>A. Aurantii</i> recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.....	103
<b>Figure 73 :</b> Fluctuation annuelle globale des pourcentages moyens des individus vivants, parasités, prédatés et morts d' <i>A. aurantii</i> .....	104
<b>Figure 74 :</b> Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de <i>C. dictyospermi</i> recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.....	105
<b>Figure 75:</b> Fluctuation annuelle globale des pourcentages moyens des individus vivants, parasités, prédatés et morts de <i>C. dictyospermi</i> .....	106
<b>Figure 76:</b> Taux moyens des individus vivants, prédatés, parasités et morts naturellement pour les quatre espèces de Diaspididae étudiées sur agrumes en Kabylie.....	107
<b>Figure 77 :</b> Noyaux de distribution spatiale et d'affinité des facteurs de mortalité avec l'espèce de cochenille sur un plan factoriel $F1 \times F2$ .....	107
<b>Figure 78 :</b> Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de <i>C. pseudomagnoliarum</i> recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.....	108
<b>Figure 79 :</b> Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de <i>S. oleae</i> recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.....	109
<b>Figure 80 :</b> Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de <i>C. hesperidum</i> recensés dans les vergers expérimentaux en Kabylie.....	110
<b>Figure 81 :</b> Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de <i>C. rusci</i> recensés dans les vergers expérimentaux en Kabylie.....	110

- Figure 82 :** Taux moyens des individus vivants, prédatés, parasités et morts naturellement pour les quatre espèces de Coccidae étudiées sur agrumes en Kabylie.....111
- Figure 83:** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *P. citri* recensés dans les vergers expérimentaux en Kabylie.....112
- Figure 84 :** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité d'*I. purchasi* recensés dans les vergers expérimentaux en Kabylie.....112

<b>Tableau 1 :</b> Les espèces de cochenilles (Hemiptera : Coccoidea) inventoriées en Kabylie sur les agrumes dans cinq régions d'étude.....	46
<b>Tableau 2 :</b> Fréquence d'occurrence et catégorie des espèces de cochenilles inventoriées sur les agrumes en Kabylie.....	56
<b>Tableau 3 :</b> Indices de diversité H', H'max et Equitabilité des peuplements de cochenilles dans les différents vergers agrumicoles à Tizi-Ouzou.....	57
<b>Tableau 4.</b> Nombre moyen des populations de <i>P. ziziphi</i> par feuille et par rameau dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	64
<b>Tableau 5.</b> Nombre moyen des populations de <i>P. ziziphi</i> sur les feuilles et les fruits dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	66
<b>Tableau 6.</b> Nombre moyen des populations de <i>P. ziziphi</i> par face de la feuille dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	67
<b>Tableau 7.</b> Nombre moyen des populations de <i>P. ziziphi</i> sur la frondaison de l'arbre d'agrumes des vergers expérimentaux.....	69
<b>Tableau 8.</b> Effectif moyen des populations de <i>P. ziziphi</i> sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes dans les vergers expérimentaux.....	70
<b>Tableau 9.</b> Nombre moyen des populations de <i>P. pergandii</i> par feuille et par rameau dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	72
<b>Tableau 10.</b> Nombre moyen des populations de <i>P. pergandii</i> par feuille et par fruit dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	73
<b>Tableau 11.</b> Effectifs moyens des populations de <i>P. pergandii</i> sur les deux faces de la feuille dans chaque verger d'agrumes expérimentaux.....	75
<b>Tableau 12.</b> Nombre moyen des femelles de <i>P. pergandii</i> sur la frondaison de l'arbre dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	76
<b>Tableau 13.</b> Nombre moyen des populations de <i>P. pergandii</i> selon les directions cardinales de l'arbre d'agrumes des vergers expérimentaux.....	77

<b>Tableau 14.</b> Nombre moyen des populations d' <i>A. aurantii</i> par feuille et par rameau dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	79
<b>Tableau 15.</b> Nombre moyen des populations d' <i>A. aurantii</i> sur les feuilles et les fruit dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	80
<b>Tableau 16.</b> Nombre moyen des populations d' <i>A. aurantii</i> par face de la feuille dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	81
<b>Tableau 17.</b> Nombre moyen de populations d' <i>A. aurantii</i> sur la frondaison de l'arbre d'agrumes dans les vergers expérimentaux.....	83
<b>Tableau 18.</b> Effectif moyen des populations d' <i>A. aurantii</i> sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes dans les vergers expérimentaux.....	83
<b>Tableau 19.</b> Nombre moyen des populations de <i>C. dictyospermi</i> par feuille et par rameau dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	86
<b>Tableau 20.</b> Nombre moyen populations de <i>C. dictyospermi</i> sur les rameaux et les fruits dans les vergers d'agrumes expérimentaux.....	87
<b>Tableau 21.</b> Nombre moyen des populations de <i>C. dictyospermi</i> par face de la feuille d'agrumes dans les vergers expérimentaux.....	88
<b>Tableau 22.</b> Nombre moyen des populations de <i>C. dictyospermi</i> sur la frondaison de l'arbre d'agrumes des vergers expérimentaux.....	90
<b>Tableau 23.</b> Effectif moyen des populations de <i>C. dictyospermi</i> sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes dans les vergers expérimentaux.....	90
<b>Tableau 24 :</b> Les principales familles des parasitoïdes et des prédateurs des cochenilles recensées dans les vergers agrumicoles en Kabylie.....	113

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

## **Partie I : Synthèse bibliographique**

### **Chapitre 1 : La filière agrumicole et son développement en Algérie**

<b>1. Aperçu sur les agrumes</b> .....	6
1.1. Origine et historique .....	6
1.2. Position systématique .....	6
1.3. Variétés les plus productives .....	7
<b>2. Aperçu général sur l'agrumiculture en Algérie</b> .....	8
2.1. Importation et exportation des agrumes .....	8
2.2. Production des agrumes .....	9
2.3. Consommation .....	9
2.4. L'agrumiculture face aux problèmes du manque d'investissements.....	9
2.5. L'agrumiculture face aux contraintes abiotiques .....	10
2.6. L'agrumiculture face aux contraintes biotiques « ravageurs » .....	10
2.7. Stratégie et intervention .....	14

### **Chapitre 2 : Les cochenilles des agrumes (Hemiptera : Coccoidea)**

<b>1. Aperçu général sur les cochenilles</b> .....	15
<b>2. Morphologie et description</b> .....	15
<b>3. Position systématique</b> .....	16
<b>4. Cycle de développement</b> .....	17
<b>5. Régime alimentaire et plantes hôtes</b> .....	18
<b>6. Dégâts causés</b> .....	19
<b>7. Lutte intégrée</b> .....	19

## Partie II : Expérimentale

### Chapitre 3 : Présentation de la région d'étude

1. Localisation de la zone d'étude -----	22
2. Description des vergers expérimentaux -----	23
2.1. Description des vergers expérimentaux de la commune de Tizi Ouzou -----	23
2.2. Description du verger expérimental de la commune d'Ouagnoune -----	26
2.3. Description du verger expérimental de la commune de Freha -----	27
2.4. Description des vergers expérimentaux de la commune d'Irdjen -----	28
3. Caractéristiques climatiques de la wilaya de Tizi Ouzou sur un intervalle de 10 ans (de 2006 à 2016) -----	31
3.1. Températures -----	31
3.2. Pluviométrie -----	32
3.3. Humidité relative -----	34
4. Synthèse climatique -----	34
4.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson -----	34
4.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger -----	35

### Chapitre 4 : Matériel et méthodes

1. Méthodologie d'échantillonnage -----	37
1.1. Sur le terrain -----	37
1.2. Au laboratoire -----	39
2. Exploitation des résultats -----	42
2.1. Exploitation des résultats de l'inventaire par les indices écologiques -----	42
2.2. Analyses statistiques -----	44

## Partie III : Résultats et Discussion

### Chapitre 5 : Inventaire des cochenilles des agrumes en Kabylie

<b>I. Résultats</b> .....	<b>45</b>
1. Les espèces de cochenilles inventoriées .....	45
2. Abondance relative des familles et des espèces de cochenilles inventoriées sur les agrumes en Kabylie .....	48
2.1. Abondance relative globale des familles .....	48
2.2. Abondance relative des familles de Coccoidea dans les vergers étudiés .....	48
2.3. Infestation des agrumes par les cochenilles en Kabylie .....	49
2.4. Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées .....	51
3. Structure et organisation des peuplements de cochenilles .....	55
3.1. Richesse spécifique .....	55
3.2. Fréquence d'occurrence (constance) .....	56
3.3. Diversité et Equirépartition des peuplements de cochenilles .....	57
4. Corrélation entre les populations de cochenilles inventoriées et les facteurs climatiques .....	57
<b>II. Discussion</b> .....	<b>58</b>

### Chapitre 6 : Distribution spatiotemporelle des populations des cochenilles des agrumes en Kabylie

<b>I. Résultats</b> .....	<b>63</b>
<b>1. <i>Parlatoria ziziphi</i></b>	
1.1. Evolution temporelle des populations .....	63
1.2. Effectif moyen par feuille et par rameau des populations de <i>P. ziziphi</i> dans chaque verger expérimental .....	64
1.3. Effectif moyen par feuille et par rameau des populations de <i>P. ziziphi</i> dans chaque verger expérimental .....	65
1.4. Effectifs moyens par feuille et par fruit des populations de <i>P. ziziphi</i> .....	65
1.5. Evolution temporelle des populations de <i>P. ziziphi</i> sur les feuilles et les fruits des agrumes .....	66
1.6. Effectifs moyens des populations de <i>P. ziziphi</i> sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes .....	67

1.7.Evolution temporelle des populations de <i>P. ziziphi</i> sur la face supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes -----	67
1.8.Effectifs moyens des populations de <i>P. ziziphi</i> à l'échelle de la frondaison de l'arbre d'agrumes -----	68

## **2. *Parlatoria pergandii***

2.1.Evolution temporelle des populations de <i>P. pergandii</i> -----	71
2.2.effectif moyen par feuille et par rameau des populations de <i>P. pergandii</i> dans chaque verger expérimental -----	71
2.3. Evolution temporelle des populations de <i>P. pergandii</i> sur les feuilles et les rameaux des agrumes -----	72
2.4.Effectifs moyens des populations de <i>P. pergandii</i> par feuille et par fruit des agrumes -----	73
2.5.Effectifs moyens par feuille et par fruit des populations de <i>P. pergandii</i> -----	74
2.6.Effectif moyen des populations de <i>P. pergandii</i> sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes -----	74
2.7.Evolution temporelle des populations de <i>P. pergandii</i> sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes -----	75
2.8.Effectif moyen des populations de <i>P. pergandii</i> l'échelle de frondaison de l'arbre d'agrumes -----	76

## **3. *Aonidiella aurantii***

3.1.Evolution temporelle des populations -----	78
3.2.Nombre moyen par feuille et par rameau des populations de <i>P. pergandii</i> dans chaque verger expérimental -----	78
3.3.Evolution temporelle de l'effectif moyen des populations d' <i>A. aurantii</i> sur les feuilles et les rameaux des agrumes -----	79
3.4.Effectif moyen des populations d' <i>A. aurantii</i> par feuille et par fruit des agrumes -----	80
3.5. Evolution temporelle des populations d' <i>A. aurantii</i> sur les feuilles et les fruits des agrumes -----	80
3.6.Effectif moyen des populations d' <i>A. aurantii</i> sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes -----	81

3.7.Evolution temporelle des populations d' <i>A. aurantii</i> sur la face supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes -----	82
3.8.Effectif moyen des populations d' <i>A. aurantii</i> à l'échelle de la frondaison de l'arbre d'agrumes -----	82
<b>4. <i>Chrysomphalus dictyospermi</i></b>	
4.1. Evolution temporelle des populations -----	84
4.2.Effectif moyen par feuille et par rameau des populations de <i>C. dictyospermi</i> dans chaque verger expérimental -----	85
4.3.Evolution temporelle de l'effectif moyen des populations de <i>C. dictyospermi</i> sur les feuilles et les rameaux des agrumes -----	86
4.4.Effectif moyen par feuille et par fruit des populations de <i>C. dictyospermi</i> -----	87
4.5.Evolution temporelle des individus vivant sur les feuilles et les fruits des agrumes -----	87
4.6.Effectif moyen des populations de <i>C. dictyospermi</i> sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes -----	88
4.7.Evolution temporelle des populations de <i>C. dictyospermi</i> sur la face supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes -----	89
4.8.Effectif moyen des populations de <i>C. dictyospermi</i> à l'échelle de la frondaison de l'arbre d'agrumes -----	89
<b>5. Etude de la distribution spatiotemporelle des espèces <i>C. hesperidum</i>, <i>C. rusci</i>, <i>P. citri</i>, <i>C. pseudomagnoliarum</i>, <i>S. oleae</i> et <i>I. purchasi</i> -----</b>	<b>91</b>
5.1.Distribution spatiale des populations de cochenilles en fonction des régions ---	91
5.2.Distribution spatiale des populations de cochenilles en fonction des organes végétaux de l'arbre d'agrumes -----	92
5.3.Distribution spatiale des populations de cochenilles en fonction des directions cardinales de l'arbre -----	93
5.4.Distribution des populations de cochenilles en fonction de la saison -----	94
<b>II. Discussion -----</b>	<b>95</b>

## **Chapitre 7 : Régulation des populations des cochenilles des agrumes en Kabylie**

<b>I. Résultats</b> .....	<b>100</b>
<b>A. Etude des facteurs de mortalité en fonction des individus vivants</b>	
<b>1. Famille des Diaspididae</b>	
1.1. <i>Parlatoria ziziphi</i> .....	100
1.2. <i>Parlatoria pergandii</i> .....	102
1.3. <i>Aonidiella aurantii</i> .....	103
1.4. <i>Chrysomphalus dictyospermi</i> .....	105
<b>2. Famille des Coccidae</b>	
2.1. <i>Coccus pseudomagnoliarum</i> .....	108
2.2. <i>Saissetia oleae</i> .....	109
2.3. <i>Coccus hesperidum</i> .....	109
2.4. <i>Ceroplastes rusci</i> .....	110
<b>3. Familles des Pseudococcidae et des Margarodidae</b>	
3.1. <i>Planococcus citri</i> et <i>Icerya purchasi</i> .....	111
<b>B. Identification des auxiliaires</b>	
1. Les parasitoïdes .....	113
2. Les prédateurs .....	113
<b>II. Discussion</b> .....	<b>114</b>
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>118</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>122</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>145</b>
<b>Articles scientifiques</b> .....	<b>160</b>

# **Introduction générale**

L'agrumiculture représente un intérêt vital pour un grand nombre de pays de par leur importance économique, notamment, les sources de revenus pour les ménages et des apports nutritionnels (éléments minéraux, en vitamines et en fibres) de qualité qu'elles génèrent d'une part, et les emplois qu'elles occupent et les produits d'exploitation et de transformation en divers dérivés tels-que : les jus, les confitures ...et autres de l'autre part (Swingle & Reece, 1967 ; Webber, 1967 ; Walter et *al.*, 1989 ; Economos & Clay, 1998), sans oublier les éléments de restauration des équilibres écologiques après la déforestation (Westphal et *al.*, 1985).

L'Algérie par sa situation géographique, son climat et la qualité de sa production peut à juste titre prétendre occuper sur les places européennes une position de choix pour sa production agricole. La culture des agrumes en Algérie remonte à une époque lointaine. Son développement a pris de l'ampleur à partir du XIV<sup>ème</sup> siècle avec l'arrivée des musulmans d'Andalousie (Jacquemond et *al.*, 2013. L'essor du commerce des produits agrumicoles se situe au XIX<sup>ème</sup> siècle avec le déclin de l'agrumiculture Espagnole.

Durant les années soixante, l'Algérie exportait, en moyenne, 25% de sa production. La décennie 1970-1980 a connu la réorientation de la production destinée à l'exportation vers la satisfaction de la demande du marché intérieur. A la fin des années 1980 jusqu'à 2000, l'agrumiculture a connu une régression caractérisée d'un côté, par un arrêt de développement, une érosion du savoir- faire due à un délaissement des vergers, et d'autre coté à l'invasion des phénomènes de la grêle et du stress hydrique. D'autres problèmes dont l'agriculteur algérien est responsable tels la méconnaissance des techniques de production appliquées (fertilisation, entretien du sol, traitements phytosanitaires ...) du fait qu'en Algérie, leur application ne répond pas aux normes culturelles modernes exigées par cette culture; l'utilisation anarchique des portes greffes et variétés etc...; surgit le problème de l'attaque par de nombreuses maladies et ravageurs.

Actuellement, l'agrumiculture est confrontée à plusieurs contraintes qui limitent sa production et ses rendements. Ceci est dû essentiellement au vieillissement des vergers agrumicoles, à la dégradation et l'utilisation inadéquate des produits phytosanitaires causées par les multiples attaques d'agents cryptogamiques, bactériens, viraux, et surtout entomologiques. Ces derniers constituent un facteur non négligeable de cette baisse des rendements engendrée particulièrement par les Hémiptères cas des cochenilles qui sont des insectes piqueurs-suceurs de la sève.

Près de 8000 espèces de cochenilles ou Coccoïdea sont reconnues (Takumasa et *al.*, 2008 ; Ben-Dov, 2010), la plupart sont polyphages, se nourrissant presque de toutes les parties de leurs hôtes. Les cochenilles sont des agents des pertes des productions agricoles (Takumasa et *al.* 2008). Beaucoup d'entre elles sont d'importants ravageurs de l'agriculture (Miller et *al.*, 2005), des plantes fruitières et des plantes ornementales (Khosla et *al.*, 2006). Ces ravageurs peuvent causer des dommages économiques pour les plantes suite à leurs modes d'alimentation piqueurs-suceurs (Gullan & Steffan, 2003 ; Bonani et *al.*, 2010), par l'élimination de la sève des plantes. Il en résulte une réduction de la qualité et l'attrait commercial des fruits, la perte de vigueur de la plante et parfois la mort de la plante entière. Les pertes économiques à travers le monde, y compris les coûts de contrôle et des traitements chimiques, ont été estimés pour atteindre cinq milliards de Dollars par an (Kosztarab, 1996; Silva & Mexia, 1997; Miller & Ben-Dov, 2010; Pellizzari & Germain, 2010).

A cet effet, plusieurs moyens de lutte ont été mobilisés afin de faire face à ces cochenilles, notamment, la lutte chimique et biologique. Les excès de la lutte chimique intensive ont démontré leur incapacité à éradiquer les ravageurs et l'induction de pullulation du ravageur (Gonzalez-Reguere & Bailly, 1932 ; Wolfenbarger, 1971 ; Milaire, 1986), et l'acquisition des résistances chez les organismes nuisibles. L'utilisation de la lutte chimique, ne cesse de polluer l'environnement, la santé humaine et voire même la diminution de la qualité gustative et nutritionnelle des fruits, sans oublier leur persistance dans l'environnement et les agroécosystèmes. Le développement de cette lutte, génératrice de déséquilibres fauniques particulièrement sensibles au niveau des cochenilles par élimination d'une partie de l'entomo-faune auxiliaire.

Quant à la lutte biologique, sa place reste très faible, à présent, que ce soit à l'échelle nationale ou régionale, même si un pourcentage non négligeable d'agriculteurs ont déjà une certaine connaissance sur l'existence de la faune auxiliaire. Les agents de lutte biologique contre les cochenilles sont divisés en deux principaux groupes, les parasitoïdes et les prédateurs. Le plus grand nombre de parasitoïdes utilisés en lutte biologique, appartient à l'ordre des Hyménoptères (Balachowsky, 1927 ; Gonzalez-Reguere & Bailly, 1932 ; Gerson, 1981 ; Friend, 1947 ; Franco et *al.*, 2004 ; Garcia-Mari, 2012). Les prédateurs représentés en grande partie par les Coléoptères sont des prédateurs efficaces des cochenilles (Colomb-Bechar, 1926).

En Algérie, en dépit de l'importance de ces ravageurs, peu d'études ont été menées sur leur diversité, leur biologie et leur comportement. Les travaux d'inventaire sur les Coccoidea ont commencé pendant la période coloniale en 1867 par Biosduval et autre jusqu'à 1911 où le docteur Trabut donna le premier aperçu sur la faune nord-africaine en publiant le « Catalogue des cochenilles observées en Algérie ». Et Ils se sont poursuivis par Balachowsky (1926-1958), Balachowsky & Richardeau (1942) puis Benassy (1975).

En Kabylie, également peu d'études ont été faites sur les Coccoidea. Seules quelques régions de la Kabylie ont été citées par Balachowsky (1927) dans sa contribution à l'étude des Coccides de l'Afrique mineure, qui sont Azazga et Yakouren. A l'heure actuelle, nous avons les travaux de Belguendouz & Biche (2015) sur la famille des Diaspididae, réalisés de 2003 à 2005. Avec les échanges commerciaux nationaux et internationaux d'autres espèces de Coccoidea ont fait leur apparition en Algérie (Haddad & Sadoudi, 2017).

Avant de bâtir un programme de lutte contre les ravageurs, il est important de connaître la dispersion spatiale et temporelle des insectes dans une région (Debouzie & Thioulouse, 1986). La répartition spatiale des espèces animales et végétales dans un habitat donné, est utile à connaître l'inventaire d'espèces et l'estimation des dégâts (Debouzie et *al.*, 1987 cités par Bouktir, 2003).

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre d'une étude exploratoire du phénomène ravageur (Hemiptera : Coccoidea) des agrumes et une prospection des vergers sur toutes les espèces de cochenille présentes au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou. Dans ce contexte, nous allons tenter d'étudier l'évolution des populations femelles adultes vivantes, parasitées, prédatées et mortes naturellement des espèces inventoriées au cours de l'année, en tenant compte des paramètres divers à savoir, la diversité des vergers d'agrumes, l'organe végétal et les positions sur l'arbre en fonction des orientations cardinales.

Cette étude est axée sur la dynamique des populations femelles de cochenilles sur les agrumes en Kabylie. Ce qui nous permettra d'élaborer une bonne stratégie de gestion et de suivi de ces ravageurs. Enfin, il sera utile et nécessaire d'étudier les facteurs de mortalités (parasitisme, prédation et mortalité naturelle) et de recenser les régulateurs biologiques (prédateurs et parasitoïdes) présents en Kabylie dans une éventuelle lutte durable alternative à la lutte chimique, pour une culture biologique saine, respectueuse de l'environnement et de la santé humaine.

L'idée principale de notre thèse s'inscrit justement dans la proposition de ce mode de régulation qui, à notre sens, constitue une solution écologiquement saine et socialement équitable. De ce fait, la problématique centrale de cette présente recherche est de savoir en quoi justement la solution biologique de lutte contre ces ravageurs (Cochenilles) est-elle porteuse à l'effet de redynamiser l'activité agrumicole au niveau de la zone étudiée ?.

Pour tenter d'apporter des éléments de réponse à nos préoccupations et interrogations, nous émettons les hypothèses suivantes :

**Hypothèse 1 :** Le choix d'une solution de lutte contre les cochenilles des agrumes est conditionnée par l'inventaire de ces espèces de ravageurs et la distribution spatiotemporelle de leurs populations.

**Hypothèse 2 :** La solution biologique contre les cochenilles est plus efficace pour la sauvegarde des vergers agrumicoles et leur production.

La mise au point de ces deux hypothèses nécessite une méthodologie bien structurée, basée sur le choix des vergers d'agrumes commerciaux expérimentaux. Nous avons choisi huit vergers d'agrumes appartenant aux cinq régions dont : Irdjen avec trois vergers (oranger Thomson, clémentinier et citronnier Vart : Eureka), Tazmalt avec un verger (oranger Thomson), Freha et Chamlal aussi avec un verger de chacun respectivement l'oranger Washington et le clémentinier et enfin Chabane avec deux vergers (oranger Thomson et citronnier Vart : Eureka), étudiées pendant deux ans en, allant du mois de Janvier 2014 jusqu'au mois de Décembre 2015. Au total, 1440 échantillons ont été collectés pour 84240 organes végétaux analysés durant 288 sorties effectuées sur le terrain sur un intervalle de 10 jours.

Dans la première hypothèse portant sur l'inventaire et la distribution des populations de cochenilles sur les agrumes, nous procédons au premier temps sur le terrain à un échantillonnage au hasard de deux feuilles, un rameau et un fruit (quand il est présent) par direction cardinale ainsi qu'au centre de l'arbre à échantillonner, puis au dénombrement des individus femelles adultes au laboratoire en fonction des paramètres à étudier.

Le dénombrement des individus parasités, prédatés et morts naturellement ont fait l'objet de la deuxième hypothèse sur les régulateurs biologiques par la récolte de cette faune auxiliaire sur le terrain

La présente étude, est divisée en trois parties, dont la première est une synthèse bibliographique scindée en deux chapitres respectivement la filière agrumicole et son développement en Algérie, et les cochenilles des agrumes (Insectes : Hemiptera : Coccoidea). Puis la deuxième partie porte sur les moyens et les méthodes utilisés afin de réaliser ce travail et enfin la troisième partie où les résultats sont exposés et discutés. Finalement, nous terminons cette étude par une conclusion générale et perspectives de notre recherche.

**Partie I**  
**Synthèse bibliographique**

# **Chapitre 1**

## **La filière agrumicole et son développement en Algérie**

## 1. Aperçu sur les agrumes

### 1.1. Origine et historique

Les agrumes sont originaires d'Asie sud tropicale et plus particulièrement d'une zone allant du Nord-est de l'Inde jusqu'au nord de l'Indonésie et le sud de la Chine. Cette culture s'est intensifiée à l'échelle mondiale au cours des XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> siècles, et couvre aujourd'hui plusieurs millions d'hectares.

L'agrumiculture des pays du bassin méditerranéen est diversifiée tant au niveau des variétés cultivées (clémentine, oranges, pomelos, citron...) que dans leur commercialisation (fruits frais, jus, cosmétiques, plants d'ornement, huiles essentiels...) où les premières importations des agrumes en zone Méditerranéenne remonterait au III<sup>ème</sup> siècle av. J.-C. lors des échanges commerciaux avec l'Asie, à partir du X<sup>ème</sup> siècle, que les génois et les Portugais introduisent dans le bassin méditerranée l'oranger, le bigaradier (l'oranger amer) et le citronnier (Freeborn, 1931 ; Reuther et *al.*, 1967 ; Swingle & Reece, 1967 ; Webber, 1967 ; Praloran, 1971 ; Tanaka, 1977 ; Walter et *al.*, 1989 ; Camille et *al.*, 2013). Actuellement, le bassin méditerranéen est considéré comme le tremplin de la diffusion de la culture des agrumes à travers le monde.

### 1.2. Position systématique

Le terme « Agrume », utilisé au même titre que les « *Citrus* » et « Aurantiacées », provient du latin « *Acrumen* » qui désignait les arbres à fruits acides (Herrero et *al.*, 1996 ; Herrero et *al.*, 1996 ; Salhi, 1992 ; Benediste & Baches, 2002). Ces arbres sont cultivés, d'abord, pour leurs parfums puis pour leurs fruits (Zouauoi, 1997). La classification des agrumes selon Praloran (1971), est comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Angiosperma

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Rosidae

Ordre : Sapindales

Famille : Rutaceae

Tribu : Citreae

Genre : *Citrus*

Les agrumes sont composés de plusieurs espèces de la famille des Rutacées qui se répartissent en trois principaux genres : *Citrus*, *Fortunella* et *Poncirus* (Trabut, 1902 ; Mabblerley, 1997 ; Ollitrault et al., 2000 ; Saunt, 2000, Loro et al., 2011 ). Le genre *Citrus* est le plus important et est représenté par l'oranger, le citronnier, le mandarinier, le pomelo, le bigaradier et le cédratier. Les espèces du genre *Fortunella* produisent des fruits qui se dégustent avec la peau, représenté par le Kumquat alors que le genre *Poncirus* ne produit pas de fruits consommables : il est représenté par *Poncirus trifoliata* utilisé comme porte greffe (Tuzcu, 1990 ; Singh & Schoroeder, 1962 ; Saunt, 2000 ; Jacquemond et al., 2013 ; Soler-Aznar & Soler-Fayos, 2006).

Le nombre d'espèces dans chaque genre, en particulier le genre *Citrus*, très complexe, est sujet à controverse et varie en fonction des botanistes : pour l'américain Swingle (1943), il n'y aurait que 16 espèces de *Citrus*, alors que le japonais Tanaka (1957) en recense pas moins de 157 espèces cultivées depuis des milliers d'années.

### 1.3.Variétés les plus productives

A l'heure actuelle, de nouveaux hybrides apparaissent régulièrement sur les marchés mondiaux de l'agrumiculture. Nous présentons, les espèces et les variétés les plus importantes économiquement et les plus productives en monde et en Algérie telle que l'oranger variétés Thomson et Washington, le pomelo, le clémentinier, le citronnier variété Eureka, le pamplemousse et le mandarinier (Annexe 1a, b) dont l'origine génétique est comme suit :

**Les oranges douces** (*Citrus sinensis*) :c'est une variété traditionnelle, très appréciée par le consommateur pour ses qualités gustatives. Elle découlerait de plusieurs croisements successifs entre hybrides interspécifiques (pamplemoussier - mandarinier) (Baha, 2009 ; Soler-Aznar & Soler-Fayos, 2006 ; Jacquemond et al., 2013), tandis que le bigaradier serait un hybride direct entre pamplemoussier et mandarinier.

**Le pomelo** : il est apparu dans les Caraïbes vers le XVIII<sup>ème</sup> siècle, et résulterait d'une combinaison hybride naturelle entre oranger et pamplemoussier (Praloran, 1975 ; Soler-Aznar & Soler-Fayos, 2006 ; Jacquemond et al., 2013).

**Le clémentinier** (*Citrus clementina*): il est apparu en Algérie à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, à la suite d'un croisement naturel entre un mandarinier et un oranger (Jacquemond et al., 2013 (l'Annexe 2 rapporte plus d'informations sur le clémentinier).

**Le citronnier** (*Citrus limon*): il découlait d'une hybridation entre un bigaradier et un cédratier (Rebour, 1966 ; Soler-Aznar & Soler-Fayos, 2006 ; Jacquemonde et *al.*, 2013).

## 2. Aperçu général sur l'agrumiculture en Algérie

Le programme algérien de développement agricole durable classe l'agriculture comme une priorité dans la nouvelle politique agricole du pays. La filière agrumicole a bénéficié d'une relance grâce à des mesures incitatives aussi bien financières, socioéconomiques, technico-scientifique qu'organisationnelles. Ce renouveau de l'économie agricole et rurale vise l'augmentation et l'amélioration qualitative de la production pour la satisfaction des besoins de la population et l'exportation.

### 2.1.Importation et exportation des agrumes

En Algérie, la culture des agrumes était une filière stratégique dans les différents plans ayant marqué le processus de développement post indépendance. Elle est passée du statut d'exportateur pendant les années 1970 particulièrement à celui d'importateur. A titre illustratif, l'Algérie a pu exporter plus de 400 000 tonnes d'oranges dans les années 1950 (George, 1969). La dernière exportation, qui remonte au début des années 1980, était de 125 000 tonnes (MADRP, 2016).

S'agissant des importations des agrumes, le pays n'a pas recours aux importations en 2018, ceci est dû, en partie, à l'autosuffisance mais également à la politique nationale visant à réduire les importations.

Les exportations des agrumes se sont établies à 20.304 Dollars en 2017 contre 42.921 Dollars en 2016. Par catégories, les exportations des oranges ont totalisé un montant de 10.589 Dollars en 2017, soit 52% du total des exportations algériennes en agrumes (MADRP, 2018). Les exportations des mandarines se sont chiffrées à 8.351 Dollars alors que celles du citron ont été de 1.279 Dollars, dont les principaux clients sont les pays du Golfe.

Cependant, le marché de l'agrumiculture en Algérie est appelé à chercher des niches où vendre ses produits à des prix supérieurs à ceux de ses concurrents notamment la Tunisie et le Maroc dont 90% des exportations sont destinés à l'Europe, alors que l'Asie, principal acheteur de l'Algérie, importe des quantités très faibles notamment le Qatar qui est le premier client de l'Algérie en matière des agrumes avec une valeur de 8.943 Dollars (44% des exportations), suivi des Emirats arabes Unis avec 6.133 Dollars (30%) et Oman avec 5.104

Dollars (25%). Le marché avec ces pays peut être dû à l'absence d'une visibilité sur les capacités d'exportation de l'Algérie et la nécessité de répondre aux normes internationales notamment celles exigées par l'Europe.

## **2.2. Production des agrumes**

Selon les dernières statistiques (MADR, 2018), l'agrumiculture n'occupe que 0,7% de la surface agricole utile, pour une superficie totale de 67.190 ha dont 59.935 ha de superficie productive. Ceci se traduit par 63 861 ha soit 6,3% de la surface arboricole avec une production totale de 13.417.540 quintaux pour un rendement moyen de 197qx/ha. De ce fait, les rendements des agrumes en Algérie restent en dessous de la moyenne internationale et plus faibles que les rendements des pays voisins de la Méditerranée. En outre, en raison de leurs exigences en eau et qualité de sol, les agrumes sont localisés essentiellement dans les plaines irrigables à savoir ; la plaine de Mitidja (44%), le périmètre des wilayas de Mila et de Chlef (14%), la plaine de Safsaf (16%) (Mostaganem) et enfin la plaine de Habra (25%) (Mascara).

## **2.3. Consommation**

La consommation d'agrumes par habitant par an est de 33,3Kg. Elle est dominée par les oranges avec 25,1kg, suivies par les petits fruits (mandarines, clémentines) avec 06kg, le citron et lime avec 2,2kg, enfin, les pomélos et pamplemousse avec 0,06kg.

## **2.4. L'agrumiculture face aux problèmes du manque d'investissements**

Les potentialités sont sauvegardées pour assurer une agrumiculture moderne capable de satisfaire qualitativement et quantitativement les marchés intérieurs et extérieurs. De ce fait, l'agrumiculture constitue une filière importante dans la production agricole inscrite au plan quinquennal (2014-2019) qui prévoit :

- L'extension des vergers ;
- Le remplacement des vieilles plantations ;
- Le recours aux techniques modernes ;
- La mise en synergie de tous les facteurs ;
- La mise en place des comités interprofessionnels ;
- L'amélioration de la qualité ;
- La gestion des ravageurs (la cératite et les cochenilles) ;

La conjoncture mondiale impose, aujourd'hui, l'amélioration de la production qu'elle soit destinée à la consommation locale ou internationale. Aussi est-il préconisé de protéger la production en amont, et surtout savoir ce qu'on veut faire. Et c'est dans ce cadre qu'on doit développer l'agrumiculture en Algérie par l'identification des facteurs externes qui handicapent cette culture telles que les contraintes biotiques et abiotiques.

### **2.5. L'agrumiculture face aux contraintes abiotiques**

Les contraintes abiotiques majeures sont dues au problème du foncier ; la faiblesse d'intégration des différents segments de la filière ; le morcellement des exploitations et la vente sur pied de la production. Joindre à ceci, la vieillesse des vergers d'agrumes caractérisé par une faible cadence de renouvellement des plantations avec un niveau de productivité inférieur au seuil de rentabilité économique normative (de 30 à 40 tonnes/ha). Sans oublier, l'indisponibilité des ressources hydriques et les contraintes de l'insuffisance de l'application de l'itinéraire technique, d'où la nécessité d'utiliser des bonnes pratiques.

### **2.6. L'agrumiculture face aux contraintes biotiques « ravageurs »**

Les ravageurs des agrumes sont très diversifiés et ils représentent presque tous les ordres de la classe des insectes à savoir les Hémiptères, les Thysanoptères, les Orthoptères, les Hyménoptères, les Coléoptères, les Lépidoptères et les Diptères. A ceci, s'ajoutent la classe des Arachnides (Acariens), les Mollusques et les nématodes. Vu cette diversité nous allons nous intéresser aux principaux ravageurs de l'agrumiculture en Algérie. Les dégâts causés sont représenté dans l'annexe 3 (page 148-1151).

#### **2.6.1. Les pucerons**

Les pucerons (Hemiptera ; Aphidoidea) sont présents dans les vergers d'agrumes depuis très longtemps. Originaires de sud-est de l'Asie (Garcia-Mari, 2012), ils sont répandus à l'échelle mondiale (Talhok, 1975 ; Melia, 1993 ; Michaud, 1998 ; Lharco, 2006 ; Hermoso de Mendoza et *al.*, 2001). Ils causent des dégâts économiques très importants (Stroyan, 1961 ; Blackman & Eastop, 1984 ; Melia Masia, 2007). Les pucerons peuvent se trouver sur tous les organes, mais les colonies les plus importantes nous les trouvons sur les jeunes pousses et leur feuillage ainsi que les jeunes fruits (Barbagallo & Patti, 1986, Garcia-Mari, 2012). Les espèces les plus fréquemment rencontrées sur les agrumes sont le puceron vert *Aphis spiraecola*; le puceron noir *Toxoptera aurantii*, le puceron vert du pêcher *Myzus*

*persicae*, *Aphis citricida*, *Aphis craccivora* et *Aphis gossypii* (Tlhouk, 1975 ; Barbagallo & Patti, 1986 ; Jeppson, 1989).

Les dégâts des pucerons sont caractérisés par un enroulement, une déformation des feuilles et un ralentissement de la croissance des rameaux. Les premières apparitions sont observées dès le début de la première poussée végétative ; les dégâts peuvent être très importants au moment de la floraison et de la nouaison (Garcia-Mari, 2012). Les pucerons sécrètent un miellat qui attire les fourmis et provoque la formation de fumagine, une pellicule noire et grasse qui, non seulement empêche la photosynthèse mais se retrouve sur les fruits d'où une dépréciation de la récolte (Talhok, 1975 ; Garcia-Mari, 2012). Plusieurs générations se succèdent au cours d'une campagne dans des conditions favorables (humidité élevée et une température entre 20 et 25 °C). Durant les fortes chaleurs de l'été, les infestations sont moins nombreuses (Ebeling, 1959 ; Schwarz, 1998 ; Tsai & Wang, 2000).

### **2.6.2. La mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata***

Dans l'ordre des diptères, on réunit un grand nombre d'espèces qui se nourrissent des plantes cultivées. *Ceratitis capitata* (Tephritidae) est l'une des principales espèces d'intérêt économique dans le monde. Elle est originaire de l'Afrique subsaharienne d'où elle s'est étendue aux zones tropicales, tempérées et subtropicales (Balachowsky & Mesnil, 1953 ; Pigué, 1960 ; Vargas *et al.*, 1983 ; Nunez, 1987 ; White & Elson-Harris, 1992 ; Garcia-Mari, 2012). Elle est polyphage ; une centaine d'espèces de plantes hôtes a été dénombrée (Papadopoulos *et al.*, 1996) parmi lesquelles figurent toutes les espèces d'agrumes. C'est le ravageur qui cause le plus de pertes fruitières (White & Elson-Harris, 1992 ; Leonhardt *et al.*, 1994).

En Algérie, les variétés les plus touchées sont les clémentines et les orangers Navel. Lorsque les hivers sont doux et sans pluie, la pullulation augmente et les variétés de saison peuvent être détériorées par les piqûres et les pontes des œufs (Ruiz-Castro, 1945 ; Bodenheimer, 1951 ; Alija, 1993 ; Del Pino, 2000 ; Duyck & Quilici, 2002). Deux types de dégâts peuvent être causés aux fruits : ceux résultant des piqûres provoquées par les femelles pour déposer leurs œufs dans la cavité de ponte. Les tissus entourant cette cavité durcissent, deviennent grumeleux et noircissent ; l'épiderme prend alors une coloration jaunâtre, altérant la présentation du fruit. Très souvent aussi, le point de ponte favorise le

développement des champignons responsables de diverses pourritures ; ces fruits ne peuvent en aucun cas être conservés.

### 2.6.3. La Mineuse des feuilles des agrumes *Phyllocnistis citrella*

Cette mineuse est un micro lépidoptère (Gracillaridae) originaire du Sud-Est Asiatique (Hoy & Nguyen, 1995 ; Garcia-Mari, 2012) qui est signalée dans toutes les zones agrumicoles. Elle est considérée comme l'un des dangereux ravageurs dans le bassin méditerranéen (Hoy & Nguyen, 1995 ; Knapp et *al.*, 1995 ; Tena & Garcia-Mari, 2011, Garcia-Mari, 2012). Toutes les variétés confondues d'agrumes sont des hôtes potentiels. L'adulte est un petit papillon de 8 mm d'envergure ; la larve est de couleur jaunâtre et de forme aplatie avec une tête triangulaire (Ba-Angood, 1977 ; Garijo & Garcia, 1994 ; Badawy, 1997).

Les dégâts que nous rencontrons sur les jeunes feuilles de toutes les variétés d'agrumes sont des galeries sinueuses creusées par la larve dès l'éclosion de l'œuf pondu par la femelle tout près de la nervure centrale (Badawy, 1967 ; Murai, 1974 ; Farias Urrutia & Garcia-Mari, 2002). Les chenilles minent exclusivement l'épiderme des jeunes feuilles et des pousses tendres en cours de croissance. Les galeries se trouvent sur toute la surface des feuilles. De forme sinueuse et de couleur argentée, la mine est parcourue par une ligne médiane de couleur marron très foncée constituée par la solidification des excréments : les feuilles minées s'enroulent, jaunissent et tombent. La réduction de la surface foliaire cause de graves perturbations par le ralentissement de la photosynthèse et un arrêt de la croissance (Badawy, 1967 ; Murai, 1974 ; Zhang et *al.*, 1994 ; Garcia-Mari, 2012 ; Franco et *al.*, 2006 ; Tena & Garcia-Mari, 2011).

### 2.6.4. Les Aleurodes

Ils sont originaires de la partie tropicale et subtropicale de l'Amérique (DeBach, 1970 ; Garcia-Mari, 2012). Leur introduction dans la région méditerranéenne est très ancienne (Onillon, 1969 ; Onillon & Abbassi, 1973 ; Abbassi, 1975 ; Garido, 1978 ; Guerreiro, 1978 ; Magalhaes, 1979 ; Genduso & Liotta, 1980 ; Ulusoy & Uygun, 1996).

Deux espèces sont particulièrement présentes dans les vergers algériens ; *Dialeurodes citri* et *Aleurothrixus floccosus* (Maskell). La première espèce est présente dans les vergers algériens depuis 1982 (Argov, 1994), alors que la seconde est arrivée seulement au milieu des

années 1990. Les attaques se caractérisent, par l'excrétion d'un abondant miellat par les larves et de filaments cireux qui, en cas de fortes pullulations, apparaissent sous forme de couche blanchâtre et visqueuse assez épaisse à la face inférieure des feuilles (Garrido et *al.*, 1976 ; Atay & Sekeroglu, 1987 ; Argov, 1988 ; Rapisarda & Pavone, 1992). Ce miellat est rapidement couvert par un champignon (Onillon, 1977 ; Barbagallo et *al.*, 1986 ; Franco et *al.*, 2005 ; Garcia-Mari, 2011).

La ponction de la sève par des milliers de larves, cause une diminution de l'activité végétative, ce qui aboutit à l'affaiblissement des arbres. Dans le cas d'une infestation importante sur la poussée végétative de printemps, la floraison peut-être totalement absente donc une production fruitière réduite. Dans tous les pays, les agrumiculteurs ont dû recourir à une lutte biologique pour parasiter les larves de l'Aleurode floconneux par des lâchers de *Cales noacki* (Soler, 2000 ; Alonso, 2004 ; Soto et *al.*, 2004 ; Garcia-Mari, 2012).

### 2.6.5. Les acariens

Des ravageurs connus des agrumes, les acariens (Arachnida) sont les plus petits phytophages. Dans ce type de ravageur, nous distinguons, trois grandes familles, les Tydeidae, Phytoseiidae et Tetranychidae (Garcia-Mari et *al.*, 1986a ; Garcia-Mari, 2012), cette dernière est la plus importante économiquement (Jeppson et *al.*, 1975). Parmi les acariens présents sur les agrumes, les plus dangereux sont l'acarien tisserand *Tetranychus cinnabarinus*, l'acarien ravisseur *Hemitarsonemus latus* et l'acarien des bourgeons *Aceria sheldoni*. Originaires de Californie et du moyen orient selon les espèces, ils se trouvent, actuellement, répandues dans tous les agroécosystèmes du monde (Gomez-Clemente, 1951 ; Rambier, 1965 ; Talhouk, 1973 ; Jeppson et *al.*, 1973 ; Garcia-Mari & Del Rivero, 1981 ; Smith et *al.*, 1997 ; Smith Meyer, 1998 ; Pascual, 2007).

Les attaques des acariens tisserands débutent vers le mois de Mars, elles se localisent sur les jeunes feuilles des premières nouvelles pousses de l'année. Les fruits sont attaqués durant l'été et les endroits touchés présentent une décoloration bronzée. Les parties touchées de l'écorce deviennent liégeuses à la maturité des fruits ; les feuilles attaquées prennent une coloration vert clair. Les attaques des acariens des bourgeons interviennent essentiellement sur les organes fructifères, bourgeons à fleurs et jeunes fruits du citronnier. Les fruits qui arrivent à maturité présentent des malformations caractéristiques d'où le nom de fruits monstrueux (Planez, 1944 ; Jeppson et *al.*, 1975 ; Benfatto, 1980 ; Mico et *al.*, 1982 ; Leite de

Oliveira, 1994 ; Smith et *al.*, 1997 ; Smith Meye, 1998 ; Gerson, 2003 ; Gravena, 2005 ; Franco et *al.*, 2006 ; Garcia-Mari, 2011 ; Tena & Garcia-Mari, 2011).

### **2.6.6. Les cochenilles**

Les cochenilles (Hemiptera ; Coccoidea) sont les principaux ravageurs des agrumes en Algérie. Etant donné que ces ravageurs sont l'objet de notre travail, il est opportun de détailler leur présentation. C'est l'objet du chapitre suivant.

### **2.7.Stratégie et intervention**

Afin d'améliorer et d'augmenter la production des agrumes en Algérie, une combinaison des moyens est nécessaire pour une bonne stratégie à savoir :

- Améliorer la qualité du produit.
- Assurer la disponibilité des fruits frais par un étalement de la gamme.
- Appel à une gestion des propositions raisonnées de l'irrigation.
- Adopter un programme de développement concerté.
- Choix des zones et communes de développement.
- Choix du matériel adéquat.
- Arrachage des vieilles plantations.
- Extension du verger à 13 000 Ha.
- Equipement des vergers en système de fertigation.
- La mise en place d'une lutte intégrée contre les ravageurs.

**Chapitre 2**  
**Les cochenilles des agrumes**  
**(Hemiptera : Coccoidea)**

## 1. Aperçu général sur les cochenilles

Les cochenilles, que l'on considère parfois comme les plus évolués des Hémiptères et autrefois nommées « poux des plantes », sont des insectes recouverts soit d'un bouclier, soit d'une carapace cireuse, soit d'une sécrétion cotonneuse. Elles peuvent être nues.

D'après Takumasa et *al.* (2008), les cochenilles sont un groupe intéressant à étudier. En effet, les cochenilles colorantes sont commercialement produites dans des usines en Europe et aux Etats-Unis (Pérez Guerra & Kosztarab, 1992). Ainsi, l'arménienne rouge, colorant rouge obtenu de la cochenille *Porphyrophora hameli* Brandt, qui vit principalement sur les racines d'herbes en Arménie, a été largement utilisée pour la teinture des soies (Donkin, 1977b). D'autre part, *Saccharicoccus sacchari* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae) est d'une importance économique dans l'industrie du sucre (Inkerman et *al.*, 1986). Elle a été trouvée en grand nombre sur la canne à sucre cultivée commercialement en Australie (Ashbolt & Inkerman, 1990).

Par ailleurs, les cochenilles sont des agents de pertes de productions agricoles. Beaucoup d'entre elles sont d'importants ravageurs de l'agriculture (Miller et *al.*, 2005), des plantes fruitières, forestières et des plantes ornementales (Cahuzac, 1986 ; Khosla et *al.*, 2006). Elles peuvent causer des dommages économiques pour les plantes soit par l'alimentation directe ou en leur introduisant des sécrétions salivaires toxiques. Les cochenilles sont similaires aux autres Hémiptères piqueurs-suceurs tels que les aleurodes, les psylles et les pucerons par rapport à la façon dont ils utilisent leurs stylets (Gullan & Steffan, 2003 ; Bonani et *al.*, 2010) pour se nourrir de la sève des plantes (Takumasa et *al.*, 2008 ; Koga et *al.*, 2012).

## 2. Position systématique

Les cochenilles sont des insectes appartenant au règne animal (Balachowsky, 1927), dont la classification est comme suit :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous - embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous - Classe : Pterygota

Super - Ordre : Endopterygota

Ordre : Hemiptera

Sous - Ordre : Sternorrhyncha

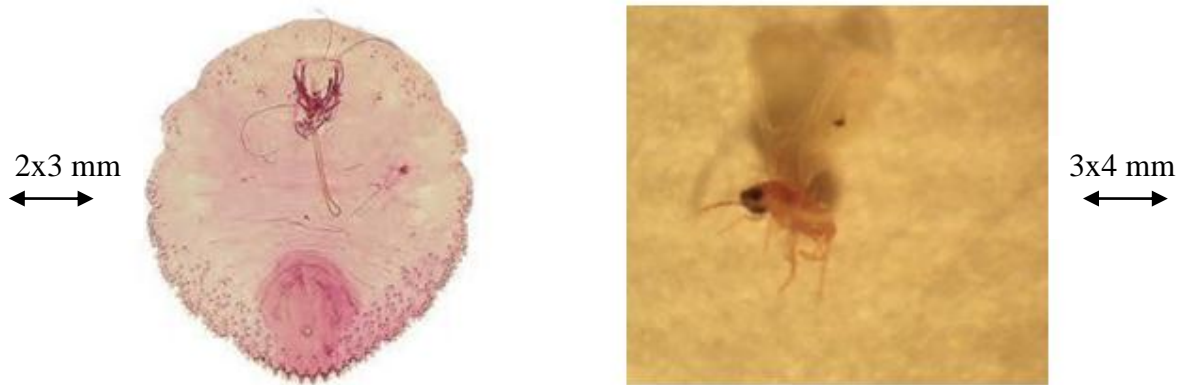
Super - Famille : Coccoidea

Cette super- famille (Coccoidea) constitue une des plus grandes des Hémiptères qui forme un groupe assez restreint d'insectes en termes de richesse en espèces. Elle comprend 32 familles (Takumasa et *al.*, 2008 ; Ben-Dov, 2010) et elle est divisée en deux groupes : les Neococcoids, auxquels appartiennent les Coccidae, les Diaspididae, ainsi que les Pseudococcidae (Koteja & Azar, 2008) et les Archaeococcoids qui comprennent les Margarodidae (Koteja, 2008). Elles sont réparties en plusieurs espèces morphologiquement très différentes : Les Diaspididae avec 2437 espèces à bouclier, les Pseudococcidae avec 2200 espèces à corps mou, les Coccidae avec 1117 espèces à carapace et les Margarodidae avec 375 espèces à pattes (Ricard et *al.*, 2012).

### 3. Morphologie et description

Ces ravageurs sont caractérisés par la présence d'un dimorphisme sexuel très marqué (Balachowsky, 1927- 1957 ; Ferrière, 1936 ; Piguet, 1960). Les femelles sont des insectes sédentaires et dépourvues d'ailes et de pattes pour quelques espèces (Figure 1), comme chez les célèbres cochenilles à bouclier ou Diaspines. Leur tête est fusionnée au thorax et porte des antennes composées de 1 à 13 articles pourvus de nombreux organes sensoriels. Les tarsi sont constitués d'un seul article, rarement deux, terminé par une griffe simple (Miller & Kosztarab, 1979 ; Ben-Dov, 1988; Gherbi, 2008). Les femelles adultes sont néoténiques ; elles ressemblent aux formes larvaires dont la longueur varie de 1 à 5 mm selon les espèces.

Les mâles, contrairement à leurs campagnes, sont de minuscules moucheron, de 2 mm de longueur au maximum. Ils présentent une tête, un thorax et un abdomen bien individualisés. Ils sont, le plus souvent, ailés (pourvus d'une paire d'ailes et d'une paire de balanciers) (Figure 1). Leur vie est très courte et se résume, en général, à un accouplement et n'excède pas quelques jours d'ailleurs chez certaines espèces, la multiplication se fait par parthénogenèse. Ils ne se nourrissent pas et n'ont pas d'appareil buccal.



**Figure 1** : Morphologie externe d'une cochenille cas de *Parlatoria ziziphi*, (Femelle à gauche; Mâle à droite) (Photos originales, 2016).

#### 4. Cycle de développement

La reproduction au sein de ce groupe est très hétérogène. Les cochenilles sont presque toujours ovipares mais certaines espèces sont ovovivipares (les œufs pondus sont déjà (embryonnés), et d'autres sont vivipares (Balachowsky & Mesnil, 1935). Ces insectes se reproduisent par voie bisexuée ou par parthénogenèse. Les deux modes peuvent d'ailleurs coexister chez une espèce ; ce qui permet l'apparition des lignées parthénogénétiques ou bisexuées (Balachowsky, 1939 ; Miller & Kostzarab, 1979 ; Takumassa et *al.*, 2008).

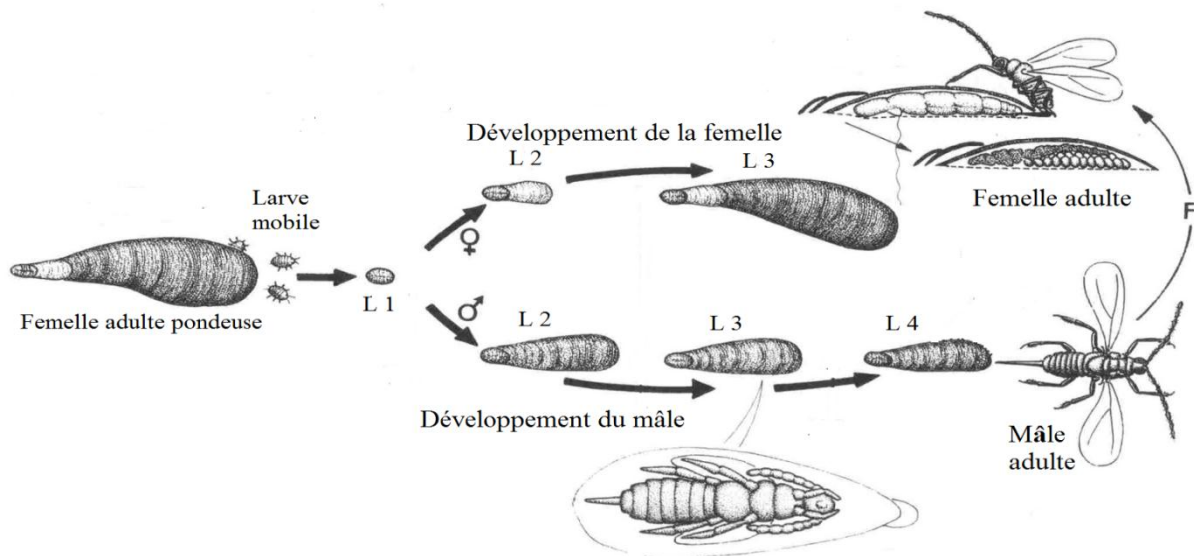
À l'émergence, les mâles sexuellement mûrs partent à la recherche des femelles, guidés par les phéromones synthétisées par ces dernières. Souvent, plusieurs mâles peuvent être observés sur une même femelle. Les deux sexes diffèrent par leur développement post-embryonnaire ; présence de 3 à 4 stades larvaires pour les femelles et 5 stades pour les mâles qui présentent des stades prénympheal et nympheal et dont le développement annonce celui des insectes les plus évolués notamment les Holométaboles (DeBach & Rosen, 1976 ; Foldi, 1990).

Le cycle de développement passe par trois principaux stades (figure 2) à savoir :

- **Stade œuf** : Les femelles (ovipares) pondent de 400 à 1000 œufs par an, selon les espèces, dans un ovisac ou sous des sécrétions.
- **Stade Larvaire** : les femelles passent par trois ou quatre stades larvaires : L1, L2 et L3 et éventuellement L4. Ces dernières ont un développement post-embryonnaire paramétabole (sans métamorphose), avec des larves ressemblant plus ou moins, dans la forme et le mode de vie, à des adultes miniatures. Les mâles passent par cinq stades : 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> stades

larvaires, puis stades prénymphé, nymphe et adulte ; ce qui les diffère de la femelle est que les mâles connaissent un développement post-embryonnaire holométabole (Balachowsky, 1927; Balachowsky, 1953 ; Beardsley & Gonzalez, 1975 ; Koteja, 1990 ; Garcia-Mari, 2012).

- **Stade adulte** : la femelle adulte est le plus souvent fixée alors que le mâle adulte est un insecte mobile qui ne vit qu'un à deux jours, le temps de se reproduire.



**Figure 2** : Cycle biologique d'une cochenille (Garcia-Mari, 2012).

Le potentiel de ces ravageurs, pour la plupart polyvoltins, est la persistance pendant toute l'année dans la frondaison assurant des niveaux de populations très élevés. Le nombre de générations diffère d'une espèce à une autre, généralement, il varie de 3 à 4 générations par an. Le développement des populations de ces espèces de ravageurs est fortement lié aux conditions du milieu. Lorsque ces conditions environnementales telles que le climat sont favorables, une 5<sup>ème</sup> et parfois même une 6<sup>ème</sup> génération peut se produire chez quelques espèces.

## 5. Régime alimentaire et plantes hôtes

Les cochenilles sont des insectes piqueurs-suceurs de la sève grâce à leurs pièces buccales qui sont transformées en rostre piqueur. Elles sont toutes phytophages et peuvent coloniser et exploiter toutes les parties de leurs plantes hôtes: racines, tronc, rameaux, feuilles, fruits et même les zones sous-corticales. Citant à titre d'exemple *Parlatoria ziziphi* (Diaspididae) qui vit exclusivement sur les agrumes alors que, certaines espèces sont connues pour leur gamme d'hôtes très large ; cas de *Parlatoria pergandii* qui s'attaque à plus de 36 familles de plantes hôtes. *Aonidiella aurantii*, *Coccus hesperidum* et *Planococcus citri*

sévissent sur 70 familles de plantes hôtes et plus (Bodenheimer, 1951 ; Pérez Ibanez & Lorens Climent, 1977 ; Miller & Davidson, 1990 ; Godfrey *et al.*, 2002 ; Franco *et al.*, 2006 ; Ben-Dov, 2010 ; Pellizari & Germain, 2010 ; Garcia-Mari, 2012).

## 6. Dégâts causés

Les cochenilles constituent un groupe de ravageurs particulièrement dangereux pour les agrumes car elles s'attaquent à toutes les parties aériennes de l'arbre (Quayle, 1914 ; Praloran, 1971 ; Blackburn & Millert, 1984 ; Salama *et al.*, 1985, Takumasa *et al.*, 2008).

Leur forte présence sur l'hôte engendre des dégâts d'ordre quantitatif et qualitatif. Ils se traduisent, généralement, par la décoloration et la chute prématurée des fruits ; la défoliation partielle accompagnée d'un dessèchement et d'un dépérissement des rameaux et des branches charpentiers ; le développement des champignons qui provoquent la fumagine suite aux rejets du miellat qui couvre l'organe végétal particulièrement le feuillage d'où la perturbation de la photosynthèse ; la diminution et l'altération de la qualité gustative des fruits ; la réduction de la production ; la déformation du fruit suivi d'une sclérisation et d'un arrêt de la croissance et l'affaiblissements des arbres fortement infestés (Balachowsky, 1932 ; Guillaume, 1952 ; Ebeling, 1959 ; Talhouk, 1975 ; Blackburn & Millert, 1984 ; Loussert, 1989 ; Garcia-Mari *et al.*, 2000 ; Franco *et al.*, 2004 ; Franco *et al.*, 2006 ; Thomsbury & Romano, 2007 ; Garcia-Mari, 2012). Leur simple présence sur les fruits déprécie leur qualité et baisse leur valeur marchande et économique du fait qu'elle résiste bien aux nettoyages au cours de leur conditionnement (Sigwalt, 1971 ; Benassy, 1975 ; Clément, 1981 ; Blackburg & Millert, 1984 ; Godfrey *et al.*, 2002 ).

Afin de faire face à tous ces dégâts, il est nécessaire de mettre en place une combinaison de moyens de lutte notamment la lutte intégrée.

## 7. Lutte intégrée

Elle consiste à combiner des moyens de lutte contre les organismes nuisibles en utilisant les outils mis à la disposition du producteur pour réduire les infestations à un niveau acceptable d'une manière économique et respectueuse de l'environnement. Ces outils comprennent la surveillance des cultures et un ensemble de méthodes de lutte culturale, physique, biologique et chimique (Franco *et al.*, 2004 ; Garcia-Mari, 2012). De même à identifier correctement un organisme nuisible, à connaître son évolution et le stade de son

cycle biologique le plus vulnérable, à établir des seuils d'intervention ainsi qu'à choisir des techniques de lutte appropriées et à évaluer leur efficacité.

Les cochenilles envahissantes et nuisibles sont difficiles à combattre en raison du bouclier cireux qui les protège. Une vigilance régulière est donc nécessaire pour éviter les attaques importantes. Cette nécessité est particulièrement ressentie en agrumiculture où la production de fruits sains, indemnes et attirants est maintenant un impératif économique. Dans le paragraphe suivant, nous présentons brièvement les différentes méthodes de la lutte intégrée.

### **7.1. Lutte culturelle et physique**

Les activités de lutte culturelle comprennent les précautions et les pratiques de gestion optimales qui aident à prévenir les infestations par les cochenilles (Ebeling, 1959 ; Takumassa et *al.*, 2008 ; Garcia-Mari, 2012). Voici quelques précautions à prendre en considération :

- Stériliser et désinfecter le matériel de reproduction des plants avant de le réutiliser ;
- Choisir uniquement des plants sains pour les boutures et le bois de greffe afin d'éviter des problèmes à l'étape de la production ;
- Enlever les matières végétales infestées et les organismes nuisibles (y compris les mauvaises herbes) des lieux de culture et des aménagements paysagers et les détruire ;
- Irriguer la terre si les pluies sont insuffisantes pour maintenir la vigueur de l'arbre ;
- Dans les aménagements paysagers, entourer les troncs d'arbre de ruban adhésif de manière à piéger les insectes ;
- Mise en quarantaine de nouveau matériel végétal reçu dans une pépinière à son arrivée (à bonne distance des secteurs de culture) et le garder en observation.

### **7.2. Lutte chimique**

La lutte chimique est difficile à raisonner, voire même pleine de risques. Les conséquences générées par ce moyen de lutte sont beaucoup plus néfastes que les avantages. Ces derniers sont axés uniquement sur l'utilisation d'un insecticide approprié et qui doit varier selon le type de cochenille et son cycle évolutif (Abdelrahman, 1973 ; Walker et *al.*, 1990 ; Davidson et *al.*, 1991 ; Garcia-Mari, 2012).

Avant de prendre des mesures précises contre les cochenilles d'appliquer cette lutte, il convient de déterminer le niveau d'infestation que l'agrumiculture peut tolérer (Davidson et

*al.*, 1991 ; Hernandez, 2003 ; Hernandez et *al.*, 2004). Ce niveau, appelé seuil d'intervention ou seuil de nuisibilité, dépend du nombre d'organismes nuisibles présents sur les arbres, de la proportion d'organes végétaux touchés ou du niveau d'infestation que l'arbre peut tolérer avant que la perte économique qui en découle soit égale au coût des traitements (seuil de nuisibilité économique).

La toxicité importante et la longue persistance dans l'environnement des produits chimiques, donnent lieu à de sérieuses préoccupations au sujet de la santé publique et de la pollution de l'environnement (Schuman, 1993 ; Pimentell, 2005). Ces substances peuvent aussi avoir des effets négatifs sur la production agricole si elles tuent les ennemis naturels des herbivores, ou d'induire la sélection des espèces de ravageurs résistants aux pesticides.

### 7.3. Lutte biologique

La lutte biologique est une méthode de la lutte antiparasitaire et de l'utilisation des ennemis naturels qui devrait être considérée comme l'épine dorsale de tout programme de lutte intégrée dans l'agrumiculture.

La lutte biologique améliorée et la production de masse d'ennemis naturels, sont devenues partie intégrante de la stratégie de lutte contre les ravageurs des agrumes dans le monde. En utilisant leurs ennemis naturels, qui peuvent être des micro-organismes (champignons, bactéries, virus), des animaux invertébrés (insectes, acariens, nématodes) ou un végétal (plantes répulsives), on ne vise pas l'éradication de l'espèce cible, mais la réduction durable de son effectif de manière à tenir les dommages à un niveau écologiquement et économiquement tolérables (Balachowsky, 1951 ; Coderre & Vincent, 1992 ; Meyer, 2002 ; Garcia-Mari, 2012).

La première utilisation référencée de la lutte biologique a été effectuée par les chinois aux environs de l'an 304 avant Jésus-Christ dans les vergers d'agrumes (Lambert, 2010). Les fermiers utilisaient des fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) comme des prédateurs qui consommaient une espèce de ravageurs pour protéger les fruits (Peng, 1983).

Dans la région méditerranéenne, les principaux projets de lutte biologique classiques mis en œuvre au cours d'un siècle ou deux figurent dans l'Annexe 6 par l'introduction et l'acclimatation de plusieurs ennemis naturels dans les vergers d'agrumes, venant de Californie et d'Australie. Cela reflète les dommages significatifs, que ce groupe d'organismes nuisibles cause aux agrumes.

# **Partie II**

## **Expérimentale**

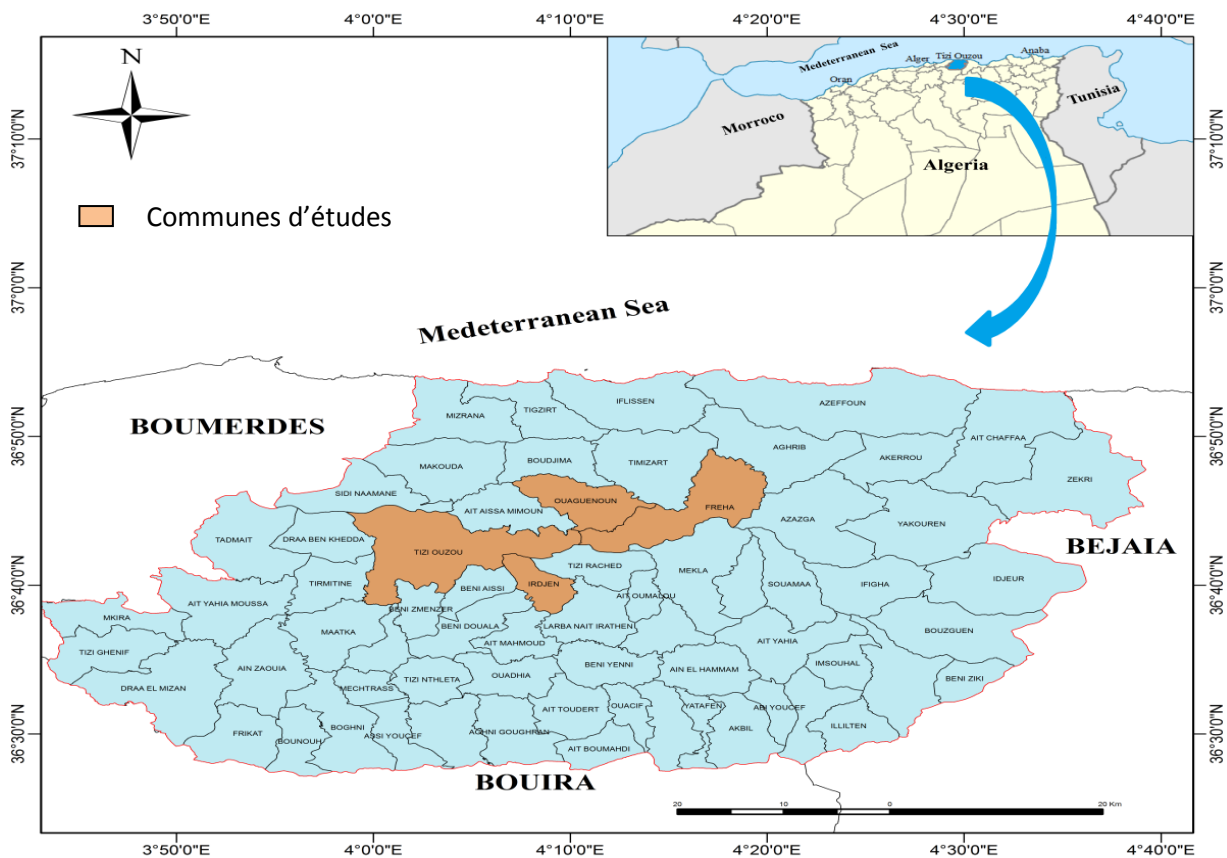
# **Chapitre 3**

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

Durant la période d'étude allant du mois de Janvier 2014 au mois de Décembre 2015, nous avons réalisé, dans une première partie, un inventaire sur les espèces de cochenilles ravageurs des agrumes en Kabylie puis dans une deuxième partie, nous avons procédé à l'étude de la distribution spatiotemporelle des espèces de cochenilles inventoriées et en troisième partie, nous avons effectué une étude sur la régulation des populations des cochenilles inventoriées.

### 1. Localisation de la zone d'étude

La région d'étude se situe au Nord de l'Algérie, plus précisément au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou, une région de la grande Kabylie située à l'Est de la capitale Alger dont elle est distante d'une centaine de Kilomètres. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranéenne, à l'Est par la wilaya de Bejaia, à l'Ouest par la wilaya de Boumerdès et au Sud par la wilaya de Bouira. Sa superficie est de 2970 Km<sup>2</sup> pour 67 communes (Figure 3). Parmi ces derniers, nous avons effectué notre travail dans quatre communes à savoir Tizi Ouzou, Ouagnoun, Freha et Irdjen.



**Figure 3 :** Situation géographique de la wilaya de Tizi Ouzou et des communes d'étude (Google Earth, 2017).

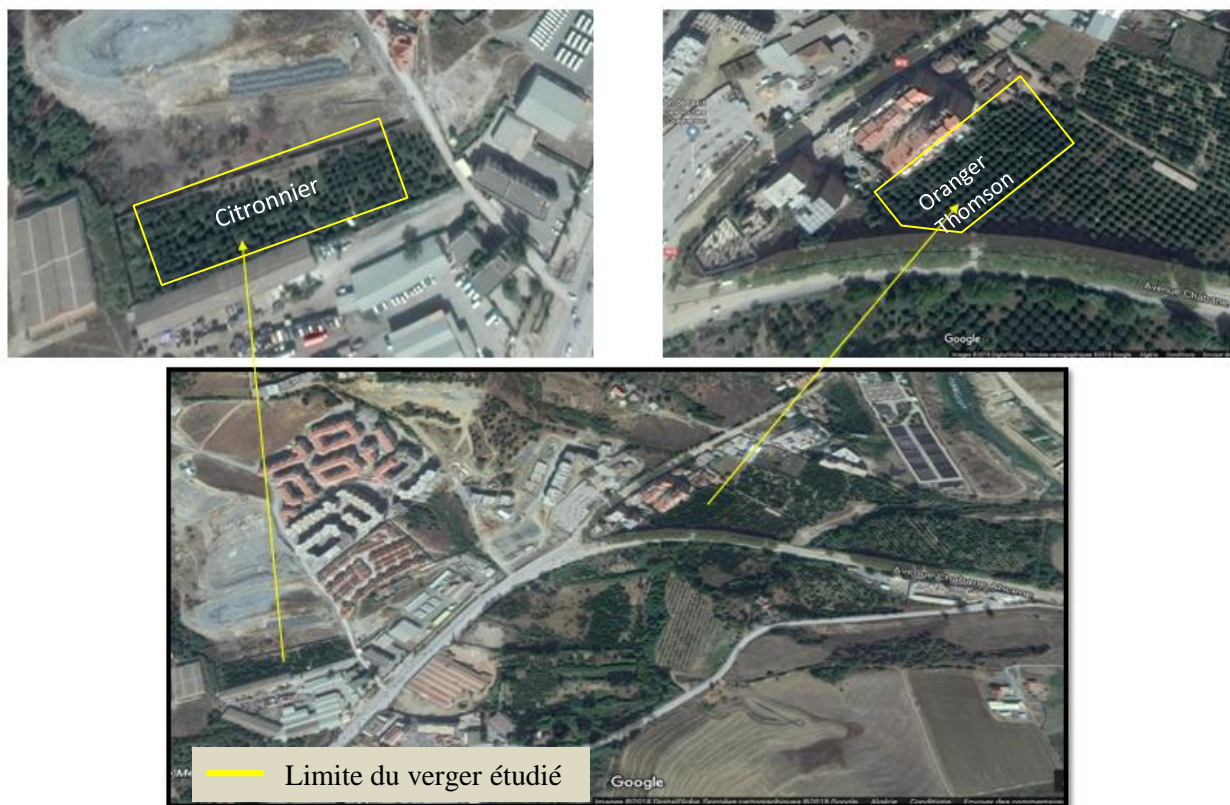
## 2. Description des vergers expérimentaux

Les huit vergers d'agrumes étudiés dans notre travail sont tous des vergers commerciaux des exploitations privées.

### 2.1. Description des vergers expérimentaux de la commune de Tizi Ouzou

Cette commune qui est le chef-lieu de la wilaya de Tizi Ouzou ( $X= 3^{\circ}58' 34'' E - 4^{\circ}10' 35'' E$  et  $Y= 36^{\circ}38'37''N-36^{\circ}46'23'' N$ ) est située à 30 Km de la côte méditerranéenne. Elle compte 135 088 habitants recensés en 2008, pour une superficie de 122,36 km<sup>2</sup>. Dans cette région, nous avons travaillé dans trois vergers d'agrumes de deux zones : Chabane et Chamlal.

- La zone de Chabane est située au Nord-Est de Tizi Ouzou à environ 3 km du chef-lieu. Nous avons choisi pour l'étude, un verger d'oranger variété Thomson et un verger de citronnier variété Eureka (Figure 4)



**Figure 4 :** Situation des vergers d'agrumes expérimentaux (oranger Thomson et citronnier) dans la zone de Chabane (Google Earth, 2017).

### 2.1.1. Entretien des vergers de la zone de Chabane

Le verger de citronnier est mal entretenu, la taille est quasiment absente l'irrigation est irrégulière. Le verger renferme 243 arbres avec une distance de plantation de 5 mètres entre les arbres entre les rangées avec un couvert de l'arbre de 2.5 mètres de diamètres. Cette structure de plantation est de type 5.5.2,5. De ce fait les arbres sont ombragés et étouffés (Figure 5).

Le verger de l'oranger Thomson est bien entretenu, la taille des arbres est réalisée et l'irrigation est régulière. Le nombre total d'arbres que compte ce verger est de 580 arbres. La structure de plantation est de type 5.5.2,5.



**Figure 5:** Vergers de la zone de Chabane: à gauche le citronnier et à droite l'oranger Thomson (Photos originales, 2015).

Les traitements chimiques et les fertilisants du sol ne sont pas utilisés depuis 5 ans, du mois de Mars 2011 au mois de Décembre 2015.

- La zone de Chamlal est située sur la route nationale N°12. Nous avons retenu dans le cadre du présent travail, un verger de Clémentinier, distant d'environ 4 Km du chef-lieu (Figure 6).



**Figure 6 :** Situation du verger expérimental (clémentinier) dans la zone de Chamlal (Google Earth, 2017).

### 2.1.2. Entretien du verger de la zone de Chamlal

Le verger du clémentinier de cette région est moyennement entretenu ; la taille des arbres avec une irrigation par inondation. La densité totale du verger est de 620 arbres d'oranger distants de 4 mètres et la structure de plantation est de type 4.4.2,5 (Figure 7). Le verger se situe dans une grande parcelle de millier de plans d'agrumes (citronnier, clémentinier, oranger Washington, oranger Thomson, oranger double fine...)



**Figure 7 :** Verger du clémentinier de la région de Chamlal (Photo originale, 2015).

Les traitements phytosanitaires sont réalisés deux fois par an, entre le mois d'Aout et le mois de Septembre par l'insecticide Ultracide 40, utilisé contre les cochenilles et le Damitole utilisé contre les aleurodes et les acariens.

## 2.2. Description du verger expérimental de la commune d'Ouagnoun

Dans cette commune, précisément à Tazmalt, nous avons travaillé dans un seul verger d'oranger Thomson (Figure 8). Cette commune compte 20 268 habitants pour une superficie de 36,3 Km<sup>2</sup> et elle est située à environ 10 km au Nord-Est de Tizi Ouzou (X= 4°10'59 '' E - 4°17'32''E et Y= 36°44'57''N - 36°50'47'' N).



**Figure 8 :** Situation du verger expérimental (Oranger Thomson) dans la zone de Tazmalt (Google Earth, 2017).

### 2.2.1. Entretien du verger

Dans cette région, nous avons pris un verger de 225 arbres sur un total de 300 arbres. Le verger est situé à côté d'une grande parcelle d'oranger qui renferme 700 arbres. Le verger est très bien entretenu ; le labour du sol est mécanique, la taille est manuelle avec une irrigation de type goutte à goutte (Figure 9). Les traitements phytosanitaires et les fertilisants ne sont pas utilisés par contre, il y'a un apport de produits naturels et traditionnels tels que le fumier de vache.



**Figure 9** : Verger d'oranger Thomson de la région de Tazmalt (Photos originales, 2015).

### 2.3. Description du verger expérimental de la commune de Freha

Un seul verger d'agrumes qui est l'Oranger de la variété Washington (Figure 10), a fait l'objet de l'étude dans cette commune, située à 31 Km de l'Est de Tizi Ouzou ( $X=4^{\circ}10'22''\text{E}-4^{\circ}20'2''\text{E}$  et  $Y=36^{\circ}42'8''\text{N}-36^{\circ}49'10''\text{N}$ ). Elle compte une population de 24 228 habitants recensés en 2008, pour une superficie de 68,55 km<sup>2</sup>.



**Figure 10** : Situation du verger expérimental (Oranger Washington) dans la région de Freha (Google Earth, 2017).

### 2.3.1. Entretien du verger

L'entretien consiste en un désherbage manuel et un labour mécanique, la taille des arbres et l'irrigation par inondation. La densité totale de la parcelle est de 680 arbres plantés selon le type 6.5.2,5 (Figure 11). Les traitements chimiques sont absents.



**Figure 11** : Verger d'oranger Washington de la région de Freha (Photo originale, 2015).

### 2.4. Description des vergers expérimentaux de la commune d'Irdjen

Trois vergers d'agrumes (Oranger Thomson, Citronnier var Eureka et Clémentinier) sont retenus dans cette commune (Figure 12). Elle est située à environ 20 km au Sud-Est de Tizi Ouzou ( $X=4^{\circ}06'30''\text{ E} - 4^{\circ}10'22''\text{ E}$  et  $Y=36^{\circ}38'2''\text{ N} - 36^{\circ}42'7''\text{ N}$ ). Elle compte une population de 13 149 habitants pour une superficie de 21,24 km<sup>2</sup>.



**Figure 12 :** Situation des vergers expérimentaux de la région d'Irdjen (Google Earth, 2017).

#### 2.4.1. Entretien des vergers

Les trois vergers de cette région bénéficient d'entretiens qui consistent en un désherbage manuel et un labour mécanique, la taille des arbres et une irrigation par inondation. Nous avons remarqué dans ces vergers que les arbres sont très denses au centre. Le type de plantation dans le verger de citronnier est de 4 mètres entre les rangées, 3 mètres entre les arbres et 2,5 mètres pour le diamètre du couvert de l'arbre (Figure 13). Pour les vergers d'oranger Thomson et de clémentinier, les types des plantations sont respectivement 5.4.3,5 et 4.4.3,5 (Figure 14).



**Figure 13** : le verger de citronnier de la région d'Irdjen (Photos originales, 2015).

Le sol est très riche en fertilisants (N.P.K). Les traitements chimiques sont utilisés deux fois par année en utilisant les insecticides Ultracide 40 et Diméthoate 40 EC contre les cochenilles et les acariens. Les huiles d'hiver sont également appliquées.



**Figure 14** : les vergers d'oranger Thomson et de clémentinier de la région d'Irdjen (Photos originales, 2015).

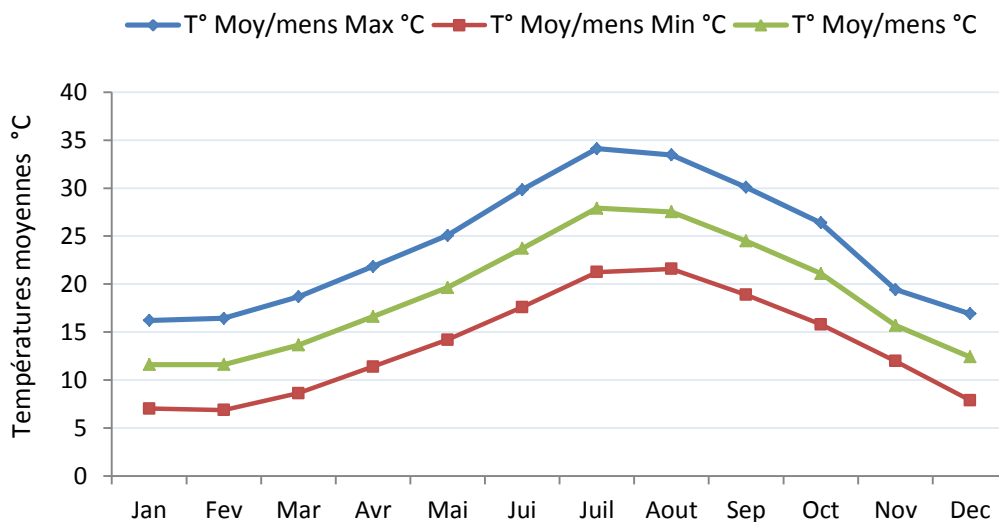
### 3. Caractéristiques climatiques de la wilaya de Tizi Ouzou sur un intervalle de 10 ans (de 2006 à 2016).

Le climat, particulièrement les températures et l'humidité, constituent des facteurs importants dans l'étude de la dynamique des populations, car ils conditionnent la répartition géographique et les activités biologiques (nutrition, ponte, etc.) des insectes (Ramade, 1984 ; Delrio, 1985 ; Dajoz, 2000). C'est pourquoi, nous avons réalisé une synthèse climatique de la région d'étude.

#### 3.1. Températures

##### 3.1.1. Variation des températures moyennes mensuelles

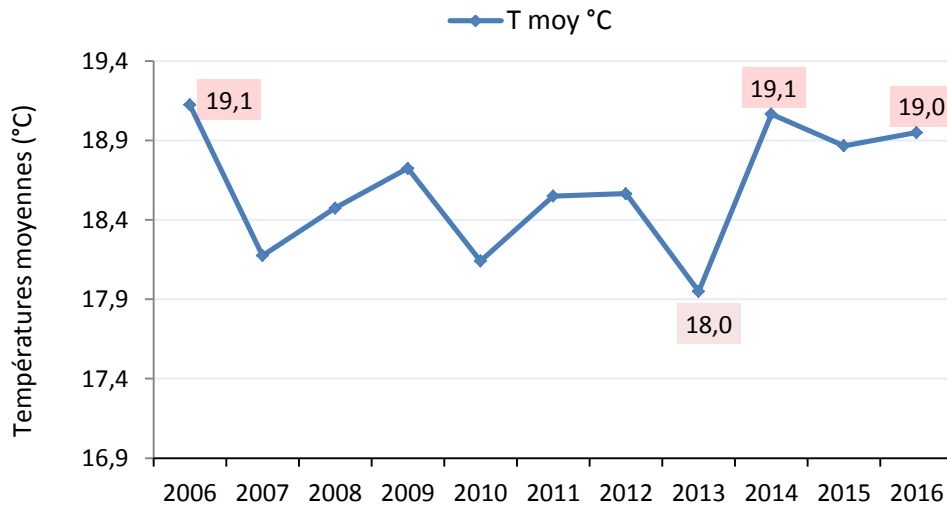
Les fluctuations des températures moyennes mensuelles ( $T^{\circ}\text{Moy/mens } ^{\circ}\text{C}$ ) de la wilaya de Tizi Ouzou (Figure 15), atteignent leur maximum au mois de Juillet avec  $27.9 ^{\circ}\text{C}$  puis elles diminuent progressivement pour atteindre  $11.6 ^{\circ}\text{C}$  au mois de Janvier. Quant aux températures moyennes mensuelles minimales ( $T^{\circ}\text{ Moy/mens Min } ^{\circ}\text{C}$ ), elles augmentent progressivement de  $6.8^{\circ}\text{C}$  au mois de Février comme la plus basse température moyenne jusqu'à  $21.6^{\circ}\text{C}$  au mois d'Août. Quant aux températures moyennes mensuelles maximales, elles sont enregistrées en plein été durant le mois de Juillet avec  $34.1^{\circ}\text{C}$ .



**Figure 15 :** Variation des températures moyennes mensuelles, moyennes mensuelles minimales et moyennes mensuelles maximales de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006-2016 (O.N.M de T.O, 2017)

### 3.1.2. Variations des températures moyennes annuelles

D'après la figure 16, la température moyenne annuelle maximale atteint les 19,1°C enregistrée durant les années 2006, 2014 et 2016, la température moyenne annuelle minimale est obtenue en 2013 avec 18,0°C.



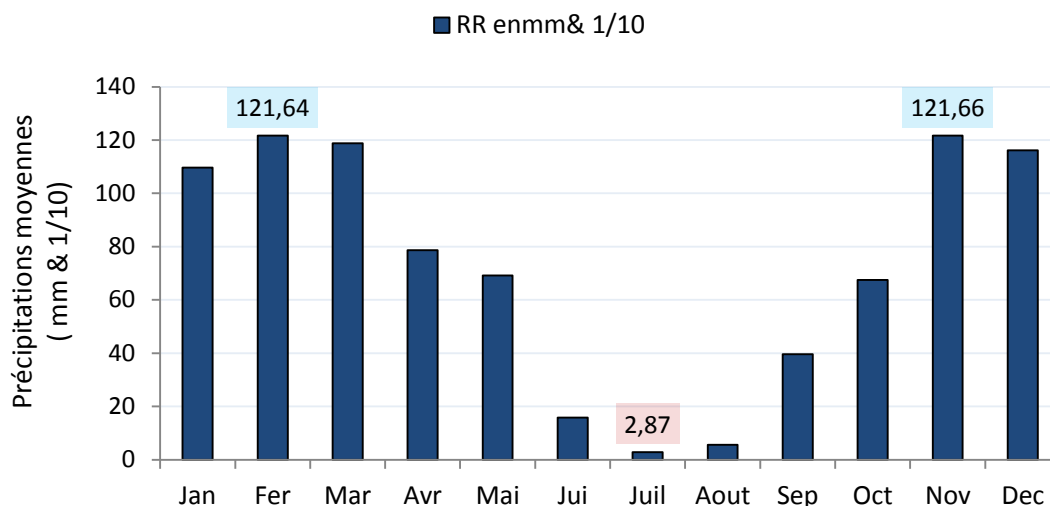
**Figure 16:** Variation des températures moyennes annuelles de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006 à 2016 (O.N.M de T.O, 2017).

## 3.2. Pluviométrie

La pluviométrie est un facteur écologique essentiel. Avec la température, elle conditionne les climats terrestres, la nature et le fonctionnement des écosystèmes, leur productivité primaire, etc.

### 3.2.1. Variations des précipitations moyennes mensuelles

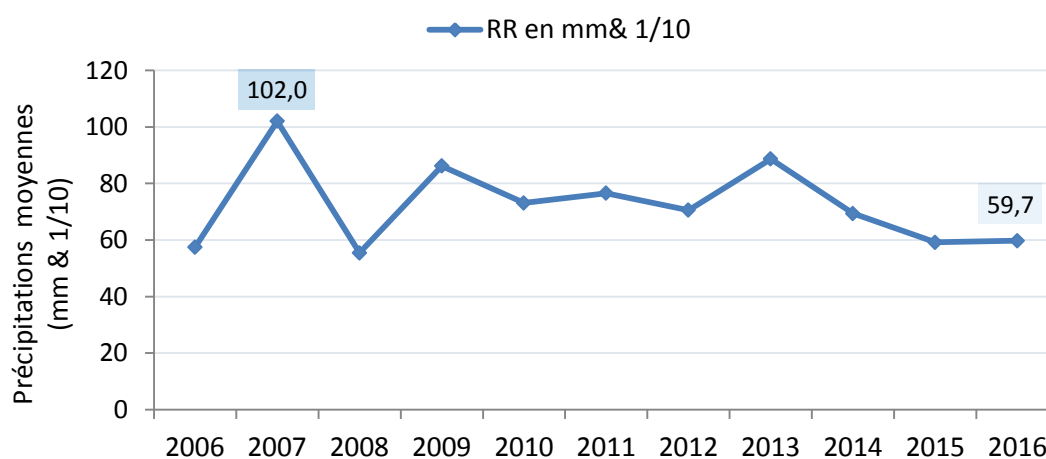
En général, la plupart des précipitations tombent en Algérie entre les mois d'octobre et Avril. Le régime des précipitations est méditerranéen, avec un minimum en été et un maximum en hiver. Dans la figure 17, la moyenne mensuelle minimale recensée en juillet, le mois le plus sec, avec 2,9 mm. Par contre, les moyennes mensuelles maximales se concentrent durant la saison froide, en novembre et février avec 122 mm.



**Figure 17 :** Variations des précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006 à 2016 (O.N.M de T.O, 2017).

### 3.2.2. Variations des précipitations moyennes annuelles

Durant la période allant de 2006 à 2016, les précipitations moyennes annuelles marquent des variations importantes, elles atteignent 102 mm en 2007 comme l'année la plus pluvieuse, puis diminuent au cours de ces dernières années jusqu'à 59,7 mm en 2016 (Figure 18).

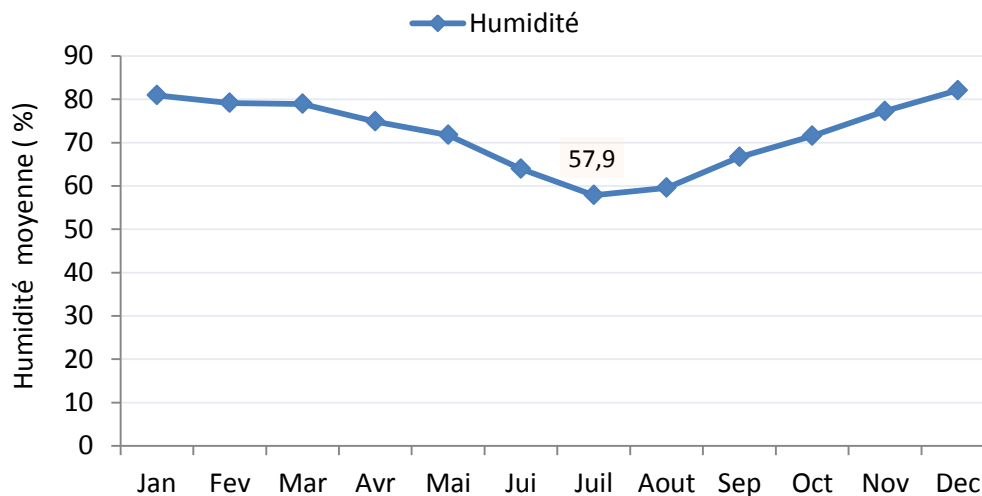


**Figure 18 :** Variations des précipitations moyennes annuelles de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006 à 2016 (O.N.M de T.O, 2017).

### 3.3. Humidité relative

#### 3.3.1. Variation de l'humidité moyenne mensuelle

Le pourcentage moyen mensuel minimal de l'humidité, d'après la figure 19, est enregistré durant le mois de juillet avec 57,9 %. Ce dernier augmente progressivement pour atteindre son maximum au mois de décembre avec 82,1%. Nous constatons que la moyenne mensuelle de l'humidité est très basse durant la saison sèche et importante durant la saison pluvieuse.

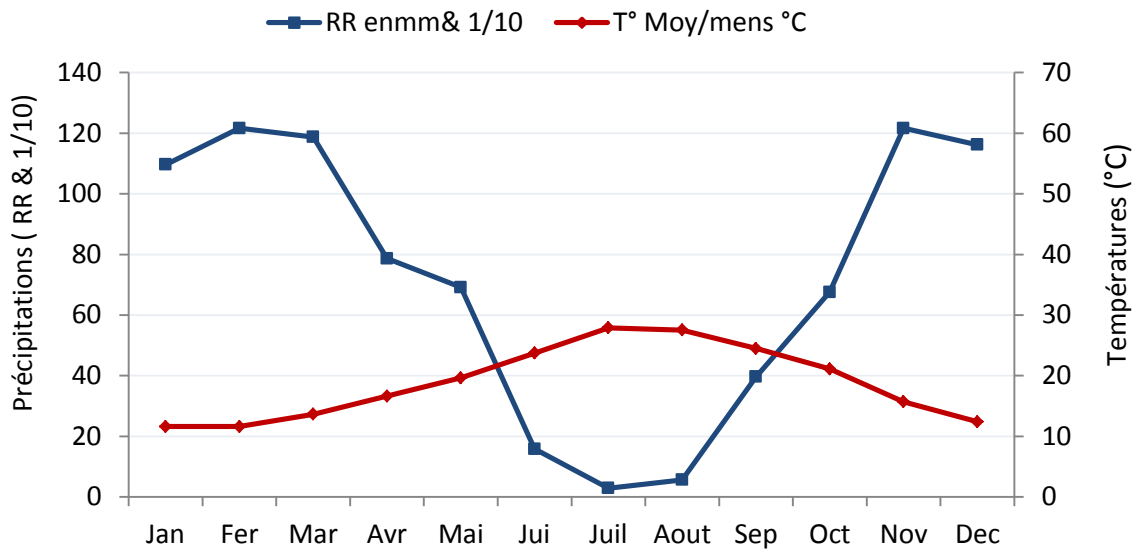


**Figure 19 :** Variations de l'humidité moyennes mensuelles de la wilaya de Tizi Ouzou de 2006 à 2016 (O.N.M de T.O, 2017).

## 4. Synthèse climatique

### 4.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Dans la figure 20, nous avons tracé le Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la wilaya de Tizi Ouzou établi à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées de l'année 2006 à 2016. Ce diagramme permet de définir les périodes sèche et humide de l'année. La période sèche est déterminée lorsque le total des précipitations (P), en mm, est égal ou inférieur au double de la température, en °C, autrement dit  $P \leq 2T$ .



**Figure 20 :** Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la wilaya de Tizi Ouzou durant la période 2006 – 2016 (O.N.M de T.O, 2017).

La saison sèche de la wilaya de Tizi Ouzou durant la période de 2006 – 2016 s'étale du début de Juin jusqu'à la fin de Septembre. Nous constatons que durant cette saison, le mois de Juillet est le plus sec avec une quantité de pluie qui ne dépasse pas 2,87 mm pour une température élevée de 27,91°C.

#### 4.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Ce climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q), de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique. Il tient compte des précipitations et des températures, il est déterminé comme suit :

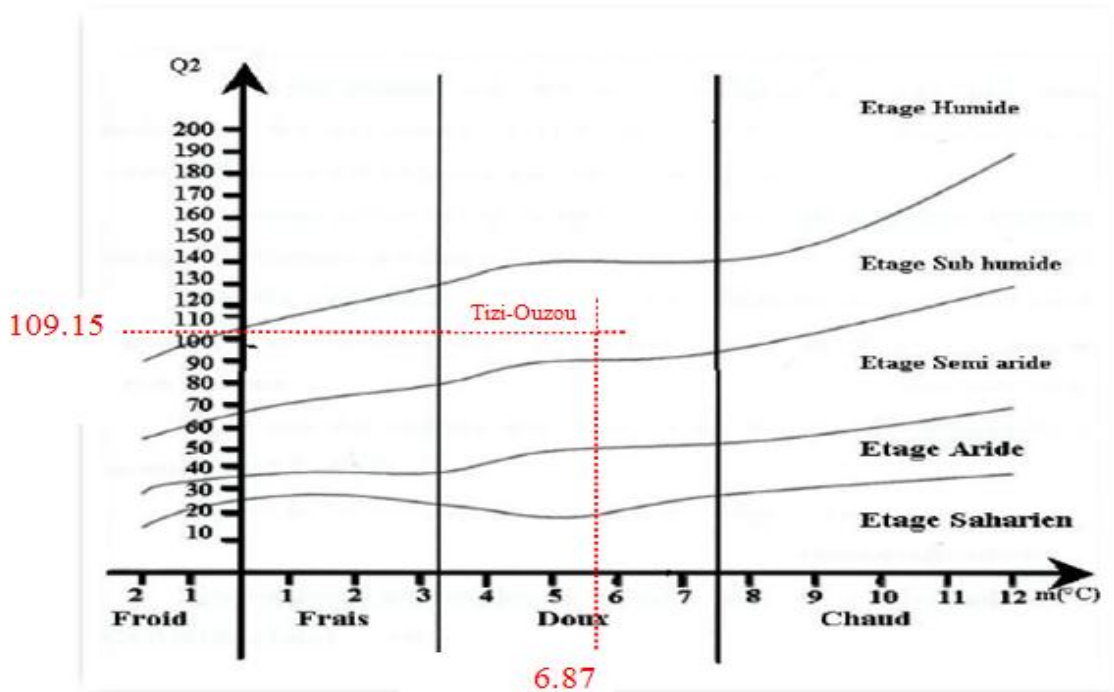
$$Q_2 = 3,43 P / (M - m)$$

P : moyenne des précipitations des années prises en considération exprimé en mm.

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimé en C°.

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimé en C°.

Après l'application de la formule, nous obtenons la valeur de  $Q$  égale à **109,15**, ce dernier situe Tizi Ouzou dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux (figure 21).



**Figure 21** : Position de la wilaya de Tizi Ouzou dans le climagramme d'Emberger pour la période 2006 -2016.

# **Chapitre 4**

## **Matériel et méthodes**

Dans ce chapitre, nous allons exposer le matériel et les méthodes adoptées afin de réaliser l'inventaire des cochenilles dans différents vergers d'agrumes de la Kabylie, leur distribution et la régulation de leurs populations. D'après Villiers (1977), la récolte d'insecte dans la nature, en montagne, en forêt ou dans les champs nécessite un minimum de matériel de capture et une méthode adaptée plus ou moins importante selon le type de la recherche envisagée. De ce fait, pour bien mener ce travail, nous avons effectué une étude sur le terrain et une autre au laboratoire.

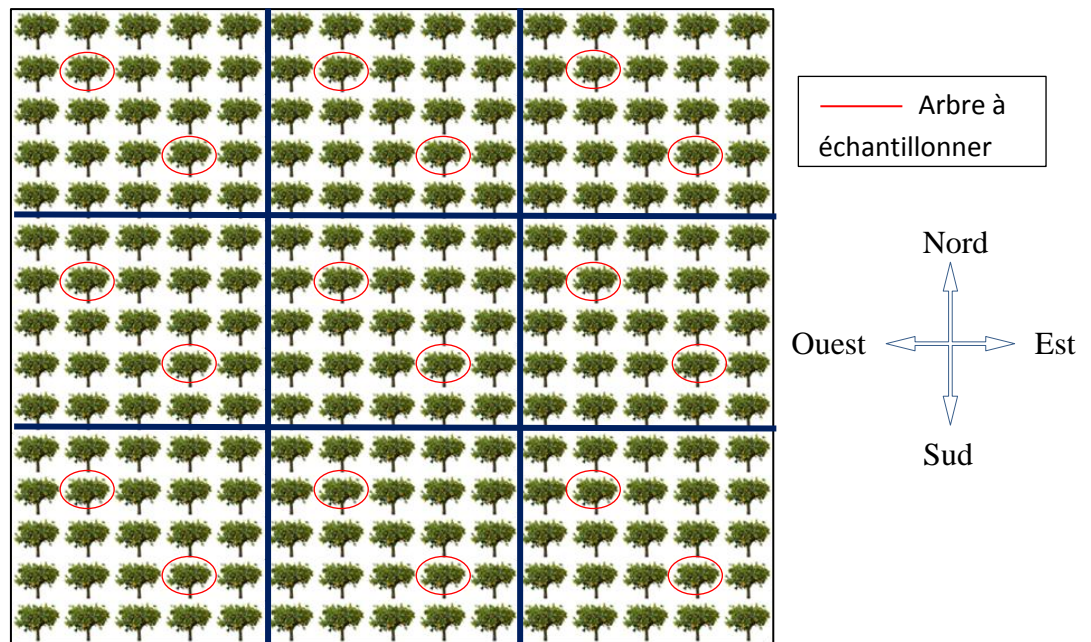
## **1. Méthodologie d'échantillonnage**

### **1.1. Sur le terrain**

Nous avons entamé notre expérimentation sur le terrain au début du mois de janvier 2014 pour l'achever en décembre 2015, précédée de deux mois (Novembre et décembre 2013) de prospection sur le terrain, dans huit vergers commerciaux d'agrumes choisis dans la région de la Kabylie à savoir : quatre vergers d'oranger (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) dont trois vergers de la variété Thomson et un verger de la variété Washington, deux vergers de clémentinier (*Citrus reticulata* Blanco) et deux vergers de citronnier (*Citrus limon* (L.) Burm.) Variété Eureka.

#### **1.1.1. Choix des arbres**

La méthodologie sur le terrain consistait, dans un premier temps, à choisir un verger de 225 arbres au minimum, et qui sont divisés en 9 Blocs de 25 arbres chacun (Figure 22). Chaque verger a été échantillonné tous les dix jours sur une période de douze mois à raison de 36 sorties par verger. Les arbres sont numérotés de 1 à 25. À chaque date d'échantillonnage, nous avons sélectionné au hasard deux numéros qui correspondent aux deux arbres à échantillonner dans un bloc et seront les mêmes échantillonnés dans les neuf blocs afin d'obtenir un échantillonnage homogène (Figure 22). Dans chaque verger expérimental, nous avons tenu compte des directions cardinales (Nord, Est, Ouest et Sud) ainsi que du centre de l'arbre.



**Figure 22** : Schéma explicatif de la méthodologie d'échantillonnage dans un verger.

### 1.1.2. Collecte des cochenilles

Sur chaque arbre échantillonné, nous avons prélevé, à hauteur d'homme et au hasard, cinq rameaux de 20 cm de long contenant chacun deux feuilles et un fruit (quand ils sont présents), pour chaque direction cardinale de l'arbre ainsi qu'au centre. Les fruits mûrs sont généralement présents d'octobre à décembre. Ainsi, chaque échantillon, prélevé de chaque verger et à la date de l'échantillonnage, comprenait 180 feuilles, 90 rameaux et 90 fruits.

⇒ Au total **1440** échantillons pour **84240** organes végétaux analysés.

Les échantillons sont mis dans des sachets en plastique étiquetés sur lesquels sont mentionnés la date, l'espèce et la variété, l'orientation, l'organe végétal et la région d'étude.

### 1.1.3. Récolte de la faune auxiliaire

Pour la troisième partie du travail concernant la régulation des populations des cochenilles des agrumes, nous avons procédé à la récolte de la faune auxiliaire en adoptant les techniques de piégeages par les pots jaunes que nous visitons tous les dix jours. Nous avons également pratiqué le battage des branches et la faune est récupérée à l'aide du parapluie japonais. Les plaques jaunes collantes sont également utilisées pour récupérer la faune auxiliaire. Les échantillons sont fixés dans l'éthanol à 70%, dans des flacons en verres et en plastiques étiquetés (date, verger).

## **1.2. Au laboratoire**

Les échantillons (organes végétaux) transportés au laboratoire sont conservés dans un réfrigérateur à 4°C, le temps qu'ils soient examinés soigneusement à l'aide d'une loupe binoculaire au plus tard dans les 48 heures qui suivent l'échantillonnage.

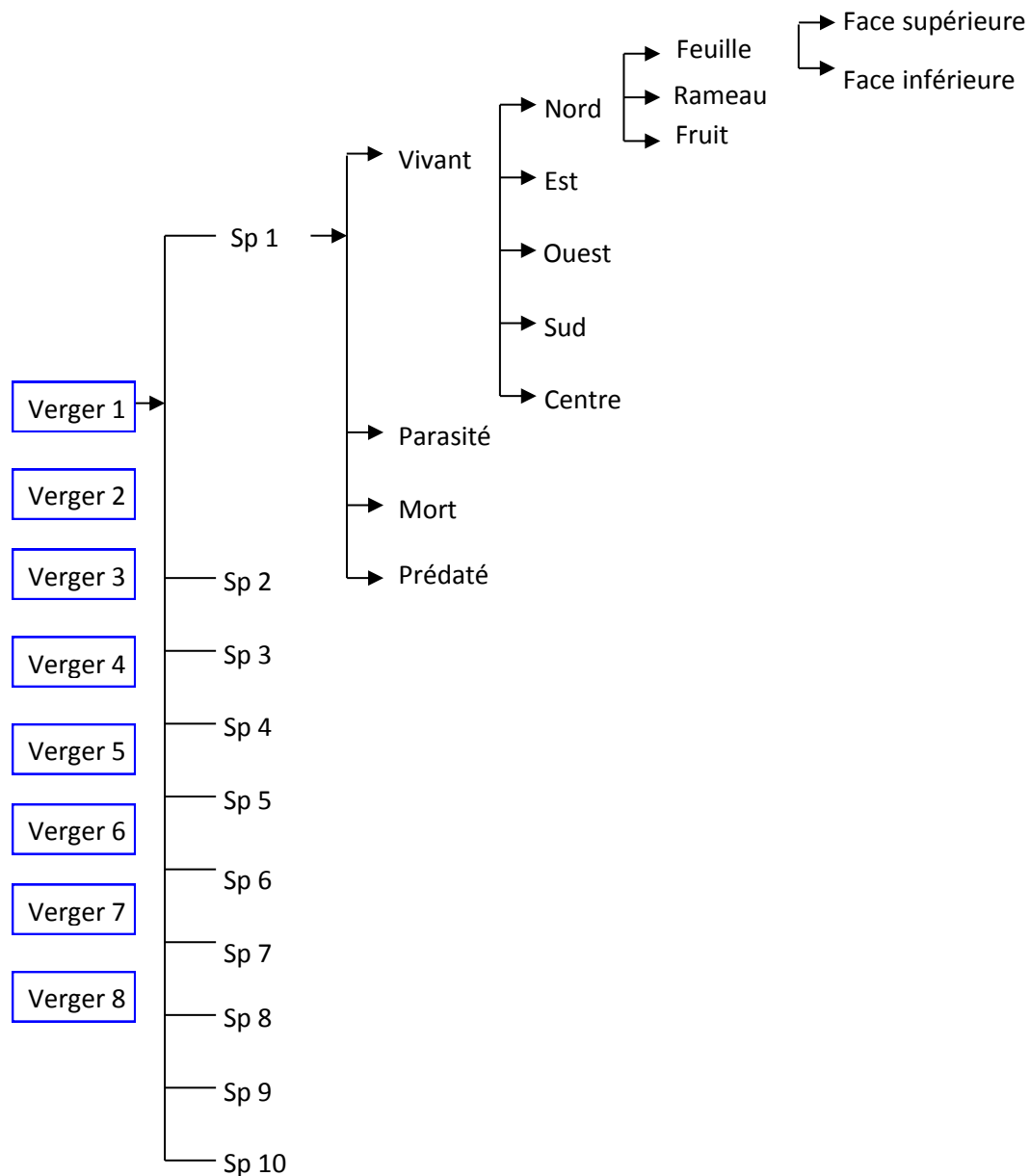
### **1.2.1. Identification des espèces des cochenilles**

Les espèces des cochenilles sont identifiées, en utilisant des clés d'identification propre aux Coccoidea. Toutes les espèces de cochenilles inventoriées et identifiées sont confirmées par le professeur Garcia-Mari de l'université polytechnique de Valence, Espagne.

### **1.2.2. Dénombrement des individus**

Les dénombrements des individus de chaque espèce de cochenille inventoriée en fonction des paramètres à étudier tels que l'état de l'espèce (vivant, mort, prédaté ou parasité), l'orientation de l'arbre, l'organe végétal et la face inférieure et supérieure de la feuille (Figure 23) sont rapportées sur des fiches de dénombrement (Annexe 4) propres à chaque verger, à chaque espèce de cochenille.

Les échantillons (feuille, rameau, fruit) possédant des individus parasités ou des prédatés ayant pondu leurs œufs sur l'organe végétal, sont mis dans des boîtes de Pétri et gardés à la température ambiante au laboratoire pour une éventuelle émergence des auxiliaires.



**Figure 23** : Schéma simplifié explicatif des paramètres étudiés dans ce travail.

### 1.2.3. Identification de la faune auxiliaire

Pour identifier les ennemis naturels des espèces de cochenille (Coccoidea) inventoriées, nous avons procédé, à l'aide d'une loupe binoculaire, au tri des échantillons précédemment fixés dans l'éthanol selon les ordres pour faciliter l'identification des auxiliaires. Les micro-hyménoptères sont mis dans des tubes à essai et des eppendorfs contenant de l'éthanol à 70% (Figure 24).



**Figure 24 :** Tri de la faune auxiliaire (Photo originale, 2016).

Les principaux parasitoïdes Hyménoptères, micro-hyménoptères et les prédateurs coléoptères (Coccinellidae) ainsi que les Neuroptères sont identifiés au laboratoire de l'I.A.M par l'utilisation des différentes clés d'identifications sous une loupe tri-oculaire doté d'une caméra (Figure 25). Les espèces identifiées sont confirmées par le professeur Garcia-Mari Ferran.



**Figure 25 :** Identification des principaux parasitoïdes et prédateurs des cochenilles (Photo originale, 2016).

Les espèces des parasitoïdes et des prédateurs obtenues après leur émergence dans des boîtes de Pétri sont identifiées et conservées pour servir de comparaison et de l'aide dans l'identification des ennemis naturels. De même, nous avons référé à l'identification visuelle sur le terrain.

## **2. Exploitation des résultats**

### **2.1. Exploitation des résultats de l'inventaire par les indices écologiques**

#### **2.1.1. Indices écologiques de composition**

Nous avons utilisé les indices écologiques suivants : la richesse spécifique totale (S), la richesse spécifique moyenne (Sm) et la fréquence centésimale.

##### **2.1.1.1. Richesse spécifique totale (S) et moyenne**

La richesse spécifique totale (S) est le nombre total des espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. Elle représente un des paramètres fondamentaux caractérisant un peuplement (Ramade, 1984).

La richesse spécifique moyenne correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans un échantillon du biotope (Ramade, 2003).

##### **2.1.1.2. Fréquence centésimale (Abondance relative)**

D'après Dajoz (1971), la fréquence centésimale est le pourcentage des individus d'une espèce donnée par rapport au total des individus. Elle est calculée par la formule suivante :

$$F(\%) = (n_i/N) \times 100$$

$n_i$  : est le nombre d'individus d'une espèce donnée.

$N$  : est le nombre total d'individus de toutes les espèces confondues.

##### **2.1.1.3. Constance ou fréquence d'occurrence**

La constance est le rapport exprimé sous la forme d'un pourcentage du nombre de relevés de l'espèce pris en considération, divisé par le nombre total de relevés (Dajoz, 1971). Elle est calculée comme suit :

$$C = P / N \times 100$$

$P$  : est le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

$N$  : est le nombre total de relevés effectués.

En fonction de la valeur de **C**, on distingue les catégories suivantes :

- Une espèce est omniprésente si  $C = 100\%$ .
- Une espèce est constante si  $75\% < C < 100\%$ .
- Une espèce est régulière si  $50\% < C < 75\%$ .
- Une espèce est accessoire si  $25\% < C < 50\%$ .
- Une espèce est accidentelle si  $5\% < C < 25\%$ .
- Une espèce est rare si  $C < 5\%$ .

### 2.1.2. Indices écologiques de structure

#### 2.1.2.1. Indice de Shannon- Weaver

D'après Ramade (2003), la diversité d'un peuplement informe sur la façon dont les individus sont répartis entre les diverses espèces. L'indice de Shannon-Weaver tient compte du nombre d'espèces présentes dans le milieu et de l'abondance de chacune d'entre elles. Il est calculé par la formule :

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

**H'** : indice de diversité exprimé en unités bits.

**p<sub>i</sub>** : L'abondance relative de chaque espèce ( $p_i = n_i/N$ ).

**log<sub>2</sub>** : logarithme népérien base 2.

Selon Blondel (1979), cet indice mesure le degré de complexité d'un peuplement. Il permet d'avoir une information sur la diversité de chaque milieu pris en considération. Si cette valeur est faible, proche de 0 ou de 1, le milieu est pauvre en espèces, ou bien, le milieu n'est pas favorable. Par contre, si cet indice est élevé, supérieur à 2 le milieu est très peuplé en espèces et il est favorable, et il varie à la fois en fonction du nombre d'espèces présentes et en fonction de l'abondance de chacune d'elles (Barbault, 2008).

### 2.1.2.2. Indice d'Équitabilité

C'est le rapport entre la diversité réelle de la communauté  $H'$  et la diversité théorique maximale  $H'_{\max}$  ( $\text{Log}_2S$ ) (Ramade, 2003).

$$E = H' / H_{\max}$$

$$H_{\max} = \text{Log}_2S$$

Cet indice d'équitabilité varie entre 0 et 1. Il tend vers 0 lorsqu'une espèce domine largement le peuplement et il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (tend vers l'équilibre) (Dajoz, 2003).

## 2.2. Analyses statistiques

Les différences de densité de population des quatre espèces de Diaspididae ont été analysées par l'ANOVA à deux facteurs. Les données des pourcentages sont transformées par  $[\arcsin\sqrt{x}]$  afin de respecter l'hypothèse de normalité. Les moyennes ont été comparées en utilisant le test de différence mineure (LSD) de Fisher avec le niveau de signification fixé à  $\alpha = 0,05$ . Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics, 2010).

Les densités des autres espèces de Coccoidea ont été analysées par des AFC en utilisant de logiciel R. Par ailleurs, ce dernier a été utilisé pour calculer la régression multiple entre le nombre d'individus des cochenilles et les facteurs climatiques présenté dans la partie inventaire.

**Partie III**  
**Résultats et Discussion**

**Chapitre 5**  
**Inventaire des cochenilles des**  
**agrumes en Kabylie**

## I. Résultats

L'examen de **84240** organes végétaux afin de réaliser l'inventaire des cochenilles (Hemiptera ; Coccoidea) en Kabylie sur diverses espèces d'agrumes, à savoir le citronnier variété Eureka, le clémentinier et l'oranger variétés Thomson et Washington a fait ressortir la présence de 10 espèces de cochenilles (Hemiptera : Coccoidea) appartenant à huit genres et 4 familles (Tableau 1).

### 1. Les espèces de cochenilles inventoriées

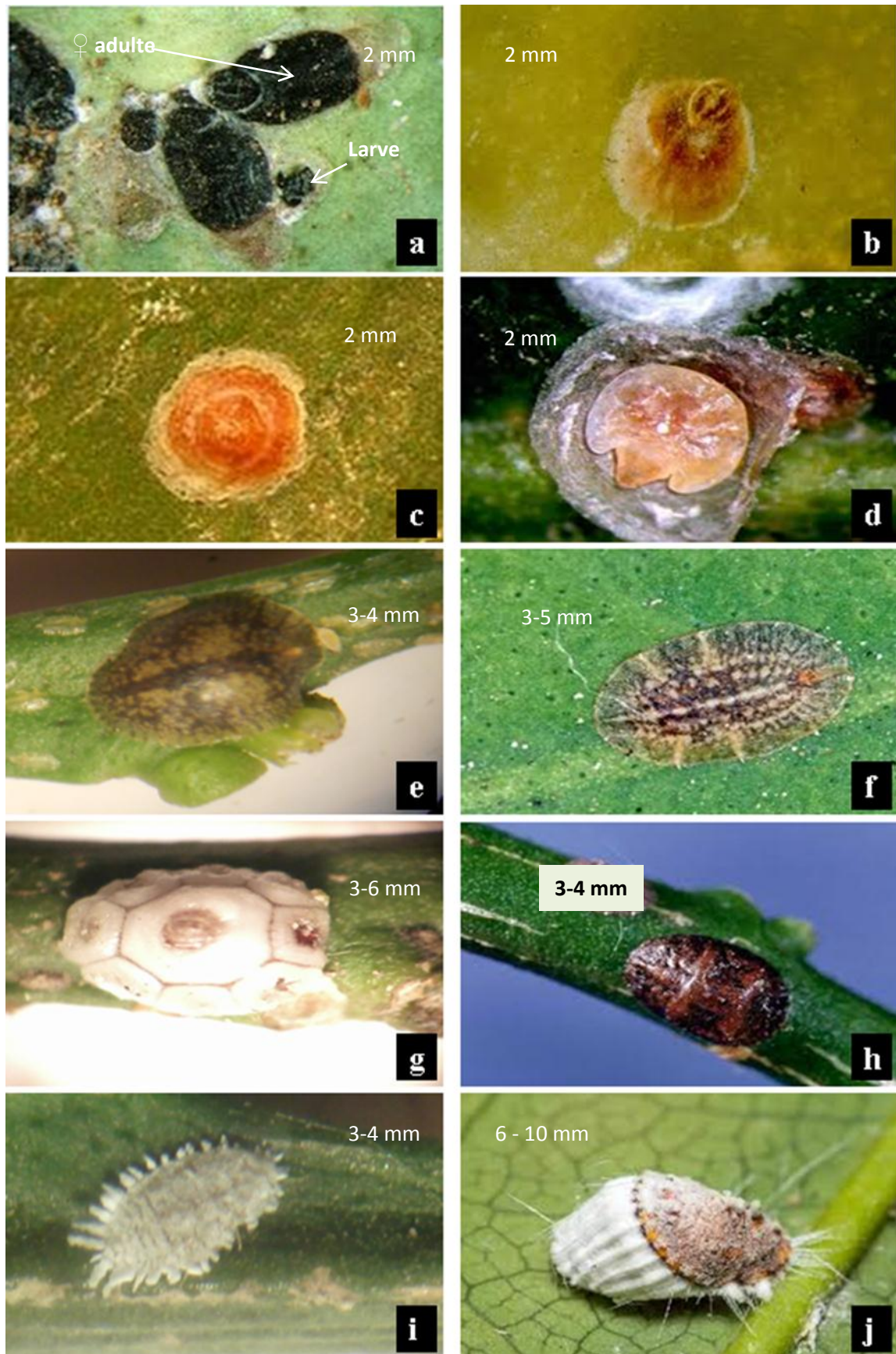
La famille des Diaspididae est représentée par trois genres et quatre espèces qui sont *Parlatoria ziziphi* (Lucas), *Parlatoria pergandii* Comstock, *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan) et *Aonidiella aurantii* (Maskell). Pour la famille des Coccidae, nous avons inventorié également trois genres et quatre espèces à savoir *Ceroplastes rusci* L., *Saissetia oleae* Olivier, *Coccus hesperidum* L. et *Coccus pseudomagnoliarum* Kuwana. Les familles des Pseudococcidae et des Margarodidae, quant à elles, ne sont représentées que par une seule espèce à savoir *Planococcus citri* (Risso) pour la première et *Icerya purchasi* Maskell pour la deuxième (Tableau 1, Figure 26).

Cette étude nous a permis la mise en évidence d'une nouvelle espèce dans la faune coccidologique algérienne, qui est *Coccus pseudomagnoliarum* Kuwana (Coccoidea : Coccidae). De même, à travers cette étude, nous signalons, pour la première fois en Algérie, la présence de *Ceroplastes rusci* sur agrumes (Tableau 1).

**Tableau 1** : Les espèces de cochenilles (Hemiptera : Coccoidea) inventoriées en Kabylie sur les agrumes dans cinq régions d'étude.

Famille	Région agrume Espèce de cochenille	Irdjen			Tazmalt	Chabane	Freha	Chamlal
		Oranger Thomson	Citronnier	Clémentine	Oranger Thomson	Oranger Thomson	Citronnier	Oranger Washington
Diaspididae	<i>Parlatoria ziziphi</i> (Lucas)	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Parlatoria pergandii</i> Comstock	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i> (Morgan)	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Aonidiella aurantii</i> (Maskell)	+	+	+	+	+	+	+
Coccidae	<i>Saissetia oleae</i> Olivier	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Coccus hesperidum</i> L.	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Coccus pseudomagnoliarum</i> Kuwana	-	+	+	-	+	+	+
	<i>Ceroplastes rusci</i> (L.)	+	-	+	+	+	+	-
Pseudococcidae	<i>Pseudococcus citri</i> (Risso)	+	+	+	+	+	+	-
Margarodidae	<i>Icerya purchasi</i> Maskell	+	+	+	+	+	+	+

+ : Présente, - : Absente

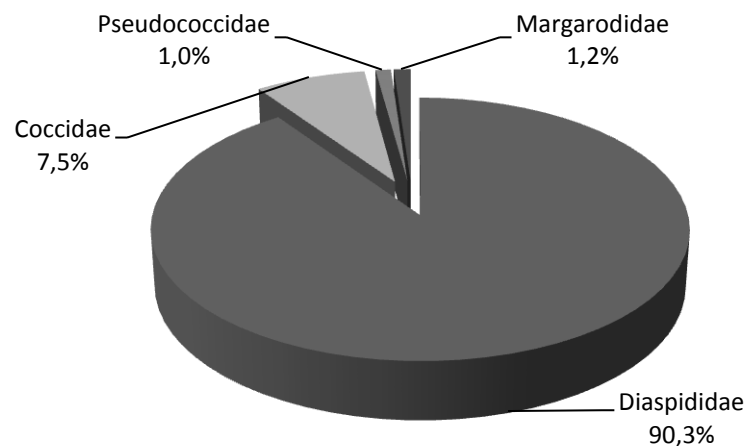


**Figure 26 :** Les espèces des cochenilles (Hemiptera : Coccoidea) (Femelles adultes) inventoriées sur les agrumes en Kabylie ; **a** : *Parlatoria ziziphi*, **b** : *Parlatoria pergandii*, **c** : *Aonidiella aurantii*, **d** : *Chrysomphalus dictyospermi*, **e** : *Coccus hesperidum*, **f** : *Coccus pseudomagnoliarum*, **g** : *Ceroplastes rusci*, **h** : *Saissetia oleae*, **i** : *Planococcus citri*, **j** : *Icerya purchasi* (photos originales, 2016).

## 2. Abondance relative des familles et des espèces de cochenilles inventoriées sur les agrumes en Kabylie

### 2.1. Abondance relative globale des familles

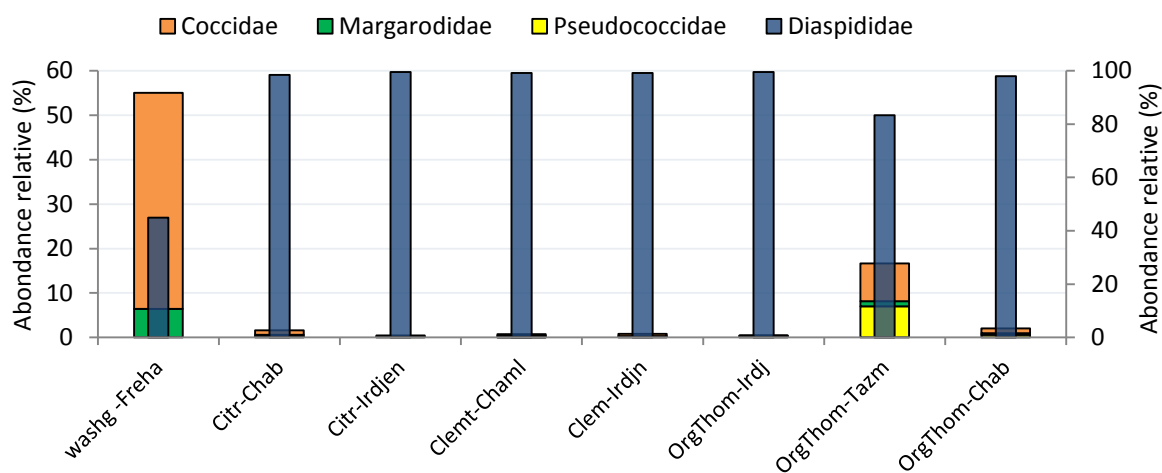
L'abondance relative calculée pour les différentes familles de Coccoidea (Hemiptera) inventoriées sur les agrumes en Kabylie a fait ressortir la prédominance de la famille des Diaspididae (Figure 27) avec un taux de 90,3%. La famille la moins représentée est celle des Pseudococcidae (1,0%).



**Figure 27 :** Abondance relative des familles des Coccoidea (Hemiptera) inventoriées sur les agrumes en Kabylie.

### 2.2. Abondance relative des familles de Coccoidea dans les vergers étudiés

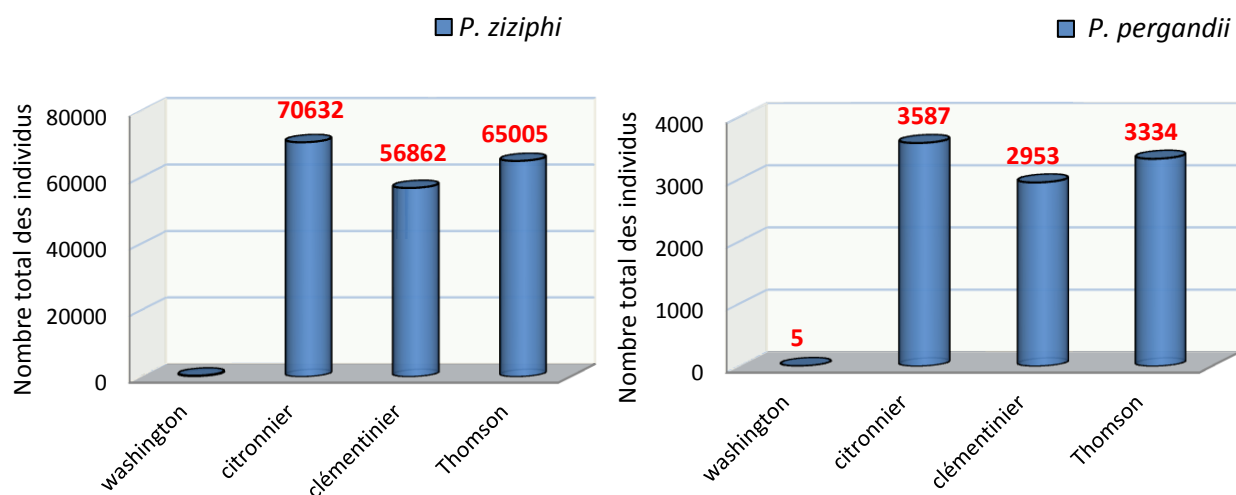
D'après la figure 28, nous constatons que, la famille des Diaspididae domine dans la majorité des vergers d'agrumes étudiés. Vu l'importance numérique de cette famille, nous avons présenté son abondance sur l'axe verticale droit de la figure 28, où elle présente des taux allant de 83,4 à 99,6 %. Cependant, dans le verger de Freha, elle occupe la deuxième place après la famille des Coccidae.



**Figure 28 :** Abondance relative des familles des Coccoidea (Hemiptera) inventoriées dans chaque verger étudié.

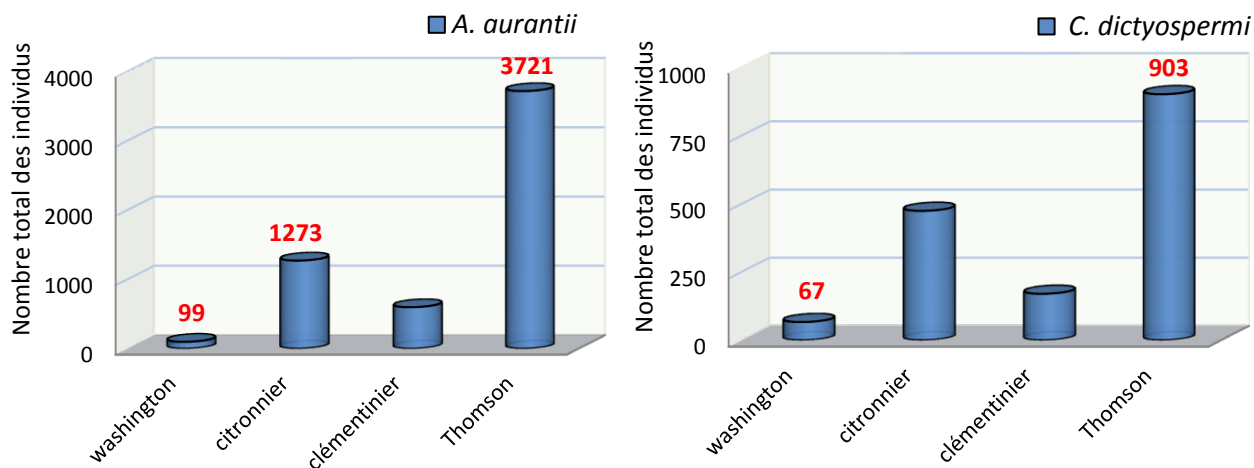
### 2.3. Infestation des agrumes par les cochenilles en Kabylie

L'importance numérique des 10 espèces de cochenilles sur les différentes espèces d'agrumes diffère d'un genre à un autre. Les deux espèces du genre *Parlatoria* ont le même comportement pour le choix des espèces d'agrumes, elles se voient sur le citronnier avec 70632 individus pour *P. ziziphi* et 3587 individus pour *P. pergandii*. Cette espèce agrumicole semble être favorable à leur développement ; elle est suivie par l'oranger Thomson et le clémentinier (Figure 29). Il y a lieu de noter, la similitude entre *P. ziziphi* et *P. pergandii* quant au choix de la plante hôte. Le nombre d'individus présents sur le citronnier est de 1,08 fois supérieur à celui observé sur l'oranger qui est, à son tour, 1,2 supérieure à celui du clémentinier.

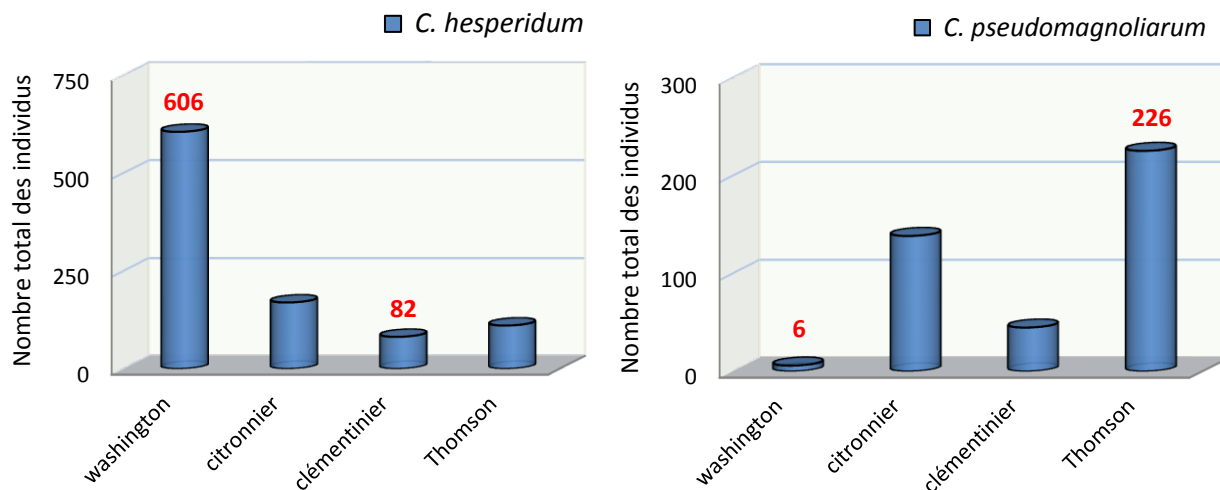


**Figure 29 :** Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par *P. ziziphi* et *P. pergandii*.

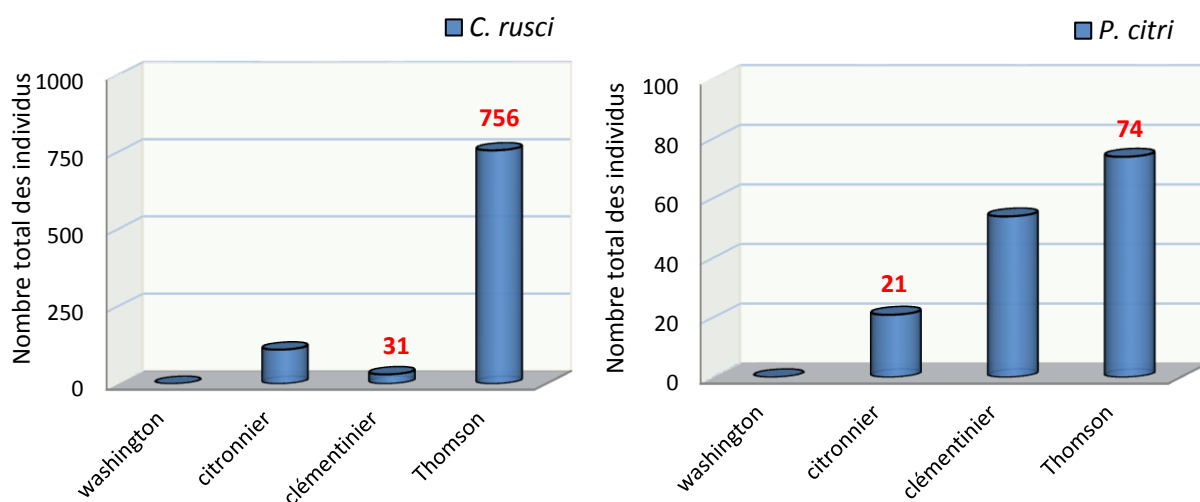
Nous constatons que sur l'oranger, *A. aurantii*, *C. dictyospermi* (Figure 30), *C. pseudomagnoliarum* (Figure 31), *C. rusci* et *P. citri* (Figure 32) ainsi que *S. oleae* (Figure 33) présentent des effectifs plus importants sur la variété Thomson par rapport à la variété Washington qui reste la moins infestée par toutes les espèces de cochenilles inventoriées à l'exception de *C. hesperidum* qui présente un effectif de 606 individus sur cette variété d'oranger. Le citronnier vient en deuxième position après l'oranger Thomson pour *A. aurantii*, *C. dictyospermi* et *C. pseudomagnoliarum*.



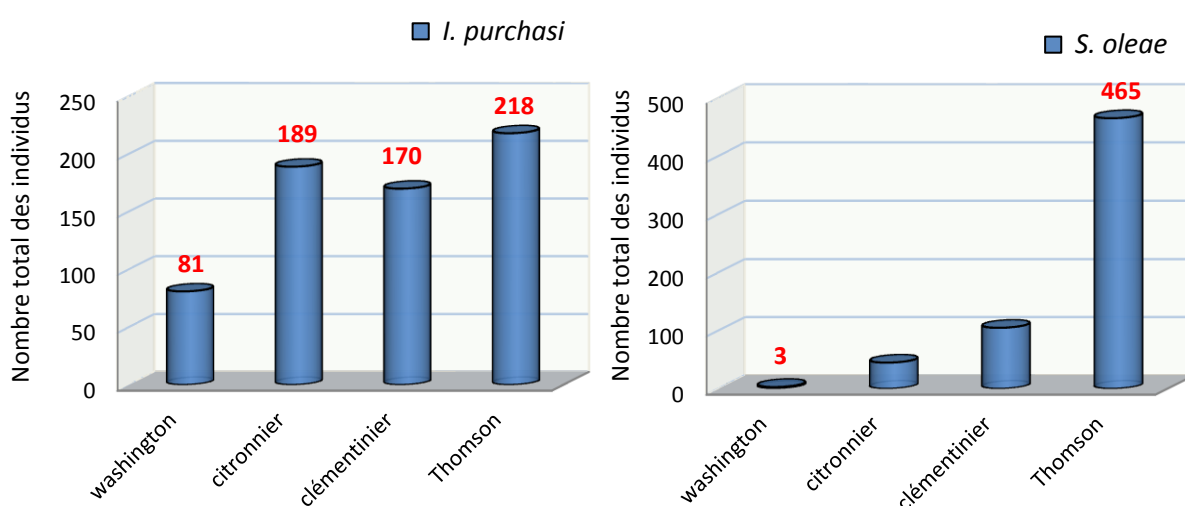
**Figure 30:** Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par *A. aurantii* et *C. dictyospermi*.



**Figure 31 :** Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par *C. hesperidum* et *C. pseudomagnoliarum*.



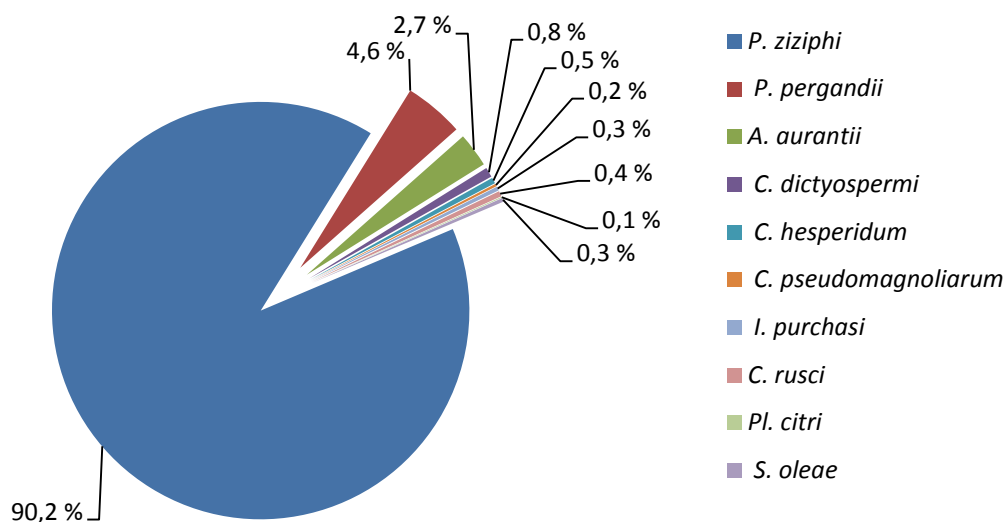
**Figure 32 :** Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par *C. rusci* et *P. citri*.



**Figure 33 :** Infestation des différentes espèces d'agrumes en Kabylie par *I. purchasi* et *S. oleae*.

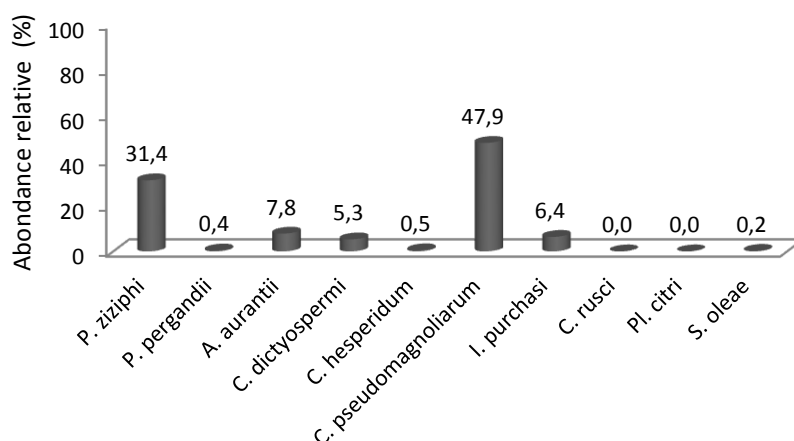
#### 2.4. Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées

La fréquence centésimale des dix espèces de cochenilles recensées dans les huit vergers agrumicoles en Kabylie montre une forte dominance de l'espèce *P. ziziphi* comme ravageur principal des agrumes en Kabylie avec une abondance de 90,2 % pour un nombre de **192 896** individus. Elle s'est distinguée par son effectif élevé qui dépasse d'une vingtaine de fois le nombre d'individus de *P. pergandii* (4,6 %) du même genre et qui n'est représentée que par **8979** individus. Les autres espèces sont faiblement présentes (Figure 34).

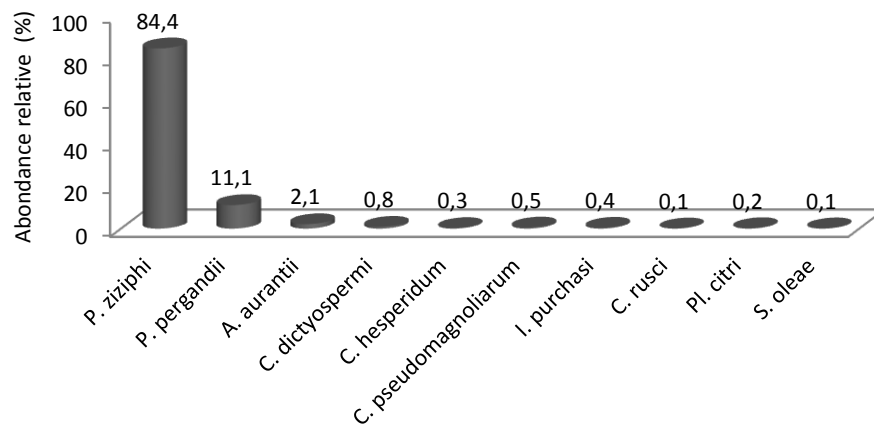


**Figure 34 :** Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées sur les agrumes en Kabylie.

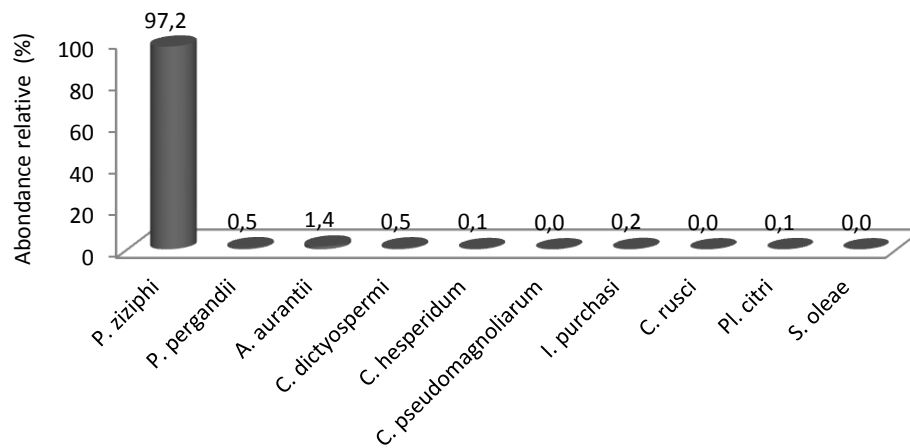
La dominance de *P. ziziphi* apparaît dans la plupart des vergers étudiés (Figures 36, 37, 38, 39, 40, 42). Cette espèce peut être, parfois, secondaire (Figures 35, 41) lorsque le verger est envahi par une autre espèce de cochenille, cas des vergers d'oranger Washington de Freha et d'oranger Thomson de Tazmalt où *C. pseudomagnoliarum* et *A. aurantii* sont plus importantes. Dans les autres vergers, *P. pergandii* occupe la deuxième position après *P. ziziphi* (76,3%) avec un taux de 4,5% (Figures 36, 38, 39, 40, 42) alors que les autres espèces sont faiblement présentes.



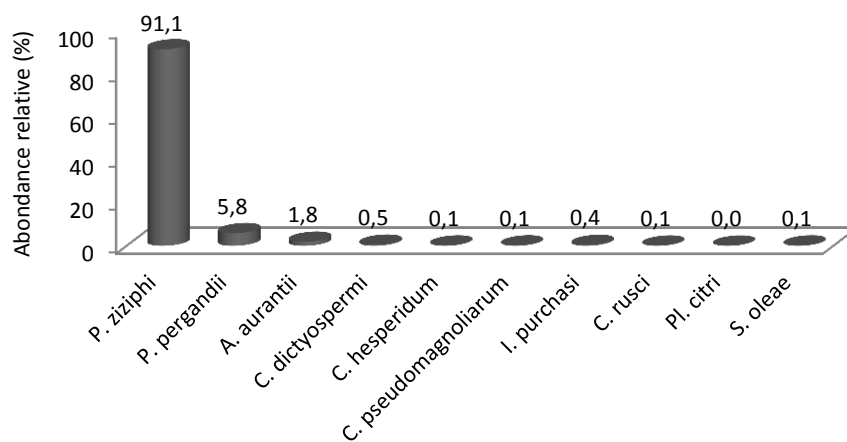
**Figure 35 :** Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger d'oranger Washington à Freha.



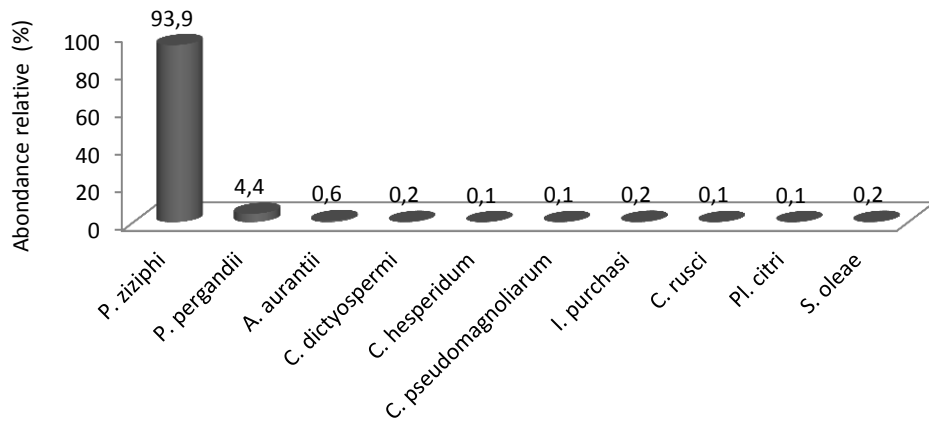
**Figure 36 :** Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger de citronnier de Chabane.



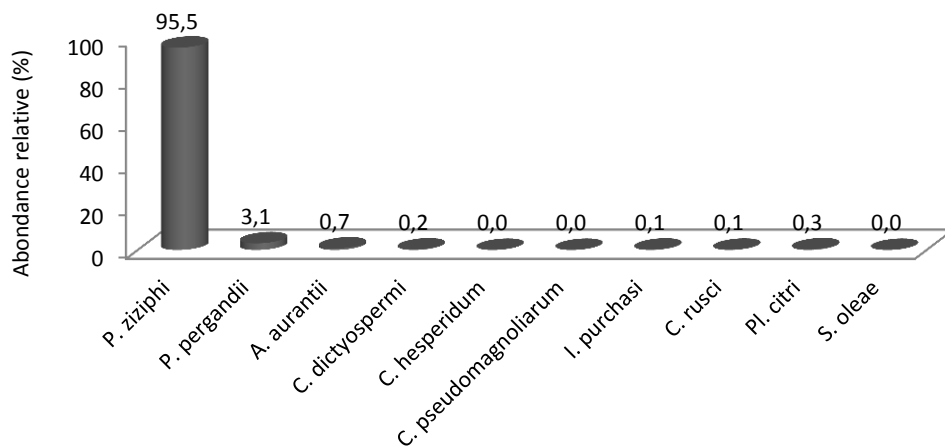
**Figure 37 :** Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger de citronnier à Irdjen.



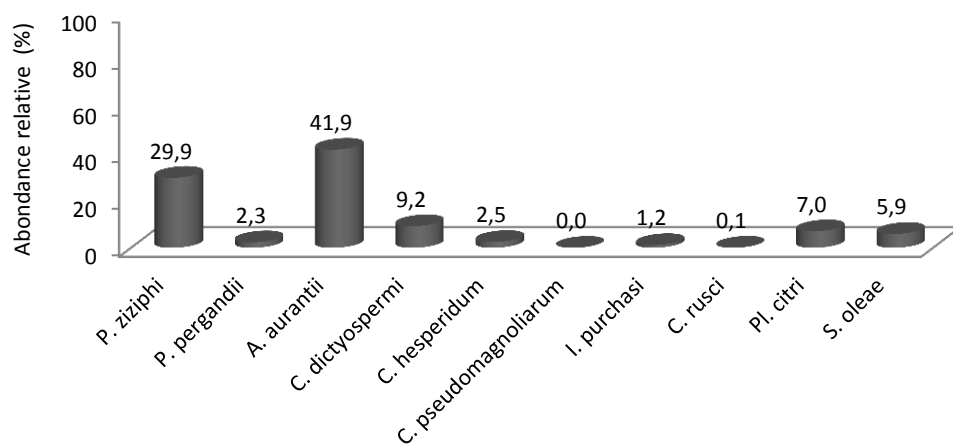
**Figure 38 :** Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger de clémentinier à Chamlal.



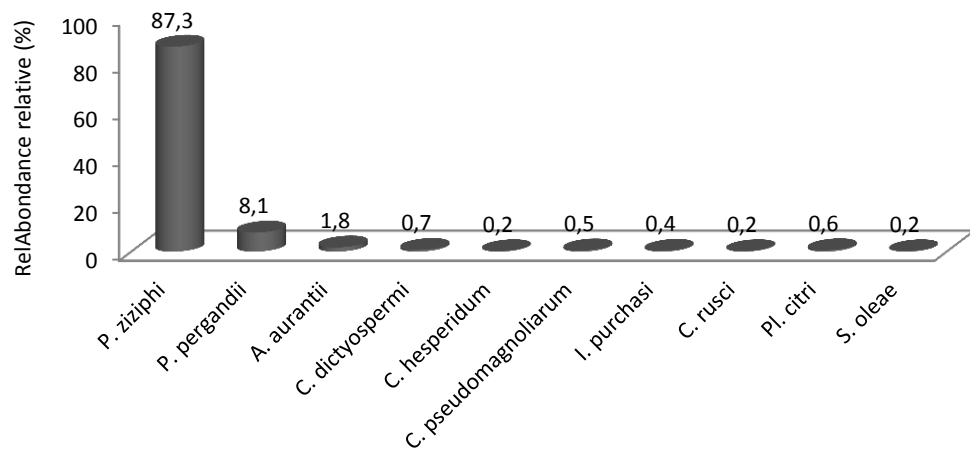
**Figure 39 :** Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger de clémentinier à Irdjen.



**Figure 40:** Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger d'oranger Thomson à Irdjen.



**Figure 41:** Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger d'oranger Thomson à Tazmalt.

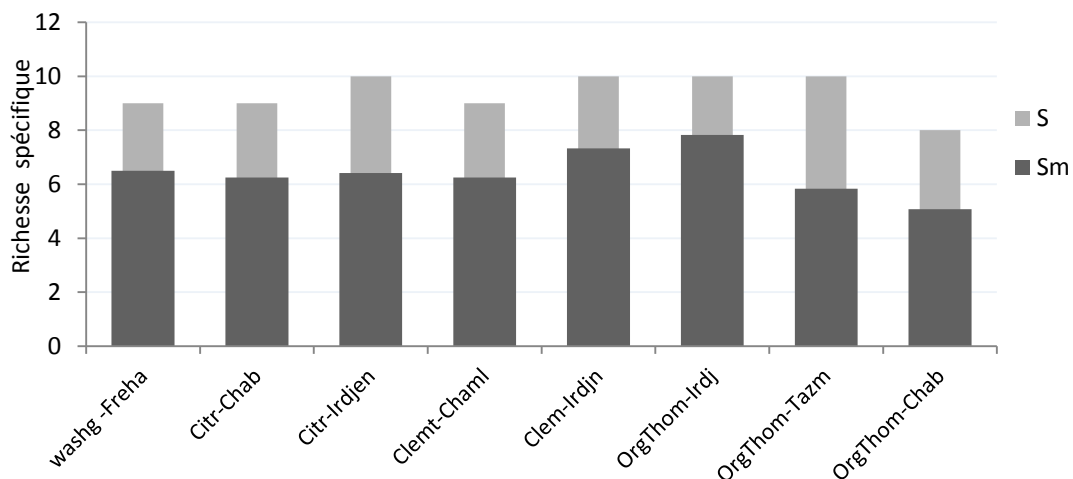


**Figure 42 :** Abondance relative des espèces de cochenilles inventoriées dans le verger d'oranger Thomson de Chabane.

### 3. Structure et organisation des peuplements de cochenilles

#### 3.1. Richesse spécifique

D'après la figure 43, nous constatons que le verger de Tazmalt et ceux d'Irdjen hébergent les 10 espèces de cochenilles inventoriées. Cependant, la richesse spécifique moyenne la plus élevée est obtenue dans le verger d'oranger Thomson (7,83) et de clémentinier (7,33) d'Irdjen.



**Figure 43 :** Richesse spécifique (S) et richesse spécifique moyenne (Sm) des huit vergers d'agrumes étudiés.

### 3.2. Fréquence d'occurrence (constance)

L'application du concept de fréquence d'occurrence ou constance sur les dix espèces de cochenilles recensées dans les quatre stations a permis de définir six classes (Tableau 2). Ainsi, *P. ziziphi* est omniprésente sur les agrumes en Kabylie. Les espèces *P. pergandii*, *C. dictyospermi*, *A. aurantii*, *C. hesperidum* et *S. oleae* peuvent être constantes, régulières, accessoires ou accidentelles selon les vergers. *Planococcus citri* et *C. pseudomagnoliarum*, quant à elles, peuvent être accessoires ou accidentelles. L'espèce *I. purchasi* est régulière dans tous les vergers d'agrumes étudiés. Enfin la catégorie rare est obtenue pour l'espèce *C. rusci*.

**Tableau 2 : Fréquence d'occurrence et catégorie des espèces de cochenilles inventoriées sur les agrumes en Kabylie.**

Région	Irdjen						Tazmalt		Chabane				Chamlal		Freha	
Espèce d'agrumes Espèce de cochenille	Oranger Thomson		Citronnier		Clémentine		Oranger Thomson		Oranger Thomson		Citronnier		Clémentine		Oranger Washington	
	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat
<i>P. ziziphi</i>	100	Om	100	Om	100	Om	86,1	C	100	Om	100	Om	100	Om	41,6	A
<i>P. pergandii</i>	100	Om	47,2	A	94,4	C	22,2	Ac	86,1	C	94,4	C	86,1	C	55,5	Rg
<i>C. dictyospermi</i>	50	Rg	5,55	Rg	50	Rg	86,1	C	52,7	Rg	55,5	Rg	36,1	A	5,5	Ac
<i>A. aurantii</i>	91,6	C	86,1	C	36,1	A	100	Om	86,1	C	91,6	C	55,5	Rg	36,1	A
<i>S. oleae</i>	5,55	Rg	8,3	Ac	13,8	Ac	27,7	A	25	A	33,3	A	11,1	Ac	13,8	Ac
<i>C. hesperidum</i>	5,55	Rg	22,2	Ac	13,8	Ac	41,6	A	30,5	A	44,4	A	22,2	Ac	22,2	Ac
<i>P. citri</i>	27,7	A	30,5	A	19,4	Ac	50	Rg	38,8	A	36,1	A	11,1	Ac	11,1	Ac
<i>I. purchasi</i>	61,1	Rg	66,6	Rg	72,2	Rg	50	Rg	69,4	Rg	69,4	Rg	55,5	Rg	55,5	Rg
<i>C. rusci</i>	5,55	Rg	-		8,3	Ac	2,7	R	16,6	Ac	19,4	Ac	5,55	Ac	5,55	Ac
<i>C. pseudomagnoliarum</i>	-		16,6	Ac	33,3	A	-		36,1	A	47,2	A	27,7	A	27,7	Ac

**AR** : Abondance relative, **C%** : constance, **Cat** : Catégorie, **C** : Constante,  
**R** : Rare, **A** : Accessoire, **Ac** : Accidentelle, **Om** : Omniprésente, **Rg** : Régulière

### 3.3. Diversité et Equirépartition des peuplements de cochenilles

L'indice de diversité de Shannon-Weaver le plus élevé est obtenu dans le verger d'oranger Thomson de la région de Tazmalt avec 2,21 bits (Tableau 3), il est suivi par celui d'oranger Washington de Freha avec 1,89 bits et un indice d'équitabilité qui tend vers 1 dans ces deux vergers. Ce qui montre une bonne répartition des individus de toutes les espèces de cochenilles recensées. Les vergers d'Irdjen, quant à eux, ont un indice de diversité très bas et l'indice d'équitabilité tend vers zéro. De ce fait, les populations des cochenilles n'ont pas une répartition équilibrée et qu'elles sont dominées par une seule espèce de cochenille qui est *P. ziziphi*. De même a été constaté pour les vergers de Chabane et de Chamlal qui présentent une diversité élevée mais l'équitabilité est faible.

**Tableau 3 :** Indices de diversité H', H'max et Equitabilité des peuplements de cochenilles dans les différents vergers agrumicoles à Tizi-Ouzou.

Région	Irdjen			Tazmalt	Chabane		Chamlal	Freha
Verger	Oranger Thomson	Citronnier	Clémentine	Oranger Thomson	Oranger Thomson	Citronnier	Clémentine	Oranger Washington
Indice								
H'	0,33	0,24	0,43	2,21	0,79	0,87	0,58	1,89
H'max	3,17	3,17	3,32	3,17	3,32	3,32	3,32	3
E	0,10	0,08	0,13	0,70	0,24	0,26	0,17	0,63
S (m)	6,5	6,25	6,41	6,25	7,33	7,83	5,83	5,08

### 4. Corrélation entre les populations de cochenilles inventoriées et les facteurs climatiques

Afin de mettre en évidence le lien qui existait entre le nombre d'individus des cochenilles et les facteurs climatiques, nous avons effectué une analyse de régression multiple.

Il ressort de cette analyse qu'il y'a une corrélation significative entre le nombre d'individus de cochenilles et les facteurs climatiques ( $P = 0.006284$ ) avec un  $R^2$  de l'ordre de 0.6038. Les facteurs climatiques déterminants sont l'humidité moyenne et les précipitations tel que donné par la formule suivante :

$$\text{Nombre d'individus} = 225,66RR - 11127,98 H_{\text{moy}} + 72629,3$$

## II. Discussion

Le travail concernant l'inventaire et la diversité des Coccoidea sur agrumes en Kabylie, nous a permis de recensé quatre familles de la super-famille des Coccoidea. D'après Gullan & Cook (2007) et Takumasa et *al.* (2008), les familles les plus couramment rencontrées sur les agrumes sont les Diaspididae, les Pseudococcidae, les Coccidae et les Margarodidae, et elles comprennent les espèces les plus dangereuses à l'agrumiculture.

Nous avons noté que la famille des Diaspididae est la plus dominante. Nos résultats concordent avec les travaux d'Ebeling (1959), Talhouk (1975), Rose (1990b), Franco et *al.* (2006) et Garcia-Mari (2012) qui ont souligné que la famille des Diaspididae est la plus importante des Coccoidea. Elle renferme les 19 espèces ravageurs les plus nuisibles aux agrumes au monde. D'après Balochowsky (1932), Quayle (1941) et Ebeling (1959), cette famille est originaire de la région orientale, exactement de Sud-Est d'Asie, et c'est à partir du XIX<sup>ème</sup> siècle, que les Diaspididae ont intégré les autres continents notamment l'Afrique, l'Amérique et l'Australie.

De leurs côté, Bodenheimer (1951) et Katsoyannos (1996) ont rapproché que, durant la même époque, les Diaspidides ont été recensés dans la Méditerranée, mais seulement en Egypte, en Grèce, en Turquie et en Palestine. Ce n'est qu'au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle, qu'elles ont commencé progressivement à faire leur apparition dans toute la Méditerranée occidentale.

Dans le bassin méditerranéen, la famille des Diaspididae est représentée par 23 espèces en Tunisie (Jendoubi, 2011) et 148 espèces au Maroc (Foldi, 2003). En Europe, les Diaspididae sont représentées par 60 espèces avec un taux de 44,6%, représentant presque la moitié des Coccoidea d'Europe (Pellizzari & Germain, 2010). En Algérie, selon Belguendouz & Biche (2015), cette famille est la plus représentée avec 118 espèces et quatre tribus, dont Aspidiotini (*A. aurantii* et *C. dictyospermi*) et Parlatorini représentée par 6 espèces recensées sur 72 taxons végétaux.

Dans les vergers d'agrumes de la Kabylie, ce sont les Coccidae qui occupent la deuxième place après les Diaspididae avec quatre espèces appartenant aux trois genres (*Coccus*, *Ceroplastes* et *Saissetia*). Selon Avasthi & Shafee (1991), Takumasa et *al.* (2008) et Ben-Dov (2010), cette famille constitue la plus grande famille des Coccoidea après les Diaspididae. Elle contient plus de 1100 espèces regroupées dans plus de 100 genres, dont le genre *Coccus* considéré comme le plus ancien au sein des Coccidae.

La plupart des espèces que nous avons inventoriées ont été déjà signalées en Algérie par les travaux antérieurs (Trabut, 1911 ; Balachowsky, 1926-1958 ; Pignet, 1960 ; Benassy, 1975), et récemment nous avons ceux de Belguendouz & Biche (2015) sur les Diaspididae. D'autres espèces sont présentes dans quelques régions en Algérie mais que nous n'avons pas recensé au cours de notre étude, telles que *Lepidosaphes beckii*, *Lepidosaphes glowerii* (Packard) et *Ceroplastes sinensis* Del Guercio. D'autres sont présentes dans le bassin méditerranéen mais les travaux d'antérieurs n'ont pas signalé leur présence en Algérie telles que *Aonidiella citrina* (Coquillet), *Unapsis yanonensis*, *Parasaissetia nigra*, *Coccus viridis*, *Pseudococcus viburni* (Signoret), *Pulvinaria floccifera*, *Pseudococcus longispinus*, *Pseudococcus calceolariae*, *Hemiberlesia rapax* et *Ceroplastes floridensis* Comstock.

La présente étude a démontré que, *P. ziziphi*, est un ravageur typique qui prédomine les vergers agrumicoles. Nos résultats corroborent ceux de Miller & Davidson (1990) et Podsiadlo & Bugila (2007) qui ont rapporté que, *P. ziziphi* est un ravageur spécialisé des plants d'agrumes et vit exclusivement sur les citrus. De même, Jendoubi et al. (2008) et Tawfeek & Amany (2010) classent *P. ziziphi* comme l'une des espèces les plus nuisibles des agrumes et les plus importantes en Tunisie et en Egypte.

Cette espèce qui est originaire de la Chine est largement disséminée à travers le monde entier, surtout sous les tropiques mais aussi dans certaines régions tempérées. Introduite dans le bassin méditerranéen depuis des siècles (Balachowsky, 1926 ; Balachowsky, 1932 ; Longo et al., 1990 ; Garcia-Mari, 2012). Actuellement, elle se trouve très répandue dans les zones agrumicoles méditerranéennes et est considérée comme une espèce très commune : Algérie, Tunisie, Maroc, Italie, Sicile, Sardaigne, Malte, France, Grèce, Egypte, Espagne, Corse (Quayle, 1941, Ebeling, 1959, Jeppso, 1989 ; Foldi, 2001 ; Tena & Garcia-Mari, 2011 ; Haddad & Sadoudi, 2017) et dans quelques pays du monde : Etats-Unis, Brésil, Cuba, Chine, Afrique du Sud, Japon, Philippines, Sénégal, Cameroun et Congo (Balachowsky, 1953 ; Praloran, 1971 ; Talhouk, 1975 ; Llorens, 1990).

*Parlatoria pergandii* est la deuxième espèce de cochenille rencontrée sur les agrumes en Kabylie. Nos résultats sont en accord avec ceux de Ben-Dov (2010) et Pellizari & Germain (2010) qui considèrent *P. pergandii* comme une espèce très polyphage, mais les citrus sont, de loin, l'hôte le plus fréquent. Stathas (2001) a rapporté aussi, dans ses travaux, que les populations des coccinelles *Chilocorus bipustulatus* Linné et *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell sont observées sur l'oranger amer fortement infesté par *P. pergandii*. Cette dernière a été citée

en tant que ravageur important des agrumes à partir des années 1970 dans les régions paléarctiques (Miller & Davidson, 1990 ; Danzing & Pellizzari, 1998), tropicales et subtropicale du globe, où elle a été observée dans le bassin méditerranéen (Algérie, Tunisie, Maroc, Egypte, France, Italie, Espagne, etc..) , en Amérique du nord et centrale, en Asie (Chine, Japon) et en Afrique (Sénégal, Cameroun, Nigeria, Afrique de sud, etc...) (Balachowsky, 1953 ; Cabi, 1964 ; Chao & Zeng 1997 ; Longo et *al.*, 1999 ; Foldi, 2001 ; Ben-Dov, 2010). Mais d'autres auteurs ne soulignent pas une importance pour ce ravageur qu'ils considèrent secondaire (Talhouk, 1975; Rose, 1990a ; Shen & Liu, 1990; Koya et *al.*, 1996 ; Foldi, 2001).

La présence d'*A. aurantii* et *C. dictyospermi* sur les agrumes a été signalée dans différents travaux notamment ceux de Burger & Llenberg (1990), Zahradnik (1990), Cohic (1955), Melia (1976), Miller & Gimpel (2004), Franco et *al* (2004), Takumassa et *al.* (2008), Garcia-Mari (2012), Haddad & Sadoudi (2017) et ils classent ces espèces dans la liste des organismes de quarantaines, connus comme de sérieux ravageurs des agrumes. D'autre part, Bodenheimer (1951), Borchsenius (1966), Franco et *al.*, (2006) et Garcia-Marî (2012) ont qualifié *A. aurantii* et *C. dictyospermi* de très polyphages en s'attaquant à différentes espèces fruitières et ornementales comptabilisant une gamme d'hôtes appartenant à 73 familles.

L'origine de ces espèces, d'après Gomez-Clemente (1943) et Longo et *al* (1995), est le Sud de la Chine, bien qu'elles soient répandues dans les régions tropicales et subtropicales (Davidson & Miller, 1990). Dans les pays méditerranéens, elles sont présentes depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, en Turquie, en Algérie, en Tunisie, au Maroc, en Syrie, en Iran (Alkan, 1953 ; Lodos, 1982 ; Dantzig & Pellizzari, 1998), et en Espagne où elle était considérée comme le ravageur le plus important des cultures (Garcia-Mari, 2012).

*Coccus hesperidum*, inventoriée dans cette étude, est signalée par Gomez-Clemente (1943), Williams & Aggarwal (1980) et Annecke (1971) comme agent de pertes économiques graves pour les producteurs d'agrumes, où elle se localise sur les jeunes rameaux et les nervures centrales de la feuille. Elle se trouve dans toutes les régions du monde, chaudes et tempérées.

*Coccus pseudomagnoliarum*, une autre espèce de Coccidae, que nous avons nouvellement recensée sur les agrumes. Selon De Lotto (1973), Barbagallo (1974), Garcia-Mari & Tena-Barreda (2008), Haddad & Sadoudi (2014) et Haddad & Sadoudi (2017), cette

espèce a été décrite dans le bassin méditerranéen pour la première fois en 1972 en Turquie, en Italie en 1973, et ce n'est qu'en 2006 qu'elle a été détectée en Espagne et en récemment en Algérie en 2014 dans le présent travail. La présence de *Coccus pseudomagnoliarum* et *hesperidum* sur un arbre d'agrumes est indiquée par la présence des fourmis.

La cochenille méditerranéenne *C. rusci* inventoriée aussi dans cette étude, a été rencontrée en Algérie par Balachowsky (1932), Balachowsky & Mesnil (1935) sur le figuier. Elle a requis une importance considérable parmi les cochenilles des agrumes dans le monde (Benfatto & Longo, 1986).

La plupart des espèces de cochenilles Pseudococcidae sont très polyphages et ravageurs importants de nombreuses cultures ornementales et fruitières. Une de ces espèces *P. citri* qui est considérée comme l'espèce la plus destructive des cultures. Scalnet (2017) a rapporté que les espèces hôtes de *P. citri* appartiennent à plus de 70 familles. La présence de *P. citri* sur les cultures cause des dégâts d'ordre qualitatif et quantitatif, dû à l'excrétion du miellat qui incruste les feuilles et les grappes et entraîne la chute des bourgeons floraux ainsi que les fruits. La nuisibilité de cette espèce sur les agrumes est connue dans la plupart des régions du monde notamment en Floride (Ebeling, 1959), en Californie (Luck et al., 1986), en Australie (Smith et al., 1988) et en Sud Afrique (Hattingh & Tate., 1997 ; Malan & Niekerk, 2012). Les pays de la Méditerranée ne sont pas à l'abri, où la nuisibilité *P. citri* a été soulignée par Gomez-Clemente (1951), Katsoyannos (1996), Barbagallo et al. (1993), Argyrio (1974), Blumberg et al. (1995), Godfrey et al. (2002) et Garcia-Mari (2012) en Italie, en Grèce, en Espagne, en Algérie, en Israël, au Portugal et en France.

D'autre part, Daane et al. (2012) et Pacheco da Silva et al. (2014) notent que, les Pseudococcidae sont l'un des principaux facteurs limitant l'exportation de raisins au Brésil et causent des dommages considérables aux vignobles par la transmission des maladies virales. Dans le même contexte, Gomez-Clemente (1943), Longo & Russo (1986), Cabaleiro & Segura (1997), et Franco et al. (2004) ont mis l'accent sur le danger de leur présence même à de faibles niveaux d'infestations.

L'application des concepts écologiques sur les populations des cochenilles dans notre étude est la première en Algérie. Il ressort de ce travail que, des huit vergers d'agrumes étudiés, deux présentent une diversité élevée avec une répartition équilibrée entre les populations de cochenilles. Les autres sont dominés par une seule espèce. Ce qui nous permet de déduire que, la répartition des populations des cochenilles sur les espèces d'agrumes en

Kabylie n'est pas homogène et que ces vergers sont dominés par une seule espèce qui est *Parlatoria ziziphi*.

Cette différence de diversité ainsi que de l'équirépartition des populations de cochenilles entre les vergers et les régions peut être due à plusieurs facteurs qui favorisent ou limitent le développement de ces espèces sur les agrumes tels que les caractéristiques physiques et chimiques de la plante hôte d'une part et d'autre part, l'influence des facteurs climatiques. De son côté, Mbete et *al.* (2011) rapportent que les cochenilles attirées par la couleur jaune des fruits d'oranger, de bigaradier et de mandarinier se poseraient plus sélectivement sur ces plantes-hôtes que sur le pomelo et le citronnier dont les fruits sont verts. Idder-Ighili et *al.* (2013) ont montré que, la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targiono-Tozzetti évolue en fonction des variétés de dattes. Ils ont constaté que la variété Hamraya est plus infestée que la variété Tamsrit et ils ont déduit que cela peut être dû à la composition glucidique variable entre les variétés.

Précédemment nous avons signalé une forte corrélation entre les facteurs climatiques et le nombre d'individus présents dans nos vergers, notamment l'humidité et les températures. Par, ailleurs, nous avons noté que, *P. ziziphi* est dominante dans les vergers des régions de Chabane, de Chamlal et d'Irdjen. Il est a signalé que, la situation géographique de ces régions est très proche du barrage de Taksept, ce qui a créé peut être des microclimats humides, favorables au développement de cette cochenille.

Contrairement aux vergers de Tazmalt et de Freha où la répartition des espèces des cochenilles est équilibrée. Cela peut être dû à l'éloignement de ces régions du barrage de Taksept, d'où les microclimats sont secs. S'ajoutant à ceci, les structures et l'entretiens des vergers qui sont aérés dans les régions de Tazmalt et de Freha, mais étouffés dans les régions d'Irdjen, de Chabane et de Chamlal. Nos résultats concordent ceux d'Abbasi (1975) qui a mentionné que, les facteurs climatiques contrôlent relativement les populations des cochenilles.

Nous pouvons conclure que, des dix espèces de cochenilles inventoriées en Kabylie sur les agrumes, *P. ziziphi* est l'espèce la plus dominante et elle occupe le statut de ravageur omniprésent et que humidité se trouve favorable à son développement.

**Chapitre 6**  
**Distribution spatiotemporelle des**  
**populations des cochenilles des**  
**agrumes en Kabylie**

Dans cette partie, nous allons présenter une étude détaillée de la distribution spatiotemporelle des quatre principales espèces de cochenilles diaspines inventoriées dans les différents vergers expérimentaux. Pour les autres espèces qui ne sont présents qu'à de faibles niveaux, nous allons présenter une étude globale de leur distribution par l'Analyse Factorielle des Correspondances en fonction de la région, de l'espèce d'agrume, de la saison, de l'organe végétal et de l'orientation.

Les populations qui ont fait l'objet de l'étude dans cette partie sont celles des femelles adultes vivantes.

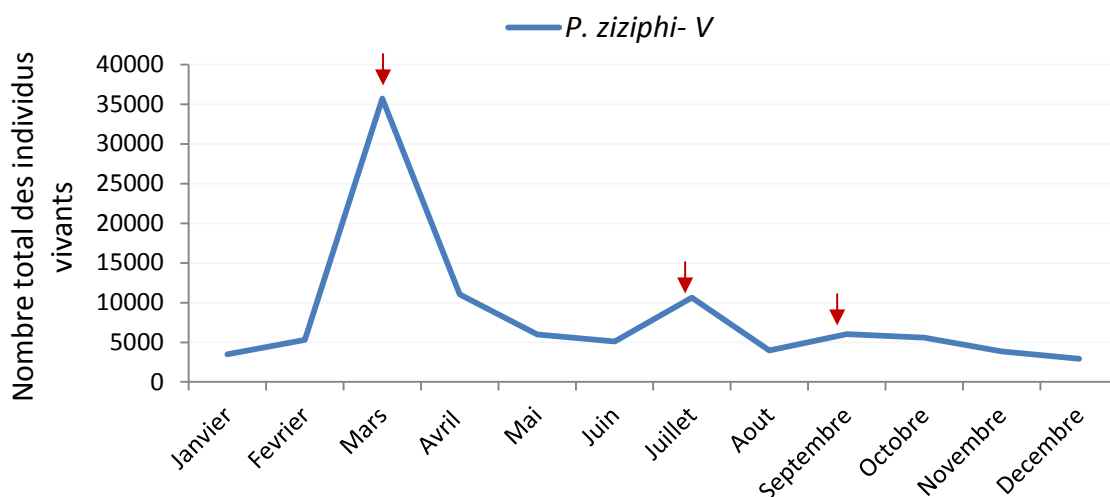
## I. Résultats

Nous avons estimé l'abondance des femelles vivantes de *P. ziziphi*, *P. pergandii*, *A. aurantii* et *C. dictyospermi* sur trois organes de l'arbre à savoir les feuilles, les rameaux et les fruits. De plus, nous avons comparé la distribution de ces cochenilles entre la face supérieure et inférieure de la feuille, entre l'intérieur et l'extérieur de l'arbre et enfin entre les orientations cardinales de l'arbre, globalement et en fonction du temps. La durée de présence des fruits étant très limitée durant l'année et correspond généralement à trois mois (Octobre, Novembre et Décembre), nous avons étudié la préférence de ces ravageurs pour le fruit par rapport à la feuille et au rameau.

### 1. *Parlatoria ziziphi*

#### 1.1. Evolution temporelle des populations

Le suivi de l'évolution du nombre des individus vivants de *P. ziziphi* (Figure 44) sur les agrumes dans la région de la Kabylie, fait ressortir trois pics importants durant les mois de Mars, Juillet et Septembre. D'après la figure 44, nous constatons que le mois de Mars est le mois le plus favorable au développement des populations de *P. ziziphi* ; elle atteint **35705** individus comme valeur maximale et **2916** comme valeur minimale au mois de Décembre.



**Figure 44 :** Evolution temporelle des populations de *P. ziziphi* sur les agrumes en Kabylie.

### 1.2.Effectif moyen par feuille et par rameau des populations de *P. ziziphi* dans chaque verger expérimental

Globalement, le nombre moyen des individus vivants de *P. ziziphi* par feuille atteint  $2.44 \pm 0.04$  individus, tandis que sur un rameau, cette moyenne est seulement de  $0.233 \pm 0.004$  ( $P = 0.0000$ ). Cela représente approximativement 10 fois plus d'individus sur la feuille. Cette forte préférence des individus de *P. ziziphi* pour se fixer sur la feuille apparaît dans les six vergers d'agrumes étudiés (Tableau 4) et elle correspond à une population de 7.8 à 11.7 fois plus élevée sur la feuille que le rameau.

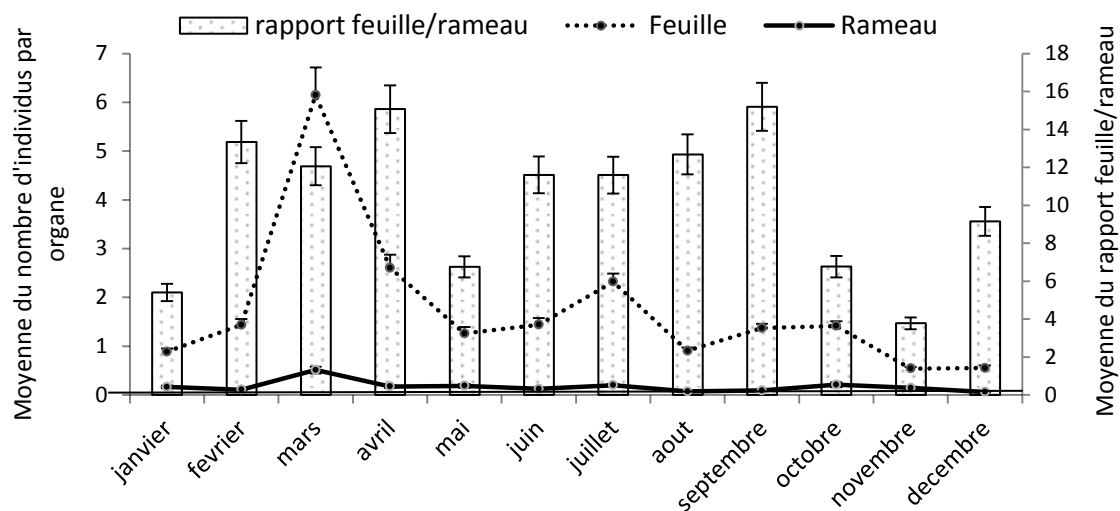
**Tableau 4.** Nombre moyen des populations de *P. ziziphi* par feuille et par rameau dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

verger	Feuille		Rameau		Facteur (feuille/rameau)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Citronnier-Chabane	2.582	0.064	0.333	0.012	7.8	0.0000
Citronnier-Irdjen	3.204	0.137	0.274	0.012	11.7	0.0000
Clémentinier-Chamlal	0.850	0.023	0.094	0.006	9.0	0.0000
Clémentinier-Irdjen	3.272	0.129	0.283	0.013	11.6	0.0000
Org Thomson-Irdjen	3.327	0.159	0.291	0.014	11.4	0.0000
Org Thomson-Chabane	1.548	0.043	0.136	0.006	11.4	0.0000
<b>Total</b>	<b>2.44</b>	<b>0.04</b>	<b>0.233</b>	<b>0.004</b>	<b>10.5</b>	<b>0.0000</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

### 1.3. Evolution temporelle de l'effectif moyen des populations de *P. ziziphi* sur les feuilles et les rameaux des agrumes

L'évolution annuelle de la moyenne du nombre des individus vivants par feuille et par rameau, montre que le facteur différentiel entre les deux organes se maintient pendant tous les mois de l'année en faveur de la feuille. Le rapport feuille/rameau oscille entre une moyenne maximale de 15 enregistrée aux mois d'Avril et de Septembre et une moyenne minimale de 4 au mois de Novembre (Figure 45).



**Figure 45 :** Evolution annuelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de *P. ziziphi* sur les feuilles et les rameaux des agrumes ainsi que le rapport feuille/rameau.

### 1.4. Effectifs moyens par feuille et par fruit des populations de *P. ziziphi*

Les résultats obtenus révèlent que la moyenne des populations de *P. ziziphi* est toujours plus élevée sur la feuille avec  $0.78 \pm 0.11$  individus par feuille contre  $0.45 \pm 0.05$  individus par fruit ( $P= 0.0000$ ) (Tableau 5).

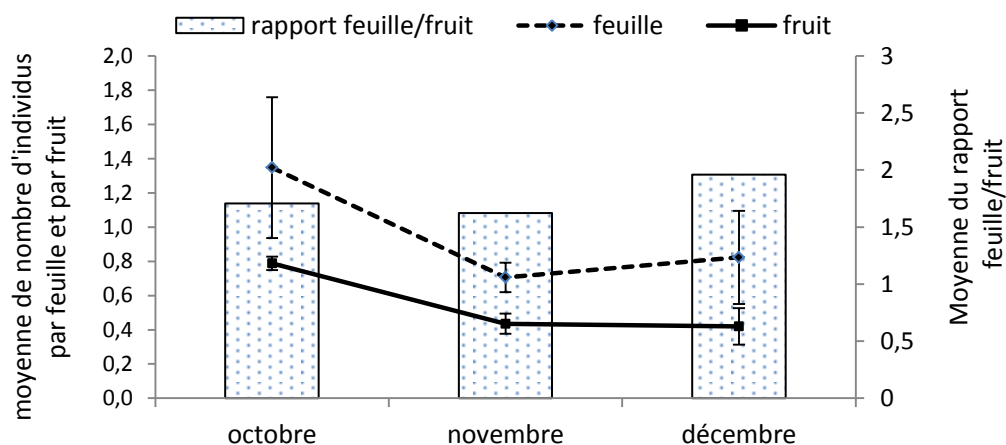
**Tableau 5.** Nombre moyen des populations de *P. ziziphi* sur les feuilles et les fruits dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

Verger	Feuille		Fruit		Facteur (feuille/fruit)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Citronnier-Chabane	1.256	0.274	0.273	0.103	4.6	0.0005
Citronnier-Irdjen	1.607	0.463	0.359	0.104	4.5	0.0247
Clémentinier-Chamlal	0.810	0.300	0.284	0.118	2.9	0.1618
Clémentinier-Irdjen	0.954	0.284	0.352	0.110	2.7	0.1374
Org Thomson-Irdjen	0.517	0.119	0.264	0.110	2.0	0.2269
Org Thomson-Chabane	1.107	0.185	0.173	0.093	6.4	0.0028
<b>Total</b>	<b>0.78</b>	<b>0.11</b>	<b>0.45</b>	<b>0.05</b>	<b>1.7</b>	<b>0.0000</b>

<sup>1</sup> Erreur standard

### 1.5. Evolution temporelle des populations de *P. ziziphi* sur les feuilles et les fruits des agrumes

Nous constatons, d'après la figure ci-dessous que, le nombre moyen d'individus de *P. ziziphi* est toujours plus élevé sur la feuille que les fruits. Le rapport feuille / fruit montre une différence importante durant le mois de Décembre, où les populations de *P. ziziphi* marquent une diminution progressive sur les fruits du mois d'Octobre jusqu'à leur maturité complète au mois de Décembre pour s'augmenter sur les feuilles.

**Figure 46 :** Évolution temporelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de *P. ziziphi* sur les fruits et les feuilles des agrumes ainsi le rapport fruit/feuille.

### 1.6. Effectifs moyens des populations de *P. ziziphi* sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes

Sur la feuille, nous avons constaté que le nombre moyen des individus de *P. ziziphi* vivant sur la face supérieure est de  $1.59 \pm 0.18$ , alors que la face inférieure n'héberge que  $0.85 \pm 0.09$  individus ( $P = 0.0000$ ). Cela correspond à 65.3% des individus sur la face supérieure contre 34.7% uniquement sur la face inférieure. Par conséquent, la face supérieure de la feuille abrite approximativement deux fois plus de population que la face inférieure. Cette préférence pour la face supérieure de la feuille se manifeste dans cinq des six vergers d'agrumes étudiés (Tableau 6).

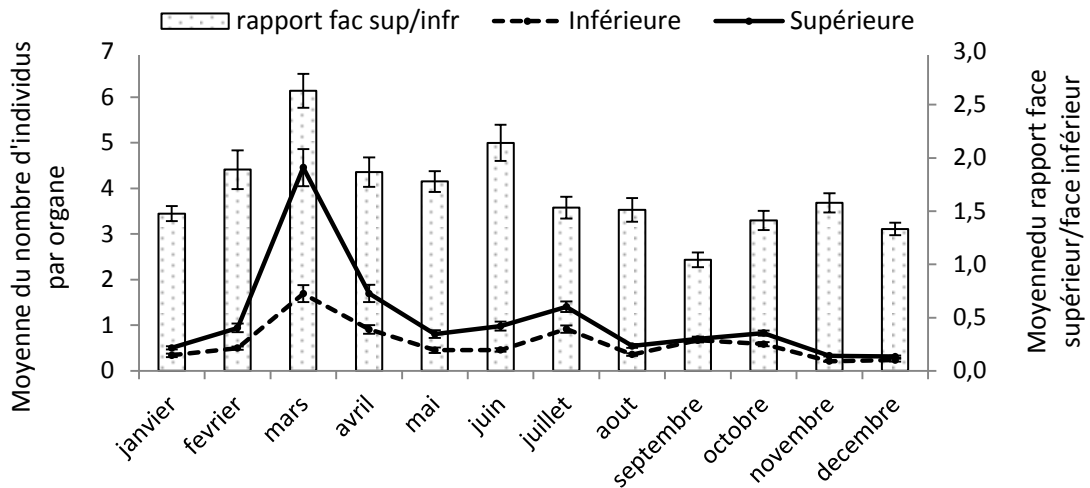
**Tableau 6.** Nombre moyen des populations de *P. ziziphi* par face de la feuille dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

verger	Face supérieure		Face inférieure		Facteur (supr/infer)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Citronnier-Chabane	1.804	0.286	0.778	0.110	2.3	0.0000
Citronnier-Irdjen	1.725	0.511	1.479	0.325	1.2	0.1131
Clémentinier-Chamlal	0.532	0.078	0.318	0.070	1.7	0.0004
Clémentinier-Irdjen	2.197	0.526	1.074	0.267	2.0	0.0000
Org Thomson-Irdjen	2.397	0.742	0.930	0.231	2.6	0.0000
Org Thomson-Chabane	1.019	0.187	0.529	0.076	1.9	0.0002
<b>Total</b>	<b>1.59</b>	<b>0.18</b>	<b>0.85</b>	<b>0.09</b>	<b>2</b>	<b>0.0000</b>

<sup>1</sup>Erreur standard

### 1.7. Evolution temporelle des populations de *P. ziziphi* sur la face supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes

D'après la figure 47, l'évolution annuelle moyenne des individus vivants de *P. ziziphi* par face de la feuille est plus élevée sur la face supérieure que sur la face inférieure pendant tous les mois de l'année, avec une évolution très semblable sur les deux faces. En effet, le rapport face supérieure/face inférieure oscille entre une valeur minimale de 1.04 enregistrée au mois de Septembre et une valeur maximale de 2.63 constatée au mois de Mars.



**Figure 47 :** Evolution annuelle de la moyenne du nombre d'individus de *P. ziziphi* sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrume ainsi que le rapport face supérieure/inférieure.

## 1.8. Effectifs moyens des populations de *P. ziziphi* à l'échelle de la frondaison de l'arbre d'agrumes

### 1.8.1. Intérieur-Extérieur

Concernant la frondaison de l'arbre d'agrume, il ressort des résultats obtenus que les populations de *P. ziziphi* sont significativement plus abondantes au centre de l'arbre atteignant une moyenne de  $138 \pm 18.4$  individus contre une moyenne de  $80.5 \pm 5$  individus par unité d'échantillonnage observée à l'extérieur de l'arbre ( $P = 0.0000$ ). Cette valeur représente 1.7 fois plus d'individus à l'intérieur de l'arbre qu'à l'extérieur. La distribution des populations de *P. ziziphi* entre ces endroits n'est pas homogène dans tous les vergers ; elle varie en fonction du verger (Tableau 7).

**Tableau 7.** Nombre moyen des populations de *P. ziziphi* sur la frondaison de l'arbre d'agrumes des vergers expérimentaux.

verger	Intérieur		Extérieur		Rapport intérieur/extérieur	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Citronnier-Chabane	95.2	16.7	99.9	14.6	0.95	0.4782
Citronnier-Irdjen	200.6	56.1	100.2	24.8	2.00	0.0311
Clémentinier-Chamlal	32.0	5.4	32.3	5.5	0.99	0.3593
Clémentinier-Irdjen	189.0	40.5	101.5	24.9	1.86	0.0000
Org Thomson-Irdjen	255.8	76.2	88.6	26.1	2.89	0.0004
Org Thomson-Chabane	55.4	12.0	58.9	10.1	0.94	0.9048
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>18.4</b>	<b>80.5</b>	<b>5</b>	<b>1.7</b>	<b>0.0000</b>

<sup>1</sup>Erreur standard

### 1.8.2. Orientations cardinales de l'arbre

Le nombre moyen des individus dans les quatre orientations est de  $89.1 \pm 11.1$  individus à l'Est,  $85.3 \pm 9.8$  individus au Sud,  $81.2 \pm 8.6$  individus au Nord et  $66.3 \pm 8.2$  individus comme valeur minimale à l'Ouest. Il en découle que, des quatre directions cardinales de l'arbre, l'orientation Est est celle qui abrite la plus grande moyenne d'individus de *P. ziziphi* avec un pourcentage de 27.7%. L'orientation Ouest est la moins infestée et n'héberge que 20.6% individus ( $P = 0.0002$ ).

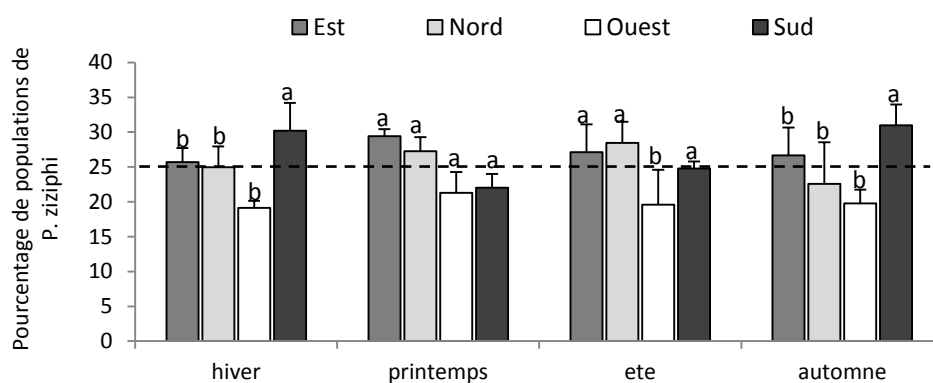
La répartition des individus de *P. ziziphi* sur les directions cardinales varie en fonction du verger ( $P = 0.0001$ ). Dans quatre des six vergers étudiés, l'orientation Sud se trouve la plus infestée. Elle est suivie par le Nord et l'Est dans les vergers de clémentinier des régions de Chabane et d'Irdjen. Dans les vergers d'oranger de ces dernières régions, l'orientation Sud est suivie par la direction Est (Tableau 8) et cette dernière domine dans le verger de citronnier d'Irdjen.

**Tableau 8.** Effectif moyen des populations de *P. ziziphi* sur les directions cardinales de l'arbre d'agrume dans les vergers expérimentaux.

Verger	Est		Nord		Ouest		Sud		P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>	
Citronnier-Chabane	96.6	15.6	98.9	15.7	63.4	10.2	140.6	24.1	0.1216
Citronnier-Irdjen	137.4	46.3	121.9	30.1	82.7	24.3	58.7	15.9	0.0021
Clémentinier-Chamlal	38.1	8.0	37.4	9.4	25.3	5.0	28.5	6.6	0.2572
Clémentinier-Irdjen	106.8	31.8	108.2	29.3	80.4	24.1	110.6	27.0	0.0450
Org Thomson-Irdjen	95.1	27.1	64.9	17.9	93.1	30.5	101.1	35.8	0.1742
Org Thomson-Chabane	59.5	10.3	54.4	11.1	51.1	9.9	70.6	18.0	0.0871
<b>Total</b>	<b>89.1</b>	<b>11.1</b>	<b>81.2</b>	<b>8.6</b>	<b>66.3</b>	<b>8.2</b>	<b>85.3</b>	<b>9.8</b>	<b>0.0001</b>

<sup>1</sup> Erreur standard

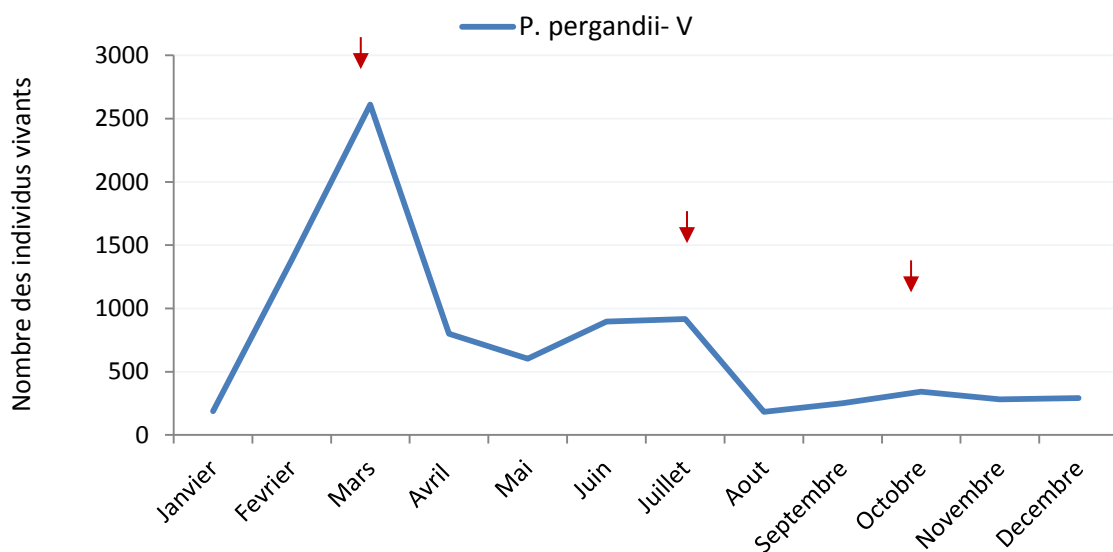
Par ailleurs, ces préférences changent fortement avec les saisons de l'année notamment en fonction des températures ( $P = 0.0046$ ). D'après la figure 48, nous constatons que la direction Sud se trouve propice durant l'automne ( $P = 0.0034$ ) et l'hiver ( $P = 0.0123$ ) où les températures sont basses tandis que l'Est et le Nord sont les plus fréquentées durant l'été ( $P = 0.0009$ ) et le printemps ( $P = 0.4620$ ). L'orientation Ouest n'atteint presque pas les 25% et ce durant toutes les périodes de l'année.

**Figure 48 :** Distribution saisonnière des populations de *P. ziziphi* sur les directions cardinales de l'arbre d'agrume.

## 2. *Parlatoria pergandii*

### 2.1. Evolution temporelle des populations de *P. pergandii*

L'évolution temporelle des individus de *P. pergandii* sur les agrumes en Kabylie a montré une abondance élevée au mois de Mars avec **2610** individus (Figure 49). Cette abondance a manifesté une régression au cours des autres mois de l'année notamment aux mois de Juillet (**916** individus) et Novembre (**342** individus). Ces pics peuvent correspondre aux générations annuelles de cette espèce qui semble avoir le même développement e que *P. ziziphi* pour les générations printanière et estivale, mais en diffère pour la troisième génération automnale qui se remarque au mois de Novembre.



**Figure 49:** Evolution temporelle des populations de *P. pergandii* sur les agrumes en Kabylie.

### 2.2. effectif moyen par feuille et par rameau des populations de *P. pergandii* dans chaque verger expérimental

*Parlatoria pergandii* préfère les feuilles avec une moyenne de  $0.14 \pm 0.018$  individus par feuille, contre  $0.012 \pm 0.01$  individus par rameau ( $F= 116.99$  ;  $P = 0.0001$ ). Cette préférence a été constatée dans tous les vergers expérimentaux étudiés avec un facteur différentiel qui varie de 0.5 à 31 de fois plus sur la feuille que le rameau (tableau 9). Dans l'ensemble, les populations de *P. pergandii* peuvent atteindre une densité 11 fois plus élevée sur la feuille que sur le rameau.

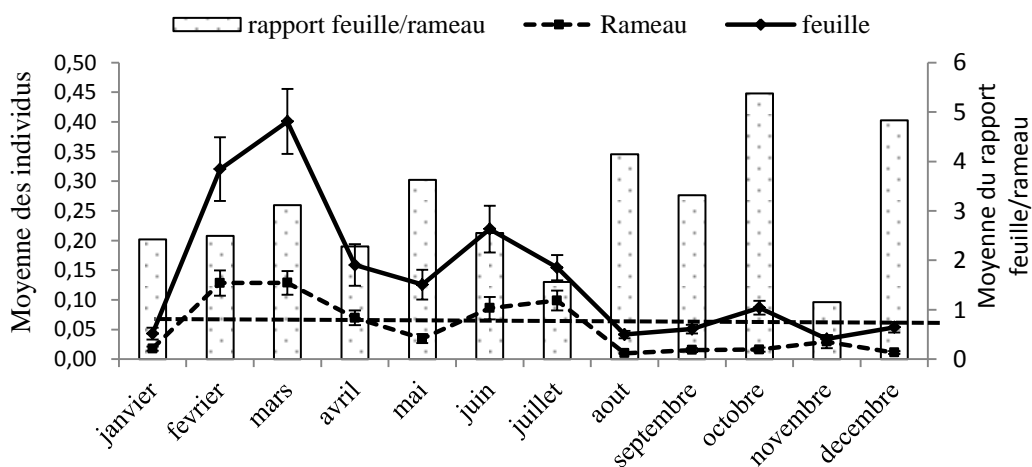
**Tableau 9.** Nombre moyen des populations de *P. pergandii* par feuille et par rameau dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

verger	Feuille		Rameau		Facteur (feuille/rameau)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0.210	0.010	0.073	0.001	1.2	0.0255
Citronnier-Chabane	0.415	0.070	0.179	0.039	2.3	0.0000
Citronnier-Irdjen	0.026	0.006	0.003	0.002	7.5	0.0031
Clémentinier-Chamlal	0.079	0.016	0.023	0.009	3.5	0.0015
Clémentinier-Irdjen	0.237	0.052	0.057	0.0130	4.2	0.0018
Org Thomson-Irdjen	0.172	0.030	0.074	0.019	2.3	0.0104
Org Thomson-Tazmalt	0.010	0.005	0.000	0.000	31.5	0.0477
Org Thomson-Chabane	0.203	0.040	0.096	0.028	2.1	0.0000
<b>Total</b>	<b>0.141</b>	<b>0.018</b>	<b>0.012</b>	<b>0.013</b>	<b>11.8</b>	<b>0.0000</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

### 2.3. Evolution temporelle des populations de *P. pergandii* sur les feuilles et les rameaux des agrumes

L'évolution annuelle de la moyenne des individus vivants sur les feuilles et les rameaux des agrumes (Figure 50) montre une différence d'abondance entre tous les mois de l'année avec une préférence perpétuée pour la feuille. Le mois de Mars semble être le plus favorable au développement des populations de *P. pergandii* qui ont atteint une densité maximale moyenne de 0.40 individus par feuille contre 0.13 individus par rameau. Cette évolution a montré deux autres pics importants notamment aux mois de Juin et Octobre.



**Figure 50 :** Evolution annuelle de la moyenne du nombre d'individus femelles vivants de *P. pergandii* sur les feuilles et les rameaux d'agrumes ainsi que le rapport feuille/rameau.

Le facteur différentiel entre la feuille et le rameau montre que les individus de *P. pergandii* ont toujours une préférence de fixation pour la feuille (Figure 50). Le nombre de multiplications des populations de *P. pergandii* sur la feuille est représenté par la ligne horizontale qui dépasse la moyenne 1 (Figure 50) durant tous les mois de l'année, à l'exception du mois de Novembre où la moyenne des individus sur la feuille est très basse.

#### 2.4. Effectifs moyens des populations de *P. pergandii* par feuille et par fruit des agrumes

Nous avons constaté, qu'en présence des fruits, les populations de *P. pergandii* infestent les feuilles plus que les fruits et les rameaux avec un pourcentage moyen de 63% ( $F = 43,86$  ;  $P = 0.0001$ ). Le nombre moyen d'individus vivants de *P. pergandii*, par feuille atteint  $0.06 \pm 0.01$  individus contre  $0.020 \pm 0.008$  individus par rameau, tandis que le fruit ne présente que  $0.013 \pm 0.004$  individus (tableau 10) (Figure 51).

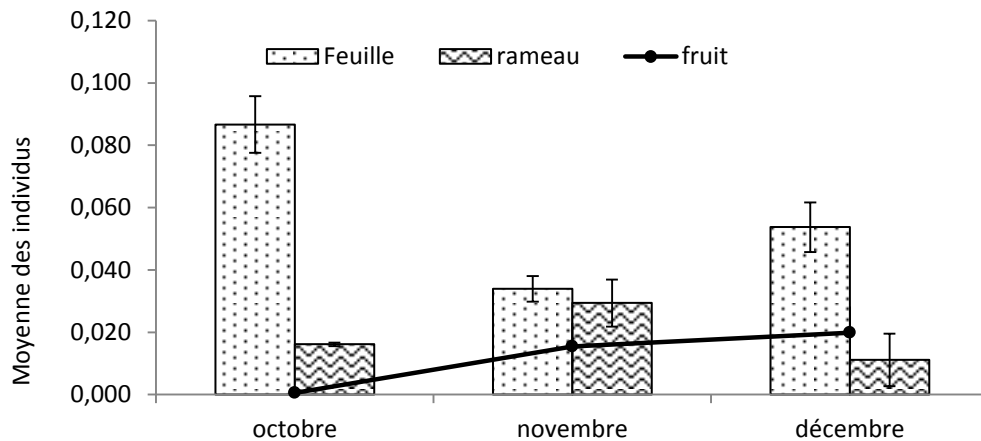
**Tableau 10.** Nombre moyen des populations de *P. pergandii* par feuille et par fruit dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

verger	Feuille		Fruit		Facteur (feuille/fruit)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0.009	0.002	0.008	0.008	1.1	0.1366
Citronnier-Chabane	0.096	0.034	0.016	0.010	5.9	0.0008
Citronnier-Irdjen	0.007	0.013	0.001	0.000	0	0.0066
Clémentinier-Chamlal	0.070	0.025	0.019	0.017	3.8	0.0049
Clémentinier-Irdjen	0.075	0.039	0.023	0.014	3.1	0.0151
Org Thomson-Irdjen	0.097	0.034	0.027	0.017	3.5	0.0042
Org Thomson-Tazmalt	0.002	0.001	0.006	0.002	0.3	0.1389
Org Thomson-Chabane	0.094	0.029	0.011	0.010	8.4	0.0084
<b>Total</b>	<b>0.060</b>	<b>0.001</b>	<b>0.013</b>	<b>0.001</b>	<b>4.6</b>	<b>0.0000</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

### 2.5. Effectifs moyens par feuille et par fruit des populations de *P. pergandii*

Le nombre moyen des individus de *P. pergandii* sur la feuille est important durant le mois d'Octobre ( $0.09 \pm 0.009$ ) avec une moyenne d'individus qui est 5 fois plus élevée sur la feuille par rapport au fruit et 3 fois plus par rapport au rameau.



**Figure 51:** Évolution temporelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de *P. pergandii* sur les feuilles, les rameaux et les fruits des agrumes.

### 2.6. Effectif moyen des populations de *P. pergandii* sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes

Les résultats de l'étude de la distribution de l'abondance des populations femelles vivantes de *P. pergandii*, sur les faces de la feuilles d'agrumes ont révélé des différences très hautement significatives pour la face supérieure qui reste le lieu préférentiel pour leur fixation avec une moyenne de  $0.10 \pm 0.013$  ( $F=32.91$  ;  $P = 0.0001$ ). Les pourcentages moyens des individus vivants sur les deux faces montrent que le nombre d'individus fixés sur la face supérieure représente le double de celui présent sur la face inférieure avec un taux de 74.8% sur la face supérieure contre 25.2% sur la face inférieure (Tableau 11). Cette préférence de fixation sur la face supérieure de la feuille a été constatée dans six des huit vergers d'agrumes expérimentaux.

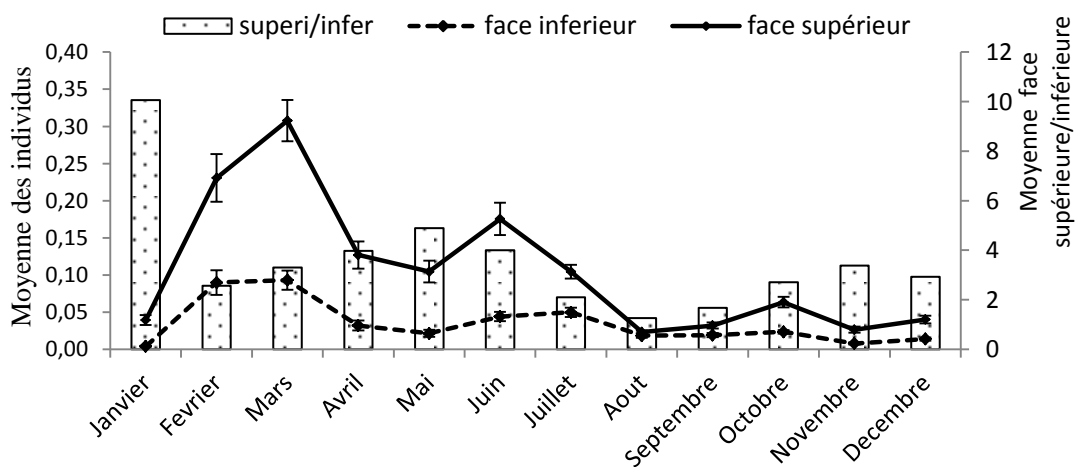
**Tableau 11.** Effectifs moyens des populations de *P. pergandii* sur les deux faces de la feuille dans chaque verger d'agrumes expérimentaux.

verger	Supérieure		Inférieure		Facteur (Supr/Infr)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0.030	0.002	0.020	0.001	1.5	0.3248
Citronnier-Chabane	0.296	0.068	0.120	0.033	2.5	0.0001
Citronnier-Irdjen	0.020	0.014	0.007	0.003	3.1	0.0416
Clémentinier-Chamlal	0.062	0.017	0.018	0.006	3.5	0.0162
Clémentinier-Irdjen	0.182	0.049	0.056	0.026	3.3	0.0001
Org Thomson-Irdjen	0.138	0.033	0.034	0.008	4.0	0.0002
Org Thomson-Tazmalt	0.008	0.005	0.002	0.001	3.2	0.1558
Org Thomson-Chabane	.158	0.039	0.045	0.010	3.5	0.0020
<b>Total</b>	<b>0.108</b>	<b>0.014</b>	<b>0.035</b>	<b>0.006</b>	<b>3.09</b>	<b>0.0000</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

### 2.7. Evolution temporelle des populations de *P. pergandii* sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes

L'évolution des moyennes des individus de *P. pergandii* sur les deux faces de la feuille est semblable avec celle de *P. ziziphi*, qui présente trois pics importants aux mois de Mars, Juin et Octobre qui correspondent aux périodes printanière, estivale et automnale. Le rapport du nombre d'individus des deux faces de la feuille est le plus élevé au mois de Mai avec une moyenne de 4.90 individus (Figure 52).

**Figure 52 :** Evolution annuelle de la moyenne des individus de *P. pergandii* sur les faces de la feuille d'agrumes ainsi que le rapport face supérieure/inférieure.

## 2.8. Effectif moyen des populations de *P. pergandii* l'échelle de frondaison de l'arbre d'agrumes

### 2.8.1. Intérieur-Extérieur

La distribution des populations sur les agrumes au niveau de la frondaison a montré que *P. pergandii* préfère l'intérieur de l'arbre ( $F= 0.00$  ;  $P = 0.0024$ ). La moyenne du nombre d'individus de *P. pergandii* dans cet endroit est de 1.4 fois plus élevée (58.8%) que l'extérieur (Tableau 12). Cette abondance au centre de l'arbre s'observe dans la plupart des vergers d'agrumes expérimentaux étudiés à l'exception du verger du citronnier de Chabane.

**Tableau 12.** Nombre moyen des femelles de *P. pergandii* sur la frondaison de l'arbre dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

verger	Intérieur		Extérieur		Facteur (Intr/Extr)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0,03	0.01	0.02	0.01	1.5	0.0248
Citronnier-Chabane	19.8	4.01	17.7	3.80	1.1	0.4326
Citronnier-Irdjen	0.89	0.34	1.04	0.36	0.9	0.0448
Clémentinier-Chamlal	1.89	0.34	3.61	0.89	0.5	0.0022
Clémentinier-Irdjen	20.9	5.34	7.37	2.31	2.8	0.0254
Org Thomson-Irdjen	13.23	3.01	6.31	1.39	2.1	0.0432
Org Thomson-Tazmalt	0.54	0.38	0.32	0.23	1.7	0.0006
Org Thomson-Chabane	7.74	2.12	9.37	2.49	0.8	0.0186
<b>Total</b>	<b>8.09</b>	<b>1.06</b>	<b>5.70</b>	<b>0.74</b>	<b>1.4</b>	<b>0.0024</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

### 2.9. Orientation cardinales de l'arbre

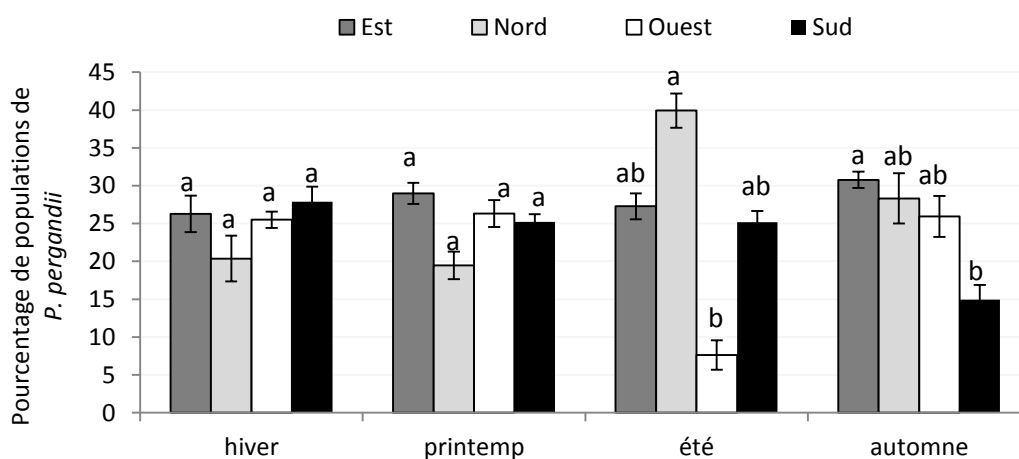
La répartition des individus vivants de *P. pergandii* sur les orientations de l'arbre d'agrumes n'a pas montré une différence de distribution ( $F= 2,85$  ;  $P = 0.0641$ ). Le nombre moyen des individus varie entre une moyenne de  $4.1 \pm 0.7$  individus à l'Ouest correspondant à un taux moyen de 18 % à et une moyenne de  $7 \pm 1.1$  individus correspondant à un taux de 30.3%.

**Tableau 13.** Nombre moyen des populations de *P. pergandii* selon les directions cardinales de l'arbre d'agrumes des vergers expérimentaux.

Verger	Est		Nord		Ouest		Sud		P
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>	
Org Washington -Freha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.4030
Citronnier-Chabane	15.6	3.4	19.8	5.7	14.3	4.2	21.4	5.4	0.0000
Citronnier-Irdjen	0.6	0.2	1.6	0.5	1.3	1.0	0.7	0.3	0.2291
Clémentinier-Chamlal	2.2	0.7	4.2	1.3	3.2	0.8	4.8	2.3	0.8888
Clémentinier-Irdjen	11.2	3.8	6.4	3.5	4.1	1.6	7.8	2.4	0.0129
Org Thomson-Irdjen	10.0	2.3	4.9	1.8	3.4	0.6	6.9	2.5	0.0799
Org Thomson-Tazmalt	0.7	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3560
Org Thomson-Chabane	8.5	2.5	8.7	2.6	6.5	2.1	13.8	4.4	0.0671
<b>Total</b>	<b>6.1</b>	<b>0.8</b>	<b>5.7</b>	<b>1.0</b>	<b>4.1</b>	<b>0.7</b>	<b>6.9</b>	<b>1.1</b>	<b>0.0641</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

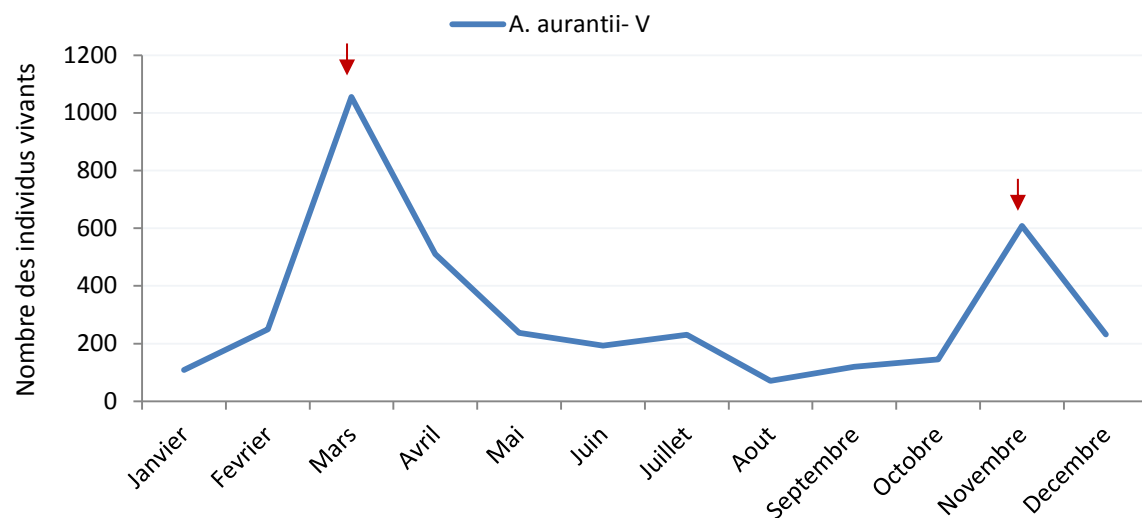
L'étude des fluctuations des populations de *P. pergandii* selon les orientations n'a pas révélé des différences significatives en fonction de la saison ( $F=0.53$  ;  $P= 0.8868$ ) et du verger ( $F= 0.01$  ;  $P= 1.0000$ ). Les populations de *P. pergandii* se trouvent distribuées d'une manière plus ou moins équilibré sur les orientations en hiver ( $F= 6.15$  ;  $P= 0.8598$ ) et au printemps ( $F= 1.07$  ;  $P= 0.3638$ ). Durant la saison estivale nous avons recensé, une population assez élevée au Nord avec un taux de 40% et très bas à l'Ouest (8%) ( $1.23$  ;  $P= 0.3013$ ), alors qu'en automne, le Sud n'a que 15% de la population ( $F=2.37$  ;  $P= 0.0715$ ) (Figure 53).

**Figure 53 :** Distribution saisonnière des populations de *P. pergandii* sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes.

### 3. *Aonidiella aurantii*

#### 3.1. Evolution temporelle des populations

L'étude des fluctuations des populations d'*A. aurantii* au cours des mois de l'année a montré la présence de deux pics importants. Le premier apparait au mois de Mars correspondant à la saison printanière avec une population de **1056** individus et qui constituait le mois le plus important. Et le deuxième qui s'observe au mois de Novembre avec une population de **608** individus (Figure 54).



**Figure 54** : Evolution temporelle des populations d'*A. aurantii* sur les agrumes en Kabylie.

#### 3.2. Nombre moyen par feuille et par rameau des populations de *P. pergandii* dans chaque verger expérimental

Les résultats ont montré que les rameaux sont plus infestés que les feuilles par *A. aurantii* avec un nombre moyen de  $0.050 \pm 0.008$  individus par rameau contre  $0.04 \pm 0.006$  individus par feuille ( $F = 185.06$  ;  $P = 0.0001$ ). Ce qui correspond à une proportion moyenne d'individus de 53.4% par rameau et 46.6% par feuille. Cette préférence de fixation sur les rameaux s'observe dans tous les vergers d'agrumes expérimentaux à l'exception du verger d'oranger Thomson où les deux organes sont infestés de la même façon (Tableau 14).

Nous trouvons globalement une population de 1.2 fois sur les rameaux que sur les feuilles avec un rapport différentiel qui peut atteindre 4 fois plus de populations sur les rameaux (Tableau 14).

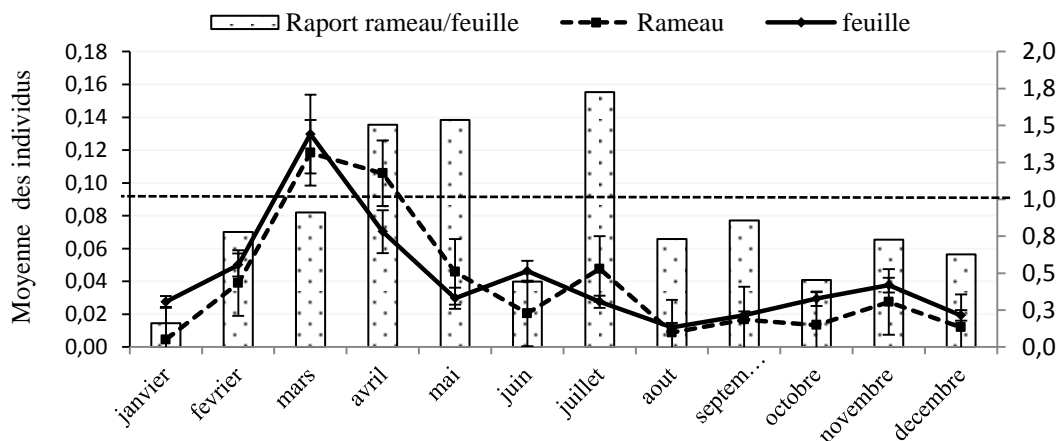
**Tableau 14.** Nombre moyen des populations d'*A. aurantii* par feuille et par rameau dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

verger	Feuille		Rameau		Facteur (rameau/feuille)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0	0	0.008	0.003	0	0.0062
Citronnier-Chabane	0.037	0.013	0.067	0.013	1.8	0.0267
Citronnier-Irdjen	0.023	0.004	0.055	0.006	2.4	0.0407
Clémentinier-Chamlal	0.008	0.003	0.031	0.009	3.9	0.0366
Clémentinier-Irdjen	0.008	0.003	0.038	0.005	4.8	0.0143
Org Thomson-Irdjen	0.014	0.012	0.038	0.011	2.7	0.0000
Org Thomson-Tazmalt	0.195	0.056	0.114	0.049	0.6	0.8001
Org Thomson-Chabane	0.024	0.005	0.054	0.008	2.3	0.0000
<b>Total</b>	<b>0.040</b>	<b>0.006</b>	<b>0.050</b>	<b>0.008</b>	<b>1.2</b>	<b>0.0001</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

### 3.3. Evolution temporelle de l'effectif moyen des populations d'*A. aurantii* sur les feuilles et les rameaux des agrumes

La préférence d'*A. aurantii* à se fixer sur le rameau est en relation avec les mois de l'année et de la saison. (Figure 55). Ainsi, un maximum d'individus est observé sur les deux organes durant la reprise végétative qui correspond au mois de Mars (Figure 55).



**Figure 55 :** Evolution annuelle de la moyenne du nombre individus femelles vivants d'*A. aurantii* sur les feuilles et les rameaux des agrumes ainsi que le rapport rameau/feuille.

### 3.4. Effectif moyen des populations d'*A. aurantii* par feuille et par fruit des agrumes

Les résultats ont montré qu'en présence des fruits, les populations d'*A. aurantii* sont plus abondantes sur ces derniers que sur les autres organes de l'arbre. Elles se trouvent doublées de 2.6 fois sur les fruits, qui correspondait à un pourcentage moyen de 36.9% ( $F = 7.50$  ;  $P = 0.0193$ ). En deuxième position viennent les rameaux (32.5%) alors que les feuilles arrivent en dernier (30.5). Le nombre moyen des individus par fruit est de  $0.075 \pm 0.013$  tandis que la feuille ne présente que  $0.029 \pm 0.023$ . Cette préférence de fixation sur les fruits est significative, elle apparaît dans sept des huit vergers d'agrumes expérimentaux avec un rapport différentiel entre les deux organes qui varie de 0.5 à 3 (Tableau 15).

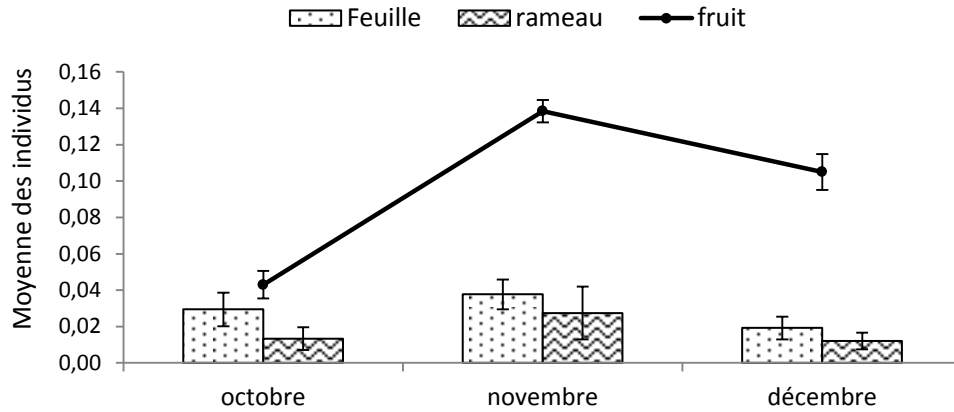
**Tableau 15.** Nombre moyen des populations d'*A. aurantii* sur les feuilles et les fruit dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

verger	Feuille		Fruit		Facteur (fruit/feuille)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0	0	0.004	0.003	0.0	0.0027
Citronnier-Chabane	0.048	0.015	0.025	0.013	0.5	0.4767
Citronnier-Irdjen	0.014	0.013	0.039	0.053	2.8	0.0069
Clémentinier-Chamlal	0.04	0.011	0.098	0.044	2.5	0.0086
Clémentinier-Irdjen	0	0	0.016	0.01	0.0	0.0035
Org Thomson-Irdjen	0.032	0.006	0.091	0.005	2.8	0.0086
Org Thomson-Tazmalt	0.097	0.006	0.297	0.128	3.1	0.0244
Org Thomson-Chabane	0	0	0.029	0.012	0,0	0.0041
<b>Total</b>	<b>0.029</b>	<b>0.023</b>	<b>0.075</b>	<b>0.013</b>	<b>2.6</b>	<b>0.0193</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

### 3.5. Evolution temporelle des populations d'*A. aurantii* sur les feuilles et les fruits des agrumes

L'évolution de la moyenne des individus d'*A. aurantii* sur le fruit augmente du mois d'Octobre au mois de Novembre de  $0.04 \pm 0.007$  individus à  $0.14 \pm 0.02$  individus par fruit (Figure 56). Durant ces trois mois, le nombre moyen se trouve doublé de 3 fois sur le fruit par rapport à la feuille et de 5 fois par rapport au rameaux (Figure 56).



**Figure 56:** Evolution temporelle de la moyenne du nombre des es individus femelles vivants d'*A. aurantii* sur les feuilles, les rameaux et les fruits des agrumes.

### 3.6. Effectif moyen des populations d'*A. aurantii* sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes

La répartition des populations d'*A. aurantii* sur les feuilles a révélé une différence significative entre les faces supérieure et inférieure. Globalement, cette nous dénombrons 3 fois plus d'individus à la face supérieure ( $F = 48.21$  ;  $P = 0.0000$ ) avec un rapport différentiel qui peut atteindre 5 (Tableau 16). Le nombre moyen d'individus vivants d'*A. aurantii* sur la face supérieure est de  $0.30 \pm 0.009$  individus qui correspond à un taux moyen de 71.8% contre  $0.010 \pm 0.003$  individus sur l'autre face pour un pourcentage moyen de 28.2% uniquement.

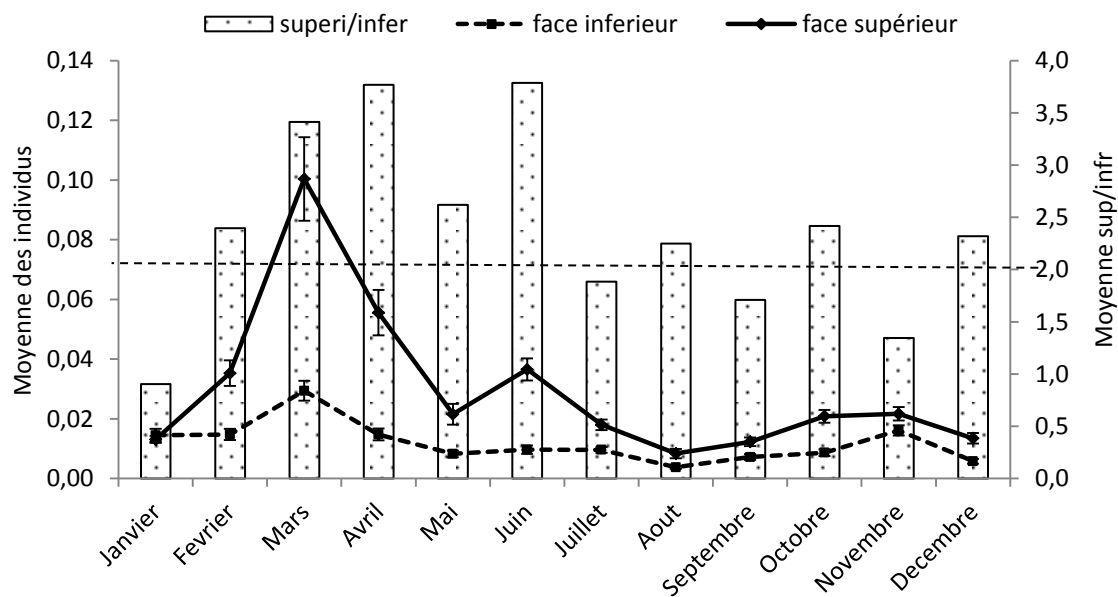
**Tableau 16.** Nombre moyen des populations d'*A. aurantii* par face de la feuille dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

verger	Supérieure		Inférieure		Facteur (Supr/Infr)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0.004	0	0.002	0.001	2.0	0.0727
Citronnier-Chabane	0.039	0.008	0.019	0.002	2.1	0.0086
Citronnier-Irdjen	0.029	0.002	0.006	0.002	4.8	0.0069
Clémentinier-Chamlal	0.006	0.001	0.0049	0.002	1.2	0.4767
Clémentinier-Irdjen	0.023	0.006	0.005	0.001	4.6	0.0035
Org Thomson-Irdjen	0.018	0.007	0.008	0.005	2.3	0.0086
Org Thomson-Tazmalt	0.09	0.003	0.024	0.007	3.8	0.0244
Org Thomson-Chabane	0.027	0.006	0.014	0.004	1.9	0.0041
<b>Total</b>	<b>0.030</b>	<b>0.009</b>	<b>0.010</b>	<b>0.003</b>	<b>3</b>	<b>0.0000</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

### 3.7. Evolution temporelle des populations d'*A. aurantii* sur la face supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes

Au cours de l'année, l'évolution des moyennes des individus d'*A. aurantii* sur les deux faces de la feuille atteint une valeur maximale de 0,10 individus au mois de Mars. Puis le nombre d'individus diminue pour atteindre 0.008 individus au mois d'Août (Figure 57). L'évolution du rapport différentiel entre les deux faces varie de 0.9 au mois de Janvier à 3.79 au mois de Juin.



**Figure 57:** Evolution annuelle du nombre moyen des individus d'*A. aurantii* sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes ainsi que le rapport face supérieure/inférieure

### 3.8. Effectif moyen des populations d'*A. aurantii* à l'échelle de la frondaison de l'arbre d'agrumes

#### 3.8.1. Intérieur-Extérieur

D'après le tableau 67, la répartition des populations d'*A. aurantii* sur la frondaison de l'arbre n'est pas significative ( $F= 1.75$  ;  $P = 1916$ ), ce qui montre que *A. aurantii* ne montre pas une préférence particulière pour l'intérieur ou l'extérieur de l'arbre d'agrumes. En effet, le nombre moyen d'individus à l'intérieur de l'arbre est de  $3.095 \pm 1.029$  contre  $2.116 \pm 0.671$  individus à l'extérieur de l'arbre et cela a été constaté dans sept des huit vergers d'agrumes expérimentaux (Tableau 17).

**Tableau 17.** Nombre moyen de populations d'*A. aurantii* sur la frondaison de l'arbre d'agrumes dans les vergers expérimentaux.

verger	Intérieur		Extérieur		Facteur (Intr/Extr)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0.213	0.051	0.179	0.013	1.2	0.6842
Citronnier-Chabane	2.657	0.088	2.112	0.076	1.3	0.1137
Citronnier-Irdjen	2.343	0.004	1.907	0.034	1.2	0.2246
Clémentinier-Chamlal	2.229	0.492	1.974	0.057	1.1	0.1154
Clémentinier-Irdjen	1.4	0.081	1.193	0.019	1.2	0.891
Org Thomson-Irdjen	3.029	0.22	0.921	0.086	3.3	0.0256
Org Thomson-Tazmalt	10.486	1.234	6.871	0.957	1.5	0.1287
Org Thomson-Chabane	2.4	0.112	1.771	0.114	1.4	0.2618
<b>Total</b>	<b>3.095</b>	<b>1.029</b>	<b>2.116</b>	<b>0.671</b>	<b>1.5</b>	<b>0.1916</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

### 3.8.2. Orientations de l'arbre d'agrumes

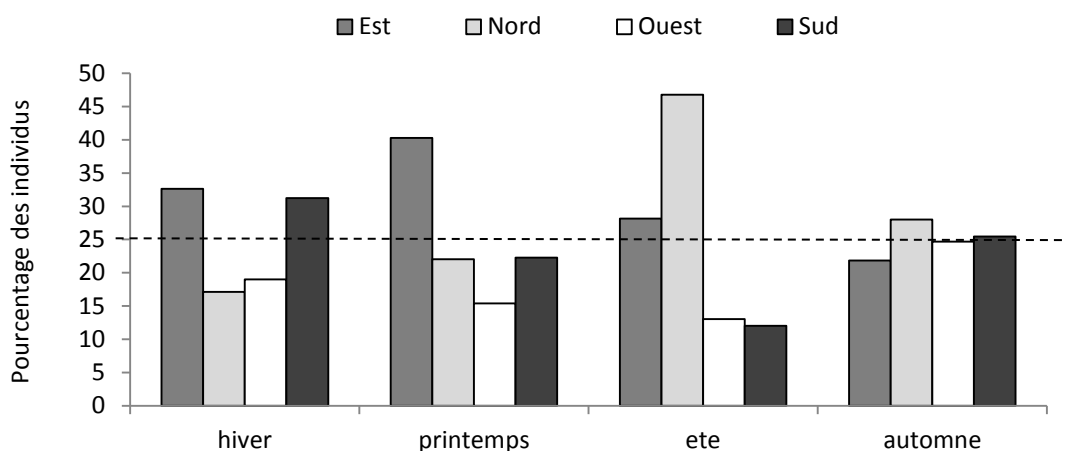
Le nombre moyen des individus d'*A. aurantii* varie de façon significative selon les orientations cardinales de l'arbre ( $F= 3.31$  ;  $P = 0.0145$ ). Globalement, le nombre moyen d'individus varie d'une valeur minimale de  $1.33 \pm 0.41$  à l'exposition l'Ouest à une moyenne maximale de  $3.04 \pm 1.4$  individus à l'Est de l'arbre (Tableau 18). L'orientation Est celle qui est la préférée par *A. aurantii* et présente un taux moyen de 35.6% individus.

**Tableau 18.** Effectif moyen des populations d'*A. aurantii* sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes dans les vergers expérimentaux.

Verger	Est		Nord		Ouest		Sud		P valeur
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
Org Washington -Freha	0.057	0.005	0.571	0.037	0.000	0.000	0.085	0.008	0.0065
Citronnier-Chabane	3.000	0.071	3.200	0.091	2.257	0.065	4.543	0.915	0.2027
Citronnier-Irdjen	2.400	0.581	2.514	0.626	1.486	0.329	1.229	0.341	0.0667
Clémentinier-Chamlal	0.657	0.032	1.000	0.003	0.829	0.200	1.543	0.130	0.9065
Clémentinier-Irdjen	1.171	0.523	1.600	0.652	0.486	0.091	1.514	0.520	0.0711
Org Thomson-Irdjen	1.886	0.259	0.743	0.187	0.314	0.004	0.743	0.102	0.2922
Org Thomson-Tazmalt	12.892	1.786	5.886	0.987	3.829	0.557	4.943	0.783	0.5108
Org Thomson-Chabane	2.257	0.701	1.600	0.412	1.486	0.519	1.743	0.577	0.1003
<b>Totale</b>	<b>3.04</b>	<b>1.4</b>	<b>2.13</b>	<b>0.58</b>	<b>1.33</b>	<b>0.41</b>	<b>2.04</b>	<b>0.56</b>	<b>0.0145</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

La saison semble avoir une très grande influence sur la répartition des populations d'*A. aurantii* au niveau de l'arbre ( $F = 0.49$  ;  $P = 0.0333$ ). En effet, nous constatons, d'après la figure 58, que, durant l'été quand les températures sont élevées, l'orientation Nord est classée en première position avec un pourcentage de 46.8% suivis par le Est (28.1%) ( $F = 2.82$  ;  $P = 0.0402$ ). Cette dernière se trouve plus favorable au développement des populations de cette cochenille au printemps avec 40.3% ( $F = 7.78$  ;  $P = 0.0001$ ). Durant l'automne, la cochenille montre aucune préférence de distribution ( $F = 2.06$  ;  $P = 0.1068$ ). Quant à l'hiver, les orientations Sud et Est sont celles qui sont propices au développement de ce ravageur ( $F = 0.12$  ;  $P = 0.0487$ ).

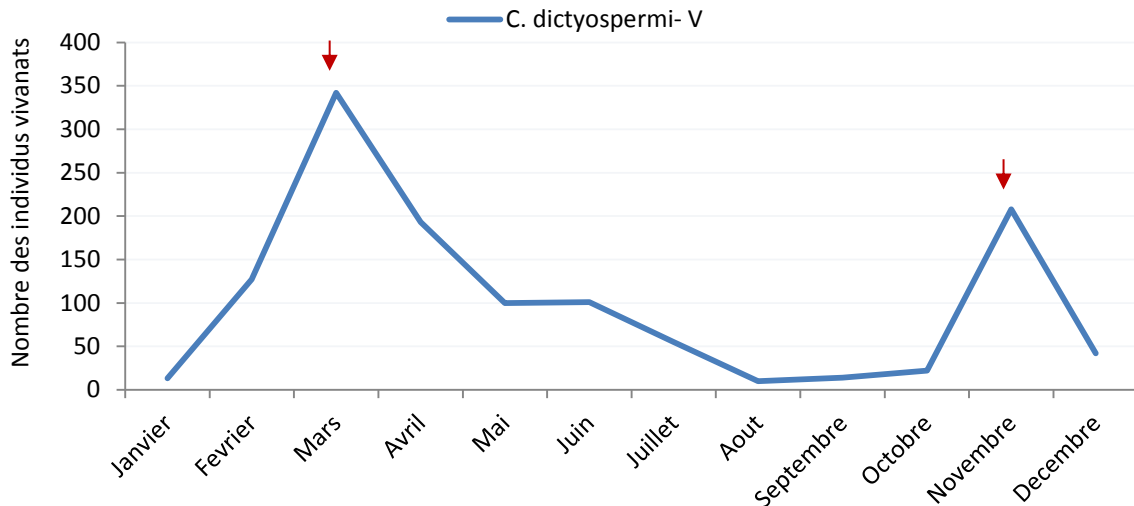


**Figure 58 :** Distribution saisonnière des populations d'*A. aurantii* sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes.

#### 4. *Chrysomphalus dictyospermi*

##### 4.1. Evolution temporelle des populations

Les populations de *C. dictyospermi* ont montré au cours de leur évolution pendant l'année, deux pics importants et distincts. Le premier apparaît au mois de Mars (saison printanière) avec un nombre de **342** individus vivants et le second au mois de Novembre (saison automnale) avec un nombre de **208** individus vivants (Figure 59). Ces deux pics peuvent indiquer la présence de deux générations de *C. dictyospermi* sur les agrumes en Kabylie. Durant les autres mois de l'année, nous avons constaté une diminution des populations de *C. dictyospermi* à partir de la mi-mars jusqu'à la période estivale pour atteindre un minimum de **10** individus au mois d'Août.



**Figure 59 :** Evolution temporelle des populations de *C. dictyospermi* sur les agrumes en Kabylie.

#### 4.2. Effectif moyen par feuille et par rameau des populations de *C. dictyospermi* dans chaque verger expérimental

Le nombre moyen des femelles de *C. dictyospermi* diffère de façon très hautement significative ( $F = 15.26$ ,  $P = 0.0001$ ) selon l'organe végétal. Nous trouvons, globalement, un nombre moyen d'individus de  $0.023 \pm 0.003$  par rameau comparé à celui sur la feuille qui est de  $0.013 \pm 0.002$  individus. Les rameaux des agrumes sont donc beaucoup plus infestés que les feuilles avec un rapport de 1.8 (Tableau 19). Cette préférence de fixation sur les rameaux apparaît dans sept des huit vergers d'agrumes expérimentaux avec un rapport différentiel qui peut aller à 2.5 fois de populations sur les rameaux que sur les feuilles. Ce rapport montre que les populations de *C. dictyospermi* se trouvent doublées sur les rameaux dans quatre vergers (Tableau 19) avec une abondance sur les rameaux dans le verger de Washington de la région de Freha où nous n'avons pas noté la présence de *C. dictyospermi* sur les feuilles.

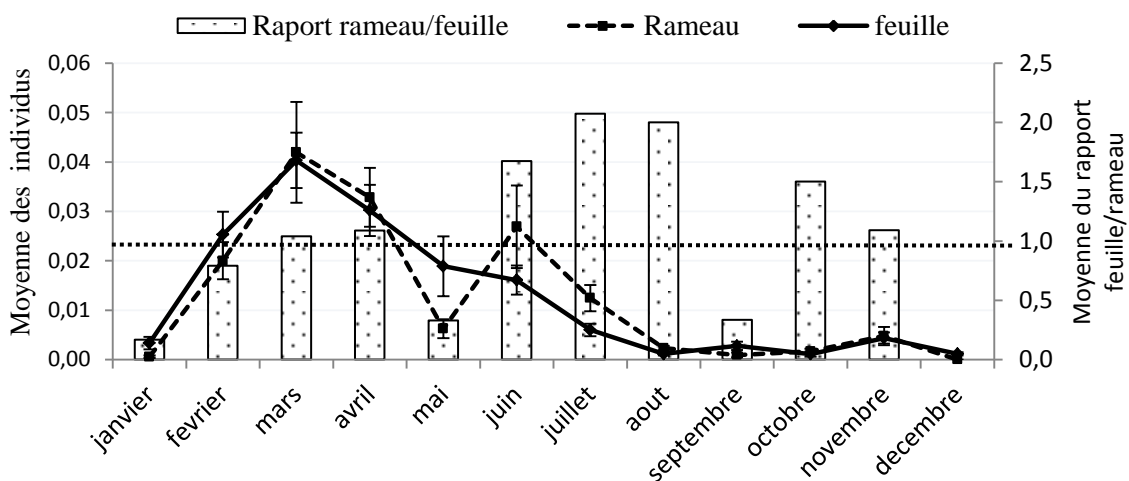
**Tableau 19.** Nombre moyen des populations de *C. dictyospermi* par feuille et par rameau dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

verger	Feuille		Rameau		Facteur (rameau/feuille)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0	0	0.003	0.001	0	/
Citronnier-Chabane	0.01	0.007	0.025	0.006	2.5	0.0005
Citronnier-Irdjen	0.009	0.009	0.022	0.01	2.4	0.0029
Clémentinier-Chamlal	0.047	0.003	0.058	0.002	1.2	0.0073
Clémentinier-Irdjen	0.015	0.002	0.021	0.004	1.4	0.0037
Org Thomson-Irdjen	0.007	0.003	0.017	0.002	2.4	0.0375
Org Thomson-Tazmalt	0.011	0.013	0.017	0.016	1.5	0.8149
Org Thomson-Chabane	0.007	0.004	0.017	0.005	2.4	0.0089
<b>Total</b>	<b>0.013</b>	<b>0.002</b>	<b>0.023</b>	<b>0.003</b>	<b>1.8</b>	<b>0.0001</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

#### 4.3. Evolution temporelle de l'effectif moyen des populations de *C. dictyospermi* sur les feuilles et les rameaux des agrumes

Le comportement de fixation des populations de *C. dictyospermi* sur les feuilles et les rameaux au cours des mois de l'année est semblable entre les deux organes (Figure 60). Nous constatons que, durant presque tous les mois, les populations de *C. dictyospermi* ne montrent pas de différences entre la feuille et le rameau et cela durant les périodes printanière, hivernale et automnale. Durant la période estivale, les femelles de *C. dictyospermi* se trouvent plus sur les rameaux.

**Figure 60 :** Evolution annuelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de *C. dictyospermi* sur les feuilles et les rameaux d'agrumes ainsi que le rapport feuille/rameau.

#### 4.4. Effectif moyen par rameau et par fruit des populations de *C. dictyospermi*

En présence des fruits, les femelles de *C. dictyospermi* se trouvent orientées vers cet organe pour se fixer. Le nombre moyen des individus par fruit est de  $0.035 \pm 0.021$  ; il représente trois fois le nombre moyen trouvé sur les rameaux ( $0.014 \pm 0.011$ ) (Tableau 20). Cette préférence de fixation sur les fruits est significative ( $F=34.35$  ;  $P= 0.0020$ ), elle apparaît dans quatre des huit vergers d'agrumes expérimentaux. Le rapport différentiel fruit/rameau est de 14.6 fois de population sur fruits.

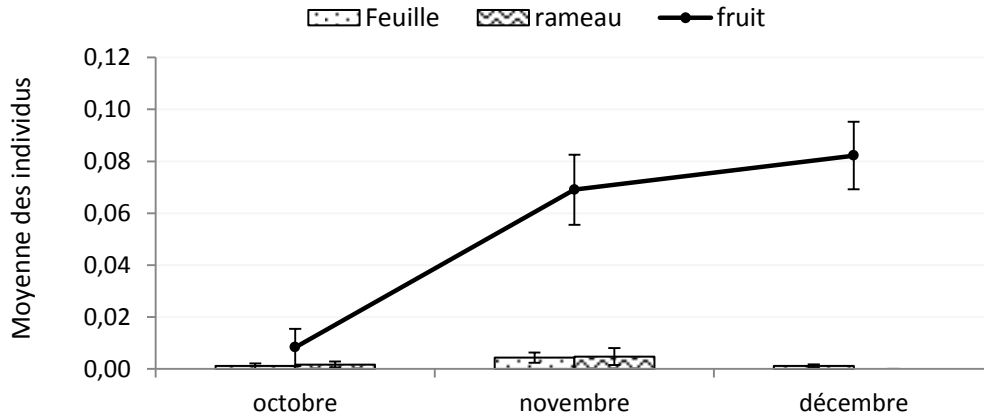
**Tableau 20.** Nombre moyen populations de *C. dictyospermi* sur les rameaux et les fruits dans les vergers d'agrumes expérimentaux.

Verger	Rameau		Fruit		Facteur (feuille/fruit)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0	0	0.001	0.000	0	/
Citronnier-Chabane	0.0012	0.001	0.022	0.017	36	0.0072
Citronnier-Irdjen	0.10	0.005	0.043	0.019	4.1	0.0013
Clémentinier-Chamlal	0.004	0.003	0.027	0.018	7.3	0.0047
Clémentinier-Irdjen	0	0	0	0	0	/
Org Thomson-Irdjen	0	0	0.001	0.001	0.0	/
Org Thomson-Tazmalt	0.002	0.001	0.185	0.0101	100	0.0003
Org Thomson-Chabane	0.001	0.001	0	0	0	/
<b>Total</b>	<b>0.014</b>	<b>0.011</b>	<b>0.035</b>	<b>0.021</b>	<b>14.6</b>	<b>0.0020</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

#### 4.5. Evolution temporelle des individus vivant sur les feuilles et les fruits des agrumes

Des trois organes végétaux étudiés, le fruit apparaît comme organe privilégié de l'infestation et le lieu préférentiel pour le développement de *C. dictyospermi* (Figure 61). D'après cette figure, les populations de *C. dictyospermi* montrent une évolution progressive sur les fruits du mois d'Octobre avec une moyenne de  $0.01 \pm 0.007$  jusqu'à une moyenne de  $0.08 \pm 0.013$  au mois de Décembre. La moyenne des populations femelles se trouve multipliée par 8 fois quand le fruit est complètement mûr correspondant au mois de Décembre.



**Figure 61:** Evolution temporelle de la moyenne du nombre des individus femelles vivants de *C. dictyospermi* sur les feuilles, les rameaux et les fruits des agrumes.

#### 4.6. effectif moyen des populations de *C. dictyospermi* sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes

L'étude de l'abondance des populations de *C. dictyospermi* sur les deux faces de la feuille a montré une moyenne très élevée sur la face supérieure avec  $0.010 \pm 0.003$  individus qui représente le double de la population présente sur la face inférieure ( $0.005 \pm 0.001$ ) de la feuille (Tableau 21) où le rapport différentiel peut atteindre 6 fois sur la face supérieure. Cette différence est significative ( $F = 12.89$  ;  $P = 0.0016$ ) et se trouve dans six des vergers expérimentaux.

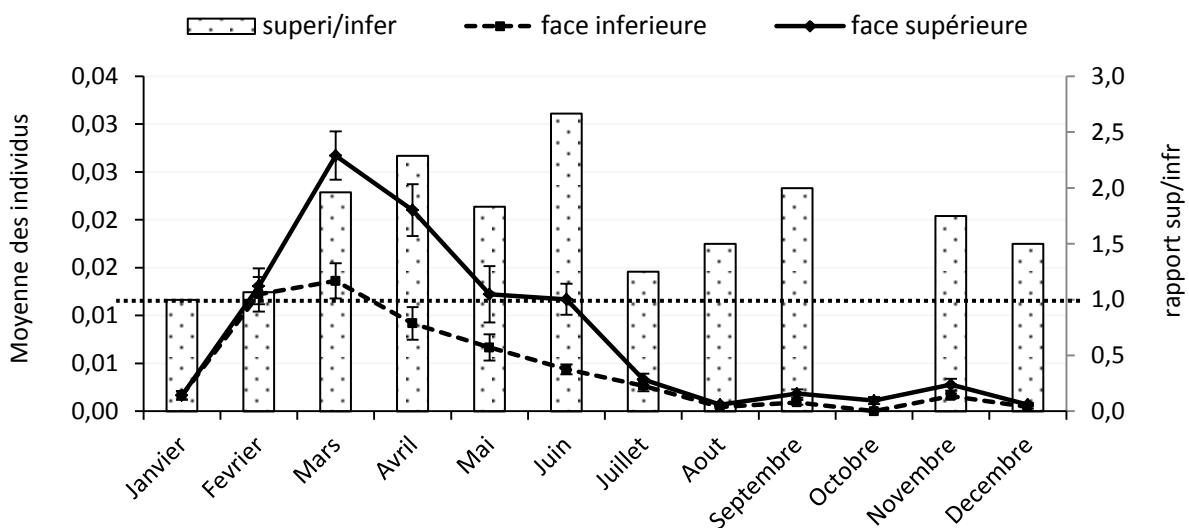
**Tableau 21.** Nombre moyen des populations de *C. dictyospermi* par face de la feuille d'agrumes dans les vergers expérimentaux.

Verger	Supérieure		Inférieure		Facteur (Supr/Infr)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0.003	0.001	0.001	0.000	3.0	0.0316
Citronnier-Chabane	0.035	0.005	0.011	0.004	3.2	0.0069
Citronnier-Irdjen	0.009	0.004	0.008	0.001	1.1	0.0992
Clémentinier-Chamlal	0.003	0.001	0.004	0.001	0.8	0.0870
Clémentinier-Irdjen	0.005	0.002	0.001	0.000	5	0.0046
Org Thomson-Irdjen	0.006	0.003	0.001	0.000	6	0.0031
Org Thomson-Tazmalt	0.017	0.006	0.007	0.003	2.4	0.0038
Org Thomson-Chabane	0.010	0.004	0.005	0.002	2	0.0020
<b>Total</b>	<b>0.01</b>	<b>0.003</b>	<b>0.005</b>	<b>0.001</b>	<b>2.2</b>	<b>0.0016</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

#### 4.7. Evolution temporelle des populations de *C. dictyospermi* sur la face supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes

La préférence de fixation sur la face supérieure de la feuille est vérifiée pendant tous les mois de l'année (Figure 62) avec un maximum de population sur cette face en période printanière particulièrement au mois de Mars ( $0.027 \pm 0.003$  individus). Cependant, cette moyenne diminue progressivement pour atteindre  $0.001 \pm 0.000$  individus durant la période estivale (au mois d'Août). Nous constatons que, le rapport différentiel face supérieure/inférieure, le plus élevé, est obtenu durant le mois de Juin avec 2.67 fois plus d'individus sur la face supérieure.



**Figure 62** : Evolution annuelle de la moyenne du nombre d'individus de *C. dictyospermi* sur les faces supérieure et inférieure de la feuille d'agrumes ainsi que le rapport face supérieure/inférieure.

#### 4.8. Effectif moyen des populations de *C. dictyospermi* à l'échelle de la frondaison de l'arbre d'agrumes

##### 4.8.1. Intérieur-Extérieur

Sur l'arbre, les populations de *C. dictyospermi* se répartissent d'une manière plus ou moins équilibrée sans montrer une préférence entre l'intérieur et l'extérieur de l'arbre ( $F= 0.36$  ;  $P = 0.1917$ ) (Tableau 22). Ce comportement de distribution ressemble à celui d'*A. aurantii* et se trouve dans tous les vergers d'agrumes expérimentaux.

**Tableau 22.** Nombre moyen des populations de *C. dictyospermi* sur la frondaison de l'arbre d'agrumes des vergers expérimentaux.

Verger	Intérieur		Extérieur		Facteur (Intr/Extr)	P valeur
	Moy	ErS <sup>1</sup>	Moy	ErS <sup>1</sup>		
Org Washington -Freha	0.343	0.078	0.071	0.028	0.2	0.7782
Citronnier-Chabane	1.086	0.081	1.364	0.015	1.3	0.1355
Citronnier-Irdjen	1.800	0.038	0.650	0.014	0.4	0.1804
Clémentinier-Chamlal	0.343	0.047	0.300	0.012	0.9	0.4928
Clémentinier-Irdjen	0.343	0.069	0.421	0.032	1.2	0.9091
Org Thomson-Irdjen	0.457	0.091	0.421	0.058	0.9	0.0919
Org Thomson-Tazmalt	1.000	0.071	1.621	0.78	1.6	0.8939
Org Thomson-Chabane	0.829	0.044	0.793	0.046	1	0.0683
<b>Total</b>	<b>0.775</b>	<b>0.171</b>	<b>0.705</b>	<b>0.177</b>	<b>0.9</b>	<b>0.1970</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

#### 4.8.2. Orientations cardinales de l'arbre

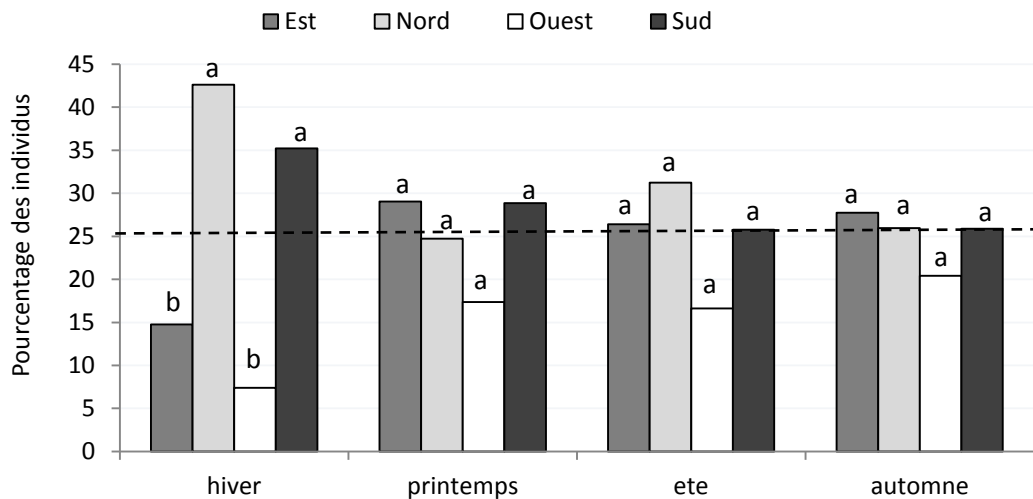
Cette cochenille n'a pas montré une différence de fixation et de distribution sur les directions cardinales de l'arbre ( $F= 1.65$  ;  $P = 0.1708$ ) (Tableau 23). Le nombre moyen des individus varie d'une moyenne basse de  $0.464 \pm 0.115$  individus à une moyenne maximale de  $0.836 \pm 0.29$  individus au Nord. Par ailleurs, ce comportement de répartition sur la canopée externe de l'arbre n'est pas lié au verger ( $F= 0.49$  ;  $P= 0.964$ ) ni à la saison ( $F= 0.84$  ;  $P = 0.6323$ ).

**Tableau 23.** Effectif moyen des populations de *C. dictyospermi* sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes dans les vergers expérimentaux.

Verger	Est		Nord		Ouest		Sud		P valeur
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
Org Washington -freha	0.057	0.004	0.086	0.003	0.143	0.008	0.000	0.000	0.3518
Citronnier-Chabane	0.857	0.046	1.971	0.095	0.914	0.0383	1.714	0.064	0.0154
Citronnier-Irdjen	1.086	0.520	0.343	0.069	0.486	0.037	0.686	0.084	0.8285
Clémentinier-Chamlal	0.086	0.008	0.514	0.082	0.171	0.026	0.429	0.054	0.3982
Clémentinier-Irdjen	0.886	0.057	0.257	0.038	0.086	0.008	0.457	0.006	0.4011
Org Thomson-Irdjen	0.057	0.005	0.343	0.021	0.286	0.033	0.743	0.046	0.0912
Org Thomson-Tazmalt	1.800	0.091	2.457	0.097	0.943	0.056	1.286	0.040	0.3671
Org Thomson-Chabane	0.543	0.098	0.714	0.062	0.686	0.055	1.229	0.004	0.5294
<b>Total</b>	<b>0.672</b>	<b>0.203</b>	<b>0.836</b>	<b>0.291</b>	<b>0.464</b>	<b>0.115</b>	<b>0.818</b>	<b>0.184</b>	<b>0.1708</b>

<sup>1</sup>Erreur Standard

Dans la figure 63, nous remarquons une diminution des populations de *C. dictyospermi* à l'Ouest durant l'hiver ( $F= 5.68$  ;  $P = 0.0010$ ). Globalement, l'analyse statistique n'a pas révélée une différence de distribution sur les orientations de l'arbre en fonction des saisons printanière ( $F= 0.19$  ;  $P = 0.8999$ ), estivale ( $F= 0.42$  ;  $P = 0.7387$ ) et automnale ( $F= 0.10$  ;  $P = 0.9585$ ).



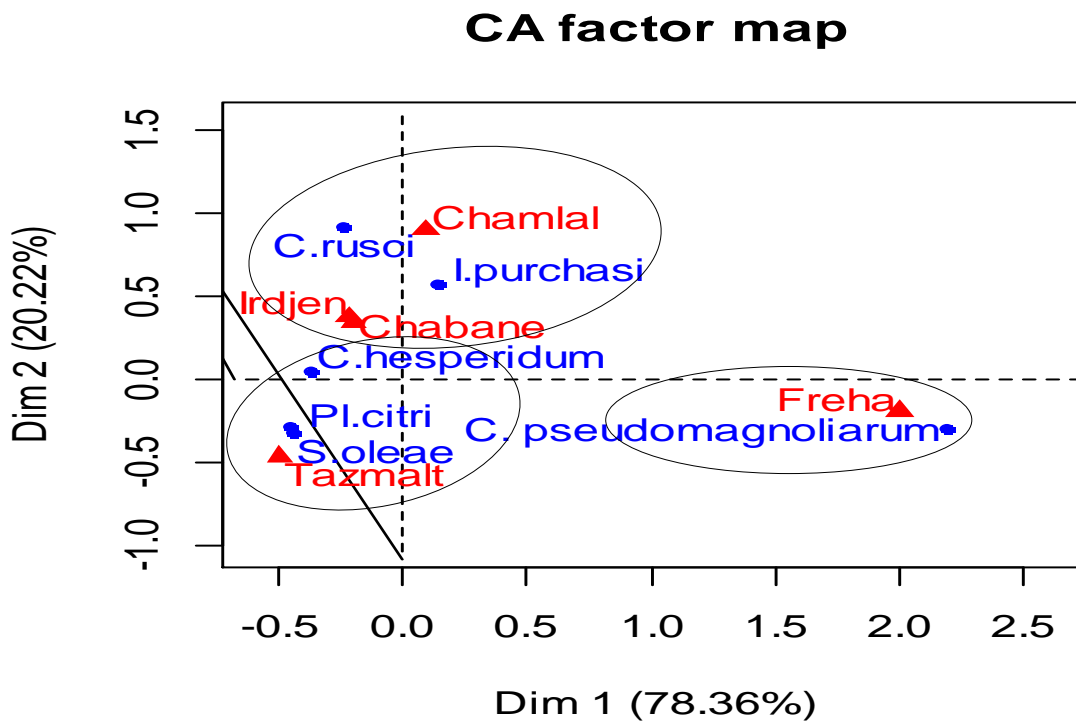
**Figure 63 :** Distribution saisonnière des populations de *C. dictyospermi* sur les directions cardinales de l'arbre d'agrumes.

## 5. Etude de la distribution spatiotemporelle des espèces *C. hesperidum*, *C. rusci*, *P. citri*, *C. pseudomagnoliarum*, *S. oleae* et *I. purchasi*

### 5.1. Distribution spatiale des populations de cochenilles en fonction des régions

L'AFC de la figure 64 illustre l'affinité des espèces de cochenille inventoriées avec la région. Cette représentation nous a permis de désigner trois groupes d'affinité projetés sur un plan de deux axes d'un total de signification de 95%.

- Groupe 1 : *C. pseudomagnoliarum* domine dans la région de Freha.
- Groupe 2 : les espèces de Coccidae *P. citri*, *C. hesperidum* et *S. oleae* montrent une corrélation avec la région de Tazmalt.
- Groupe 3 : présence des espèces *I. purchasi* et *C. rusci* dans les régions de Chamlal, Chabane et Irdjen.

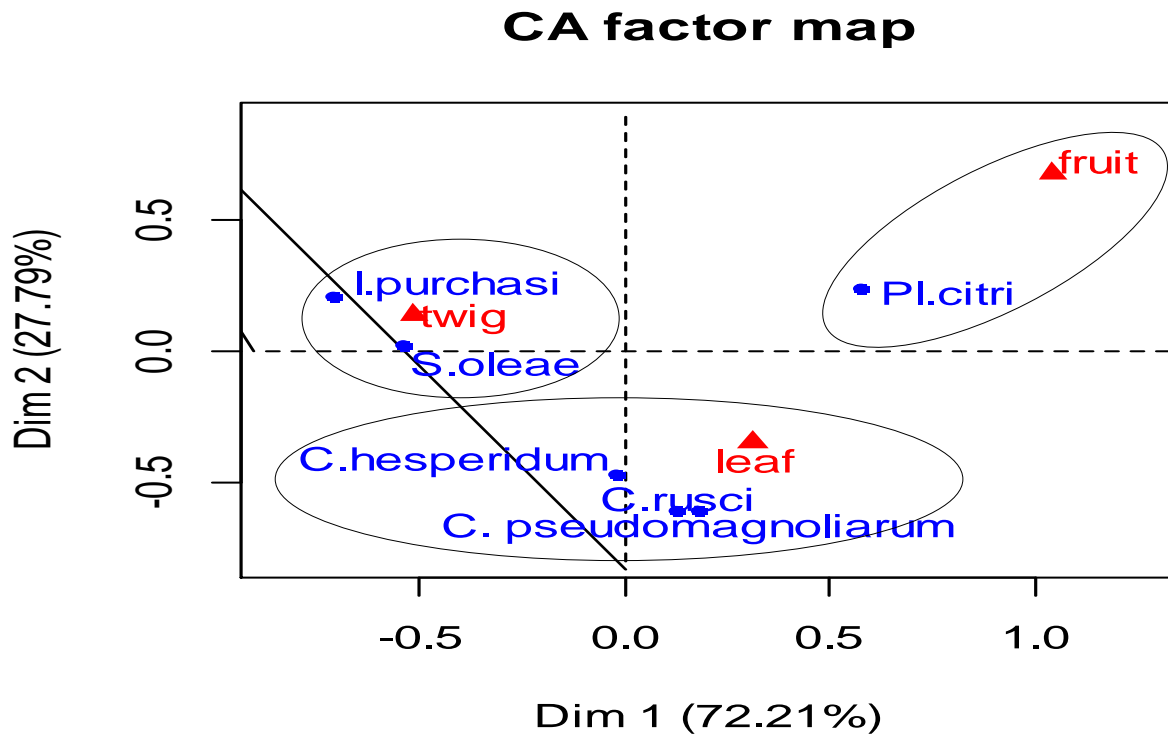


**Figure 64** : Noyaux de distribution spatiale et d'affinité des espèces de cochenilles avec les régions d'étude sur un plan factoriel F1 × F2.

### 5.2. Distribution spatiale des populations de cochenilles en fonction des organes végétaux de l'arbre d'agrumes

La figure 65 projette l'affinité et la distribution des espèces de cochenilles sur les organes aériens de l'arbre d'agrumes sur un plan de signification de 100%. Trois noyaux homogènes sont distingués :

- Groupe 1 : l'espèce *P. citri* envahie principalement les fruits.
- Groupe 2 : les espèces *I. purchasi* et *S. oleae* se trouvent sur les rameaux.
- Groupe 3 : les espèces *C. hesperidum*, *C. pseudomagnoliarum* et *C. rusci* sont rattachées aux feuilles.

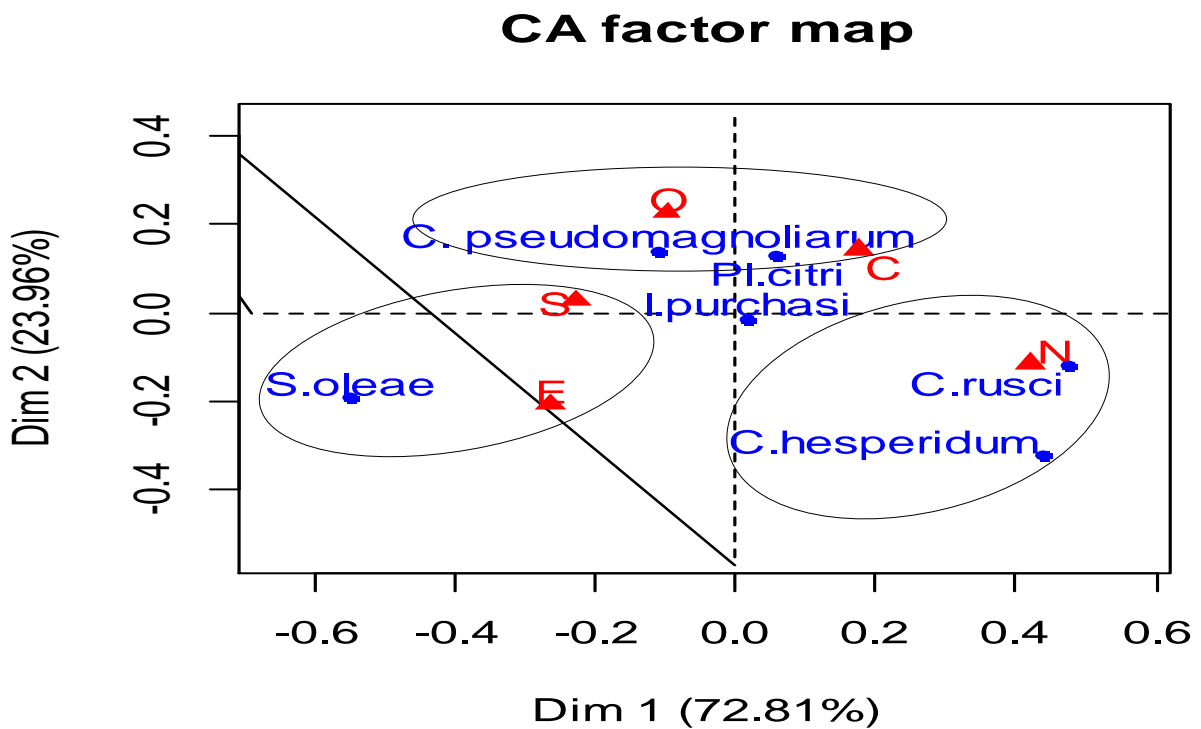


**Figure 65:** Noyaux de distribution spatiale et d'affinité des espèces de cochenilles avec les organes végétaux de l'arbre d'agrumes selon un plan factoriel F1 × F2.

### 5.3. Distribution spatiale des populations de cochenilles en fonction des directions cardinales de l'arbre.

La répartition des cochenilles sur la frondaison de l'arbre est représentée dans la figure 66, qui découle d'une signification de 98% du total des deux axes. Cette distribution est schématisée en trois groupes homogènes :

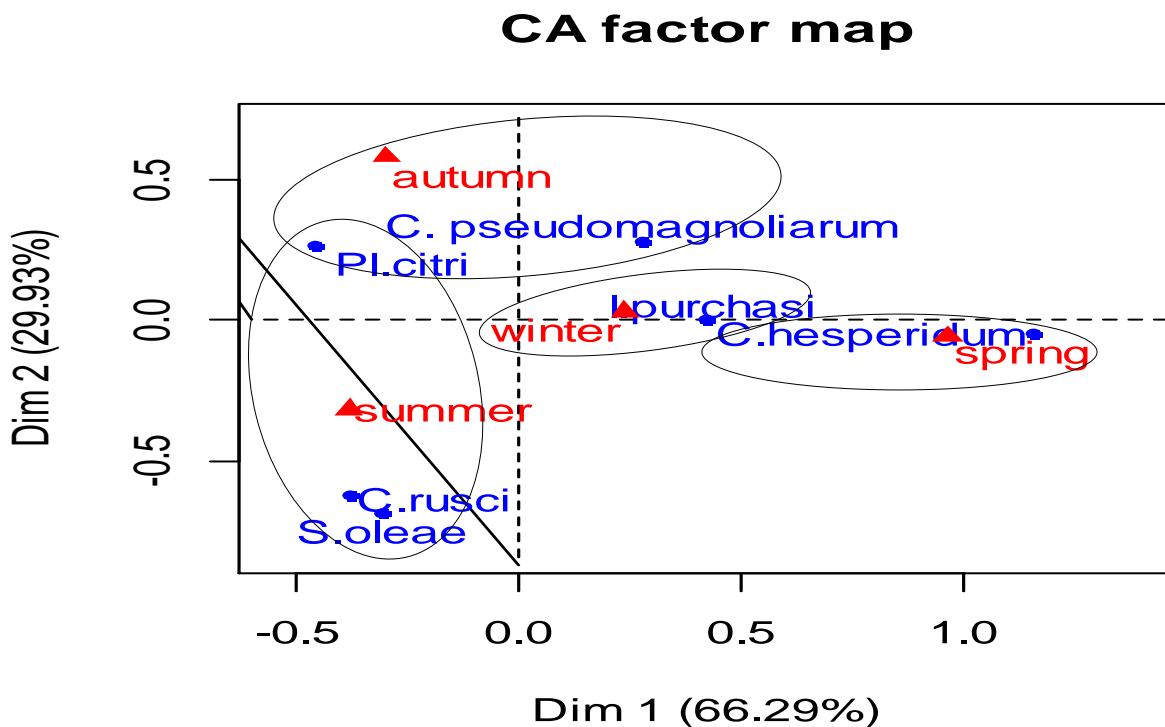
- Groupe 1 : *C. rusci* et *C. hesperidum* sont plus abondantes au niveau de l'orientation Nord de l'arbre.
- Groupe 2 : e *P. citri*, *I. purchasi* et *C. pseudomagnoliarum* sont présentes beaucoup plus au niveau de l'orientation Sud et au Centre de l'arbre.
- Groupe 3 : *S. oleae* se trouve au niveau des orientations Est et Sud..



**Figure 66** : Noyaux de distribution spatiale et d'affinité des espèces de cochenilles avec les orientations de l'arbre d'agrumes selon un plan factoriel  $F1 \times F2$ .

#### 5.4. Distribution des populations de cochenilles en fonction de la saison

La corrélation des espèces de cochenilles avec les saisons est représentée dans la figure 67. A partir de cette dernière, qui possède un niveau de signification de 96% du total des deux axes, nous avons distingué quatre groupes homogènes. Trois de ces groupes relient positivement et respectivement les espèces *C. hesperidum* au printemps, *I. purchasi* à l'hiver et *C. pseudomagnoliarum* à l'automne. L'espèce *P. citri* se trouve présente en été et en automne. Le quatrième groupe relie négativement *C. rusci* et *S. oleae* à l'été.



**Figure 67** : Noyaux de distribution temporelle et d'affinité des espèces de cochenilles avec les saisons selon un plan factoriel F1 × F2.

## II. Discussion

Il ressort de cette étude que les populations de Coccoidea inventoriées sur les agrumes en Kabylie diffèrent entre elles par rapport aux lieux de fixation et d'alimentation à savoir les feuilles, les rameaux et les fruits.

Nos résultats ont montré, qu'en premier lieu, *P. ziziphi* et *P. pergandii* ont une préférence pour les feuilles alors qu'*A. aurantii* et *C. dictyospermi* préfèrent les rameaux plus que les feuilles. Par contre, en présence des fruits, ces dernières développent des populations importantes sur ces organes. En second lieu, ces quatre espèces de diaspines ont une grande préférence à se fixer sur la face supérieure de la feuille.

Nos résultats confirment les travaux de plusieurs auteurs qui ont souligné la présence de *P. ziziphi* et *P. pergandii* sur les feuilles comme organe principal d'infestation et sites d'alimentation (Gomez -Clemente, 1943 ; Beardsley & González, 1975 ; Dekl, 1976 ; Blackburn & Millert, 1984 ; Fasulo & Brooks, 1997 ; Coll & Abd-rabou, 1998 ; Quilici,

2003 ; Miller & Davidson, 2005 ; Podsiadlo & Bugila, 2007 ; Tawfeek, 2012 ; Moisés Méndez-Toribio, 2014).

Les espèces *A. aurantii* et *C. dictyospermi* développent leurs populations sur les rameaux et les fruits. Ces constatations concordent avec celles de Carroll & Luck (1984a) qui ont trouvé les densités maximales d'*A. aurantii* sur les fruits estimées de 2 à 5 fois plus abondantes que sur les feuilles et les rameaux. De même, Garcia-Mari (2012) souligne un taux de 75% de populations d'*A. aurantii* sur les fruits en Espagne. De leur côté, Alexandrakis & Michelakis (1980) trouvent dans les orangers environ 6 fois plus d'individus sur les fruits et les rameaux que sur les feuilles en Egypte. Ces mêmes auteurs ont souligné qu'en absence des fruits, les rameaux de mandarinier sont les strates les plus attaquées par *A. aurantii* avec approximativement 12 fois plus d'individus que sur les autres organes de l'arbre.

Nos résultats s'opposent à ceux d'Asplano & Garcia-mari (1998) qui ont rapporté qu'*A. aurantii* préfère les feuilles. Il en est de même pour ceux de Pérez Ibanez & Llorens Elkiment (1977) qui ont souligné que les feuilles constituent l'organe préféré par *C. dictyospermi* et qu'elle est moins abondante sur les rameaux (Gomez -Clemente, 1943).

L'affinité pour la face supérieure de la feuille d'agrumes est observée pour les quatre espèces de diaspiques. Nos résultats concordent avec ceux de Tawfeek & Abu-shall (2010) qui soulignent une abondance de 85.8% de *P. ziziphi* sur la face supérieure de la feuille des agrumes contre 14.2% sur la face inférieure. De même, Tawfeek (2012) note une moyenne de 464.7 individus sur la face supérieure contre une moyenne de 56.5 sur la face inférieure des feuilles du citronnier. Une autre espèce de diaspique en l'occurrence *Lepidosaphes beckii* a atteint une densité trois fois plus élevée à la face supérieure des feuilles d'agrumes (Rodrigo & Garcia-Mari, 1994).

Dans le présent travail, la préférence affichée pour la face supérieure de la feuille est observée dans presque tous les vergers sans aucune relation avec l'espèce d'agrumes, ce qui a été constaté aussi par Tawfeek (2012) sur l'infestation de la face supérieure pour toutes les espèces d'agrumes étudiées en Egypte.

Concernant la distribution des populations des espèces *P. citri*, *S. oleae*, *C. rusci*, *C. hesperidum*, *I. purchasi* et *C. pseudomagnoliarum* sur les organes aériens de l'arbre d'agrumes, les résultats ont montré que, les fruits sont plus exposés aux infestations de la cochenille farineuse *P. citri* en se localisant au lombaire et aux points de rattachement des

fruits aux rameaux et aux feuilles. Cette cochenille développe des populations importantes en été et en automne. Ces résultats sont similaires à ceux de Gomez-Clemente (1943) et Abdelkhalek et al. (1998) qui ont souligné que les populations de *P. citri* sont très importantes entre les mois de Juin et Décembre infligeant des dégâts importants aux fruits.

Les rameaux sont les organes préférés par *I. purchasi* et *S. oleae*, durant toute l'année notamment en hiver. Ce qui a été constaté par Ebeling (1959) et Costa-Comelles et al. (2001), qui ont remarqué la présence de ces espèces sur les rameaux pendant toute l'année. Les feuilles quant à elles, constituent un endroit idéal au développement de *C. hesperidum*, *C. rusci* et *C. pseudomagnoliarum*. Nos résultats rejoignent ceux de Gomez-Clemente (1943), Ebeling (1959) et Garcia-Mari (2012) qui ont rapporté que ces espèces se trouvent alignées et localisées le long de la nervure centrale de la feuille.

La répartition des populations des cochenilles inventoriées sur l'arbre d'agrumes a montré que *P. ziziphi*, *P. pergandii*, *C. pseudomagnoliarum*, *P. citri* et *I. purchasi* préfèrent l'intérieur de la frondaison, ce qui n'est pas le cas pour *A. aurantii* et *C. dictyospermi* qui manifestent une répartition plus ou moins équilibrée sur l'arbre. Nos résultats sont similaires à ceux de Gomez-Clemente (1943) et Garcia-Mari (2010).

De même, nous avons noté que l'abondance des populations au centre de l'arbre n'est pas fixe et homogène, mais change considérablement avec le verger. Ce qui peut être expliqué par l'influence de plusieurs paramètres tels que la structure du verger, l'âge et la taille des arbres ainsi que la distance entre ces derniers, dont la conséquence majeure est l'augmentation de l'humidité par la mauvaise aération et la mauvaise pénétration des rayons lumineux et des traitements chimiques.

Les conditions climatiques à travers l'insolation directe, la température et l'humidité, paraissent aussi responsables de la diminution des populations à l'extérieur de l'arbre ainsi que de l'établissement d'une préférence pour un organe ou une partie ombragée de l'arbre. Ce qui a été confirmé par l'analyse de la régression multiple entre le nombre des individus de cochenilles et les facteurs climatiques tel que l'humidité relative.

Sigwalt (1971) a souligné la mortalité importante des larves du premier stade par l'insolation maximale et directe sur les feuilles de la couronne externe de l'arbre. E l-Bolok (1984), de son côté, a noté que la densité de population est influencée positivement et significativement par la température et négativement par l'humidité relative et les

précipitations. Quant à Ramlov (2000), Sinclair et *al.*(2003) et Hance et *al.* (2007), ils ont mis l'accent sur les températures qui influencent fortement les mécanismes physiologiques des larves, et par conséquent, les conditions de nombreuses stratégies comportementales.

La distribution globale et saisonnière des populations de cochenilles sur la frondaison extérieure de l'arbre montre une grande variabilité. Dans notre étude, c'est le paramètre le plus hétérogène.

Nous avons constaté que les orientations Est et Sud se montrent favorables au développement de *P. ziziphi*, *P. pergandii*, *A. aurantii* et *S. oleae*, alors que la direction Nord, qui est préféré par *C. rusci*, *C. dictyospermi* et *C. hesperidum*. Cette distribution à l'extérieur de l'arbre varie fortement avec les saisons. En effet, la direction Sud se trouve favorable et fréquentée par les cochenilles durant les périodes hivernales et automnales quand les températures sont basses.

Le choix pour cette orientation peut être due aux vents chauds du Sud de l'Algérie. Les autres directions telles que le Nord et l'Est sont fréquentées en été et au printemps. Le choix pour ces différentes directions cardinales sur l'arbre est fortement dû à la recherche des conditions favorables par les larves néonates. Nos résultats sont en accord avec ceux de Darwish (2016) qui a constaté que la direction Est est la plus infestée par *P. ziziphi* avec un taux de 36% suivie du Sud avec 26.97% puis l'Ouest qui enregistre le taux d'infestation le plus bas (21.94%)

L'abondance, la préférence et la distribution des populations femelles des cochenilles sur certains organes ou sur une partie de l'arbre peuvent être attribuées à l'interaction entre les conditions d'accueil des plantes et les conditions environnementales favorables (température et humidité relative) qui influencent les paramètres écologiques, physiologiques et comportementaux des larves néonates.

En outre, le déplacement de ces larves sur l'arbre est en relation avec une combinaison des stimuli afin de localiser l'endroit de fixation sur l'hôte dans l'environnement immédiat (Quirion & Bourbeau, 1994). Ces stimuli sont d'ordre visuel et olfactif (Derridj, 1996), gustatif et chimique où le contenu en substances chimiques de la plante est vérifié par l'insecte (Vanloon, 1996 ; Jolivet, 1998 ; Barbehenn et *al.*, 1999). Selon Barbosa & Wagner (1989), Quirion & Bourbeau (1994) et Beardsley & Gonzalez (1975), la perception des couleurs, la forme de la plante hôte et le thigmotactisme jouent aussi un rôle principal dans le choix du site de

fixation. Ajoutant à ceci, la pousser de sève qui influence les qualités gustative et nutritionnelle des organes aériens de l'arbre d'agrumes qui a pour conséquence l'altération du régime alimentaire de ces phytophages.

Nous pouvons conclure que *P. ziziphi* est l'espèce de cochenille la plus envahissante des feuilles et que *I. purchasi* et *S. oleae* sont les espèces les plus fréquentes sur les rameaux. Le fruit, quant à lui, constitue l'organe végétal le plus ciblé par *P. citri*, *A. aurantii* et *C. dictyospermi*. Le centre de l'arbre semble être l'endroit le plus recherché au développement de nombreuses espèces de cochenilles.

**Chapitre 7**  
**Régulation des populations des**  
**cochenilles des agrumes en Kabylie**

Dans cette partie, nous avons comparé les facteurs de mortalité recensés en fonction des vivants pour identifier le facteur le plus efficace dans la régulation des populations de cochenilles. De plus, pour les espèces de la famille des Diaspididae (Ravageur plus importants), nous avons complété les résultats obtenus par une Analyse Factorielle de Correspondance (AFC).

## I. Résultats

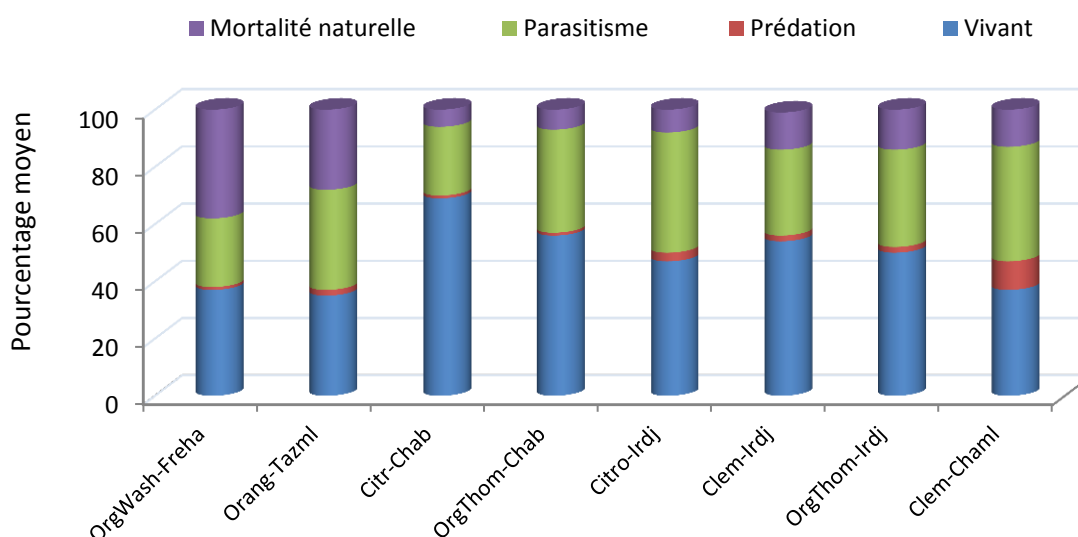
### A. Etude des facteurs de mortalité en fonction des individus vivants

#### 1. Famille des Diaspididae

##### 1.1. *Parlatoria ziziphi*

##### 1.1.1. Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *P. ziziphi* dans chaque verger expérimental

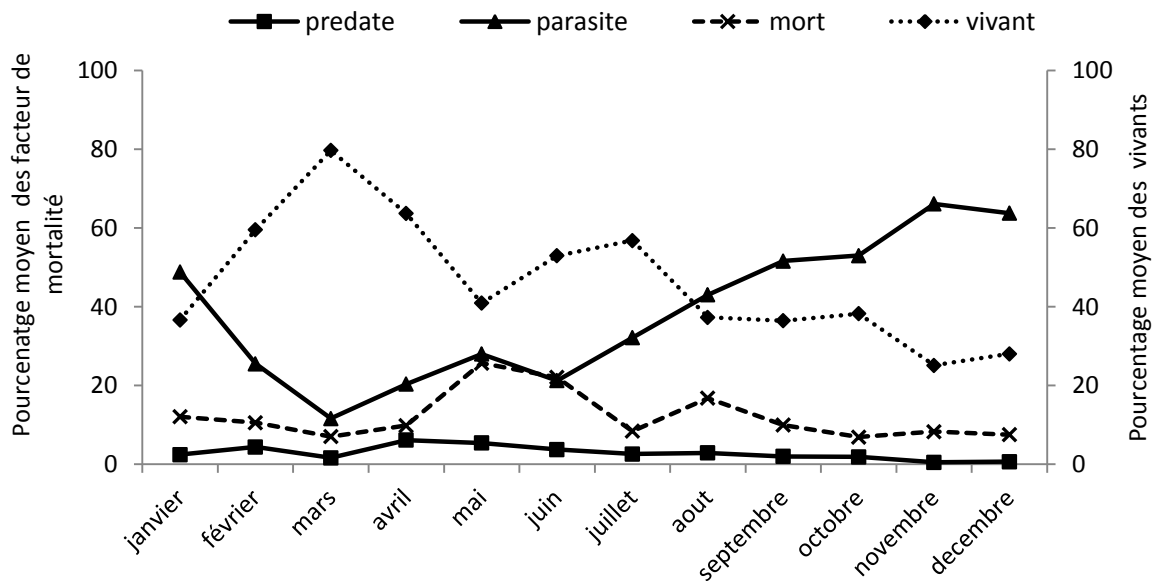
De la figure 68, il ressort que les pourcentages des individus vivants oscillent autour d'une moyenne de 50%. Cette proportion est relativement stable quand on considère les huit vergers un par un, avec des pourcentages moyens par verger variant de 35 à 69%. Des trois facteurs de mortalité étudiés, le plus important est le parasitisme avec un taux moyen de 34%. Les individus morts naturellement représentent une moyenne de 11%. Le facteur de mortalité le plus faible est la prédation avec 3%.



**Figure 68 :** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *P. ziziphi* recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.

### 1.1.2. Evolution annuelle des facteurs de mortalité de *P. ziziphi* en fonction des individus vivants

L'évolution annuelle globale de la moyenne des populations vivantes montre une augmentation progressive (37%) durant la période hivernale pour atteindre une moyenne maximale de 80% au mois de Mars (Figure 69). En cette période, nous remarquons la diminution de l'action du parasitisme (12%) et de la prédation qui est presque absente (2%).



**Figure 69:** Fluctuation annuelle globale des pourcentages moyens des individus vivants, parasités, prédatés et morts de *P. ziziphi*.

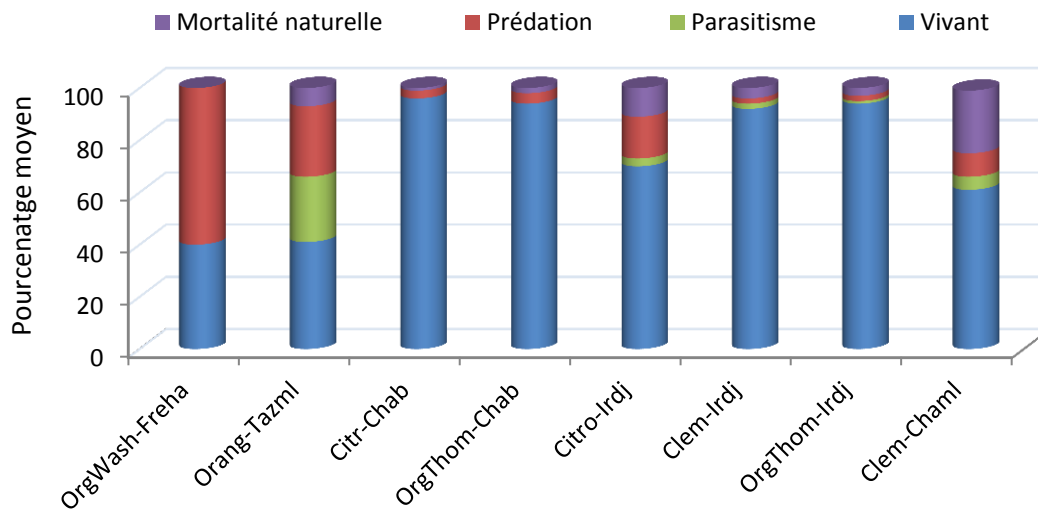
Nous constatons que, quand les taux du parasitisme sont bas, les taux des vivants de *P. ziziphi* augmentent et ce de la mi-mai à la mi-juin. Lorsque l'action du parasitisme est importante, le taux des vivants reste faible et ce du mois de Juillet au mois de Novembre. La mortalité naturelle est importante de la fin Avril (26%) jusqu'à la mi-mai.

## 1.2. *Parlatoria pergandii*

### 1.2.1. Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *P. pergandii* dans chaque verger expérimental

*Parlatoria pergandii* est la deuxième espèce de ravageur des agrumes en Kabylie après *P. ziziphi*. Le pourcentage des individus vivants est, en général, très élevé avec une moyenne de 89%. Ces taux dépassent les 90% dans quatre vergers (Figure 70). En conséquence, la moyenne des facteurs de mortalités étudiés tel que la prédation (2%), le

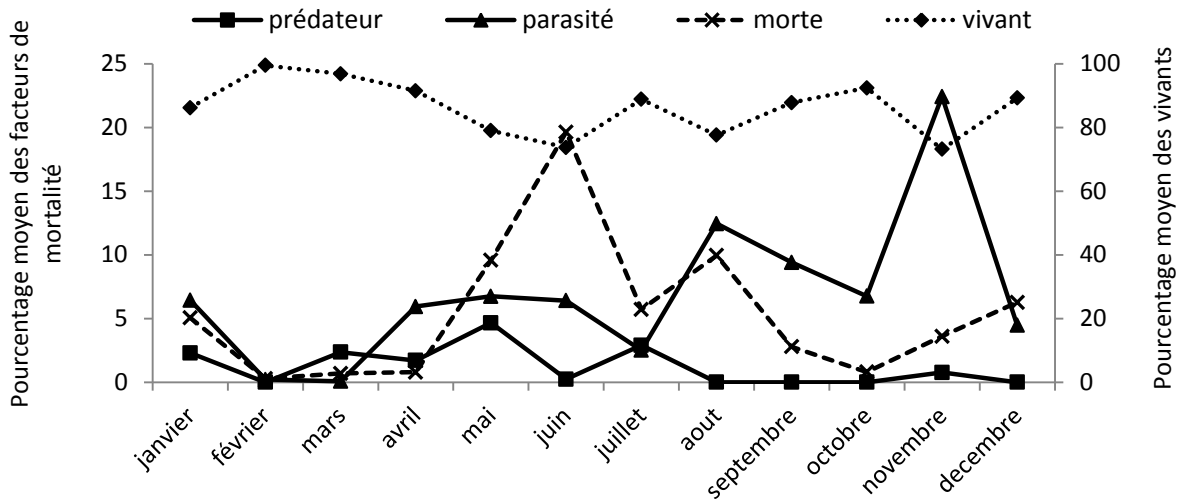
parasitisme (4%) et la mortalité naturelle (5%) sont très bas, seulement cette dernière se trouve un peu élevée dans le verger de clémentinier à Chamlal avec 24%. La baisse de la prédation ainsi que le parasitisme peut être expliqué par la rareté des régulateurs biologiques de cette espèce à savoir les parasitoïdes et les prédateurs.



**Figure 70:** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *P. pergandii* dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.

### 1.2.2. Evolution annuelle des facteurs de mortalité de *P. pergandii* en fonction des individus vivants

Durant les mois de l'année où le parasitisme, la prédation et la mortalité naturelle sont bas, en particulier *P. pergandii* présente des populations vivantes importantes avec des moyennes globales qui varient de 73,2 à 99,5% (Figure 71). Une légère augmentation se manifeste vers la période printanière pour les trois facteurs de mortalité, mais l'effet des parasitoïdes et des prédateurs sur *P. pergandii* reste faible durant toute l'année (Figure 71).

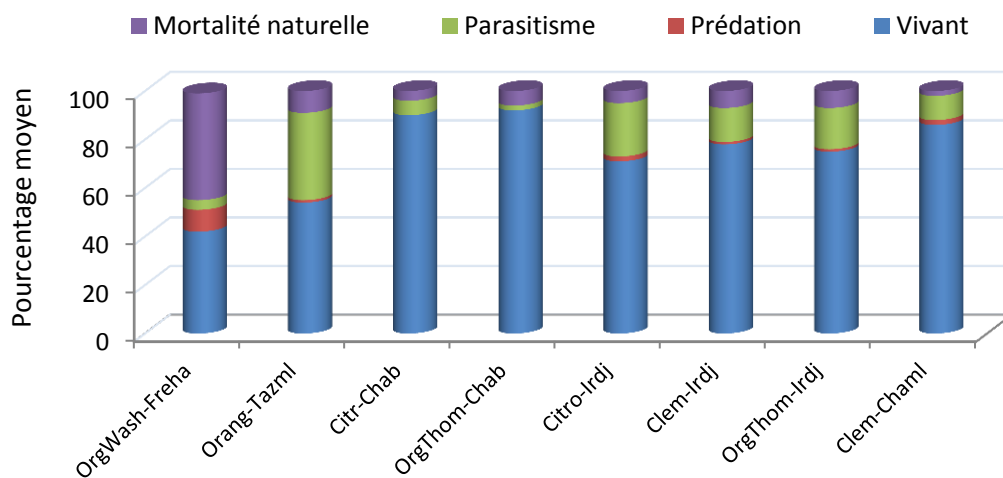


**Figure 71 :** Fluctuation annuelle globale des pourcentages moyens des individus vivants, parasités, prédatés et morts de *P. pergandii*.

### 1.3. *Aonidiella aurantii*

#### 1.3.1. Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité d'*A. aurantii* dans chaque verger expérimental

Les populations du pou rouge de Californie *A. aurantii*, présentent un taux moyen d'individus vivants de 60% (Figure 72). Des trois facteurs de mortalité considérés, le plus important est le parasitisme avec une moyenne de 24% suivi par la mortalité naturelle (9%). La prédation est très faible pour cette espèce avec une moyenne de 1%. Cette distribution ressemble à celle trouvée pour *P. ziziphi* avec les vivants qui marquent une partie importante de la population et le parasitisme comme le plus important facteur de mortalité (Figure 72).

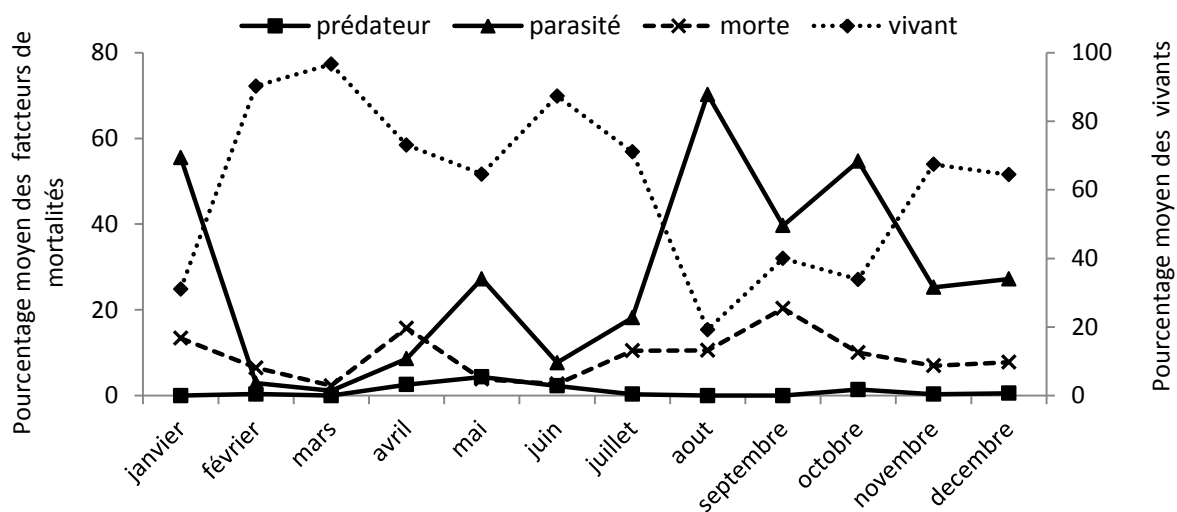


**Figure 72 :** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité d'*A. Aurantii* recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.

### 1.3.2. Evolution annuelle des facteurs de mortalité d'*A. aurantii* en fonction des individus vivants

Les populations vivantes d'*A. aurantii* montrent la présence de trois importants pics durant les mois de Mars, Juin et Novembre atteignant respectivement 97, 87 et 67% alors que les taux du parasitisme sont faibles (1%, 8% et 34% respectivement) (Figure 73). L'effet des parasitoïdes sur la régulation des populations vivantes d'*A. aurantii* se chevauche durant les mois de l'année, car à la diminution des taux des vivants pour chaque pic des mois de Janvier, Mai, Août et Octobre, nous marquons l'élévation des taux de parasitisme.

Nous constatons que, durant le mois de Septembre, le taux des individus vivants est égal à celui des individus parasités (40% - 40%) ce qui signifie que les parasitoïdes d'*A. aurantii* jouent un rôle important dans le maintien et le contrôle des populations de ce ravageur. Quant à l'action des prédateurs et de la mortalité naturelle, elle reste faible durant toute l'année.

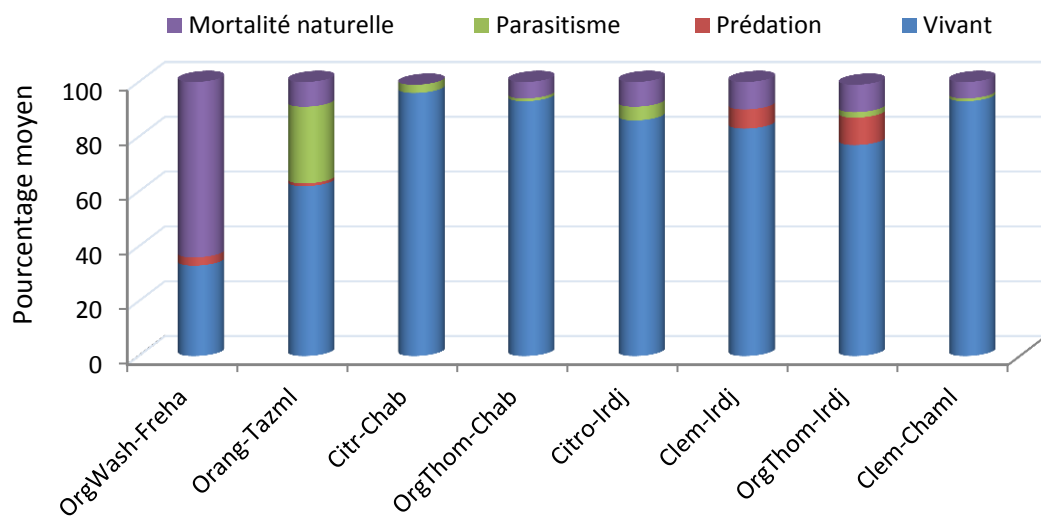


**Figure 73 :** Fluctuation annuelle globale des pourcentages moyens des individus vivants, parasités, prédatés et morts d'*A. aurantii*.

### 1.4. *Chrysomphalus dictyospermi*

#### 1.4.1. Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *C. dictyospermi* dans chaque verger expérimental

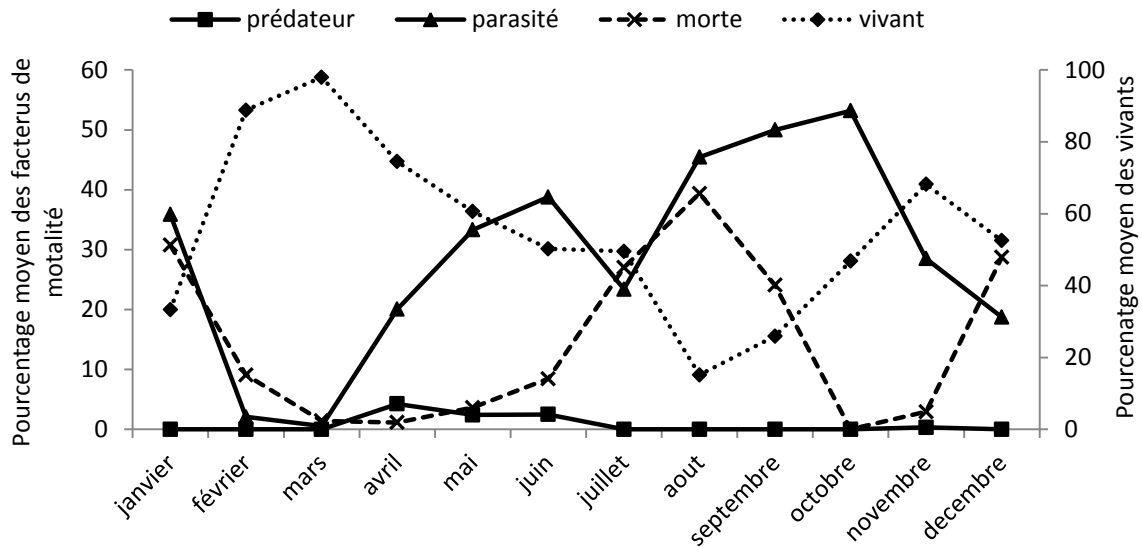
Les populations de cette cochenille montrent que la moyenne des vivants est la plus importante (76%) avec des taux variant de 33 à 96% (Figure 74). Le parasitisme présente un taux moyen de 13% puis la mortalité naturelle (10%). Des trois facteurs de mortalité, la prédation est la moins importante avec un taux de 1% ; la même valeur est obtenue pour *A. aurantii*.



**Figure 74 :** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *C. dictyospermi* recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.

#### 1.4.2. Evolution annuelle des facteurs de mortalités de *C. dictyospermi* en fonction des individus vivants

La fin des périodes hivernale et estivale semble être favorable au développement des populations de la cochenille *C. dictyospermi* (Figure 75), car en présence des parasites, ses populations vivantes ont suivi leur développement du mois d'Août jusqu'au mois de Novembre (15% - 26% - 47% et 68%). La diminution des individus vivants au cours des mois de Juillet et Août (50% - 15%) peut être due à la mortalité naturelle qui marque un pic de 39% contre 19% des vivants. Enfin, la prédation est presque absente pendant toute l'année (Figure 75).

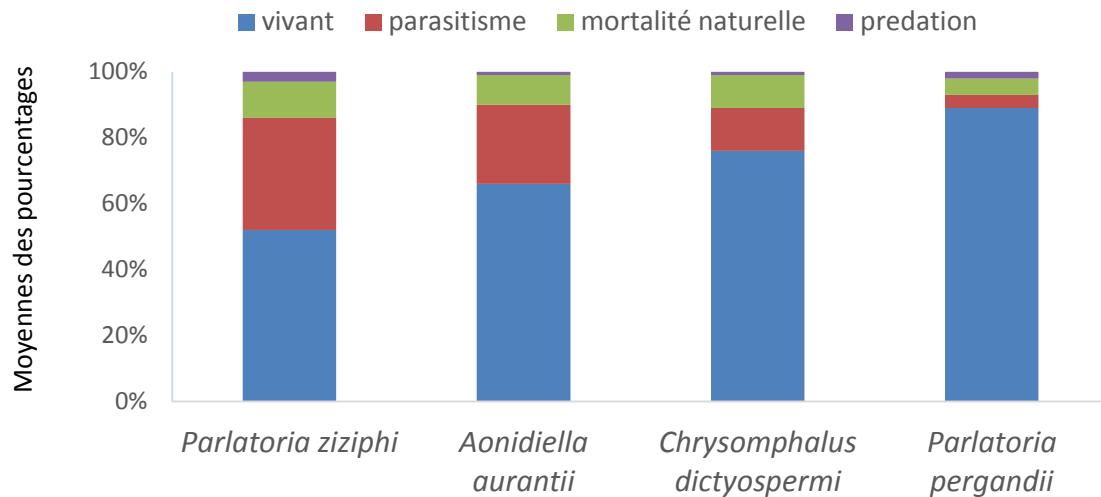


**Figure 75:** Fluctuation annuelle globale des pourcentages moyens des individus vivants, parasités, prédatés et morts de *C. dictyospermi*.

Quand on compare les facteurs de mortalité entre les quatre espèces de cochenilles de la famille des Diaspididae, nous constatons des fluctuations importantes des pourcentages moyens des individus parasités, prédatés et morts naturellement. La moyenne des pourcentages des individus vivants, la plus élevée, est obtenue pour *P. pergandii* avec 89% et la plus basse est obtenue pour *P. ziziphi* avec 52% (Figures 68, 70, 72 et 74).

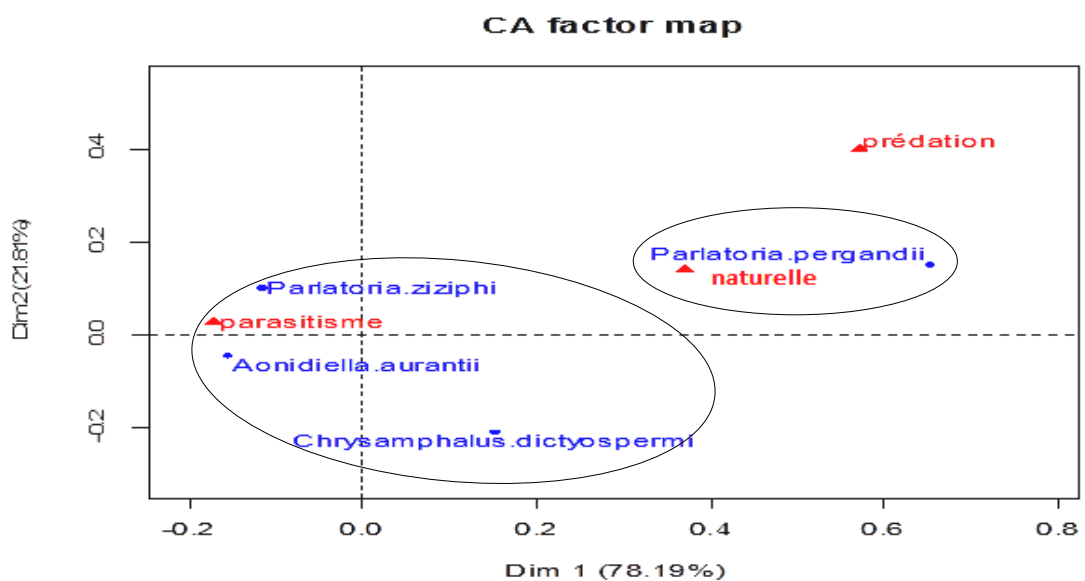
Dans la famille des Diaspididae, les populations de *P. ziziphi*, *P. pergandii*, *A. aurantii* et *C. dictyospermi* ont un parasitisme étroitement inverse aux vivants (Figure 76). La hiérarchie des paramètres étudiés montrent une régularité entre les espèces de cochenilles : les vivants en première position, suivis du parasitisme en deuxième position puis la mortalité naturelle en troisième position et la prédation en dernière et elle reste la plus faible de tous les facteurs étudiés.

Nous constatons que les ennemis naturels (Les parasitoïdes et les prédateurs) des espèces de cochenilles diaspidines n'ont pas marqué un effet de régulateurs ou d'agents de contrôle efficaces où la grande partie de leur populations se trouvent vivantes.



**Figure 76:** Taux moyens des individus vivants, prédatés, parasités et morts naturellement pour les quatre espèces de Diaspididae étudiées sur agrumes en Kabylie.

A partir des résultats obtenus, nous avons réalisé une AFC pour mettre en relief la cause principale de mortalité pour chaque espèce de cochenille étudiée. La signification de cette AFC atteint ses 100% au total des deux axes factoriels (F1 x F2) (Figure 77). Nous notons, qu'en Kabylie, le parasitisme est le facteur le plus dominant dans le contrôle de *P. ziziphi*, *A. aurantii* et *C. dictyospermi*. Alors que, l'espèce *P. pergandii* se trouve sous l'influence de la mortalité naturelle. La prédation est le dernier régulateur qui se voit très faible et sans aucune incidence dominante sur les espèces de cochenilles étudiées (Figure 77).



**Figure 77 :** Noyaux de distribution spatiale et d'affinité des facteurs de mortalité avec l'espèce de cochenille sur un plan factoriel F1 x F2.

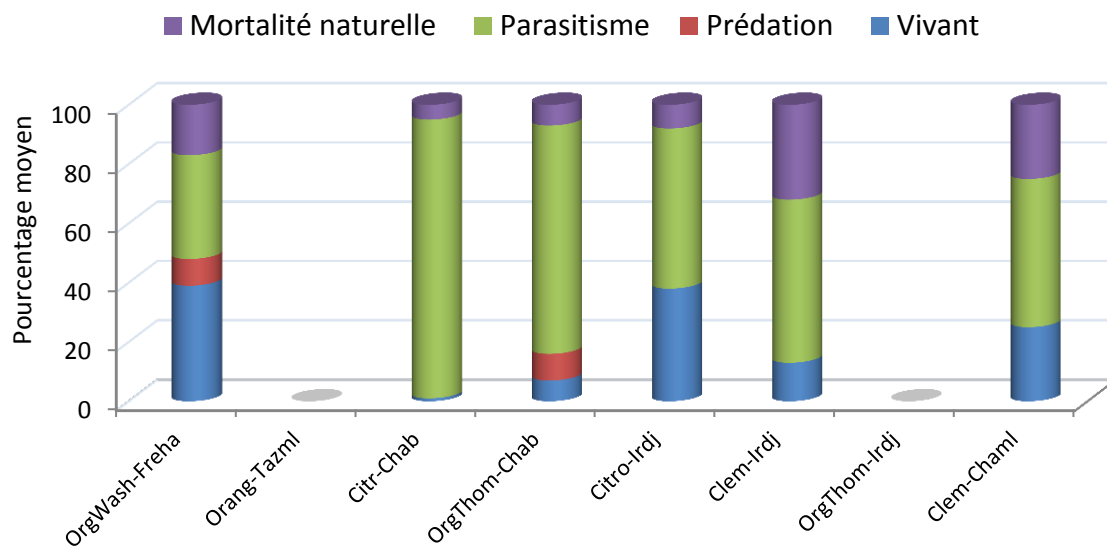
## 2. Famille des Coccidae

Les espèces des Coccidae recensées sur les agrumes dans les différents vergers étudiés, ont présenté un nombre d'individus très bas en le comparant à ceux obtenus pour la famille des Diaspididae (Annexe 5).

### 2.1. *Coccus pseudomagnoliarum*

#### 2.1.1. Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *C. pseudomagnoliarum* dans chaque verger expérimental

Dans de cas de *C. pseudomagnoliarum*, les individus vivants ne représentent que 27% de la population, alors que les individus parasités ont un pourcentage moyen de 51% et les individus morts naturellement ont un taux moyen de 15%. Cela signifie que la moitié de la population de *C. pseudomagnoliarum* est parasitée, et reste que 7% pour la prédation. Dans les six vergers d'agrumes où *C. pseudomagnoliarum* est présente, elle se trouve sous l'action du parasitisme comme le facteur de mortalité le plus important (Figure 78).

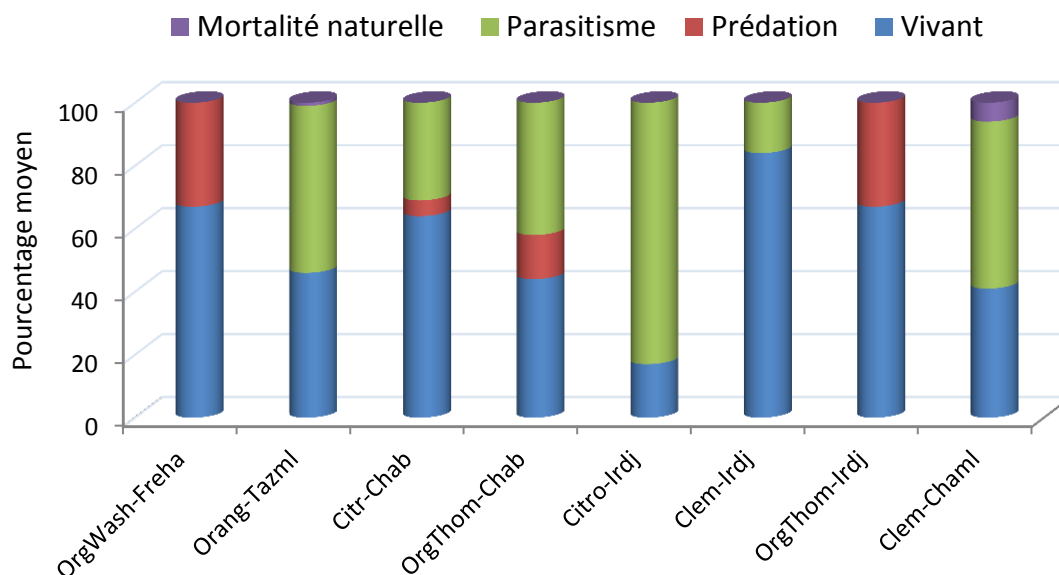


**Figure 78 :** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *C. pseudomagnoliarum* recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.

## 2.2. *Saissetia oleae*

### 2.2.1. Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *S. oleae* dans chaque verger expérimental

Contrairement à *C. pseudomagnoliarum*, la moitié de la population de *S. oleae* se trouve vivante avec un pourcentage moyen de 52%. Des trois facteurs de mortalité étudiés, le parasitisme intervient avec 45% dans la régulation des populations de cette cochenille dans quatre des huit vergers expérimentaux (Figure 79). Inversement au parasitisme, dans les vergers de citronnier d'Irdjen et d'oranger Washington de Freha, la prédation est le seul facteur de régulation des populations de *S. oleae*. De la figure 79, nous constatons la présence des parasitoïdes dans six vergers, et des prédateurs dans quatre vergers.

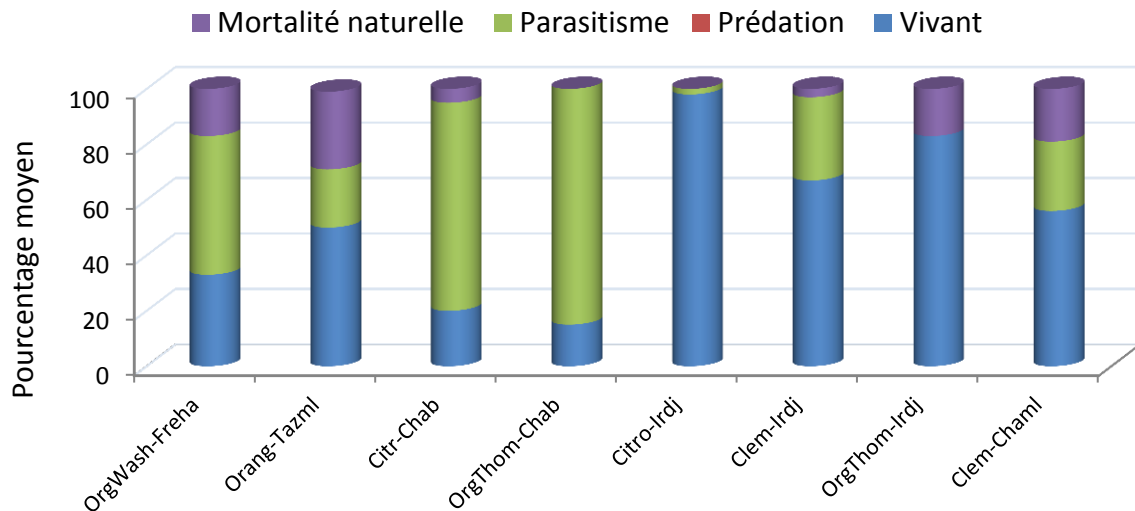


**Figure 79** : Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *S. oleae* recensés dans les vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie.

## 2.3. *Coccus hesperidum*

### 2.3.1. Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *C. hesperidum* dans chaque verger expérimental

Les populations de *C. hesperidum* sont maintenues par le parasitisme comme facteur de mortalité dominant (36%) et la mortalité naturelle (15%). Nous notons, d'après la figure 80, que les prédateurs de *C. hesperidum* sont absents dans les vergers agrumicoles étudiés en Kabylie. A signaler, que dans le verger d'oranger Thomson d'Irdjen, c'est la mortalité naturelle qui domine en l'absence totale des parasitoïdes.

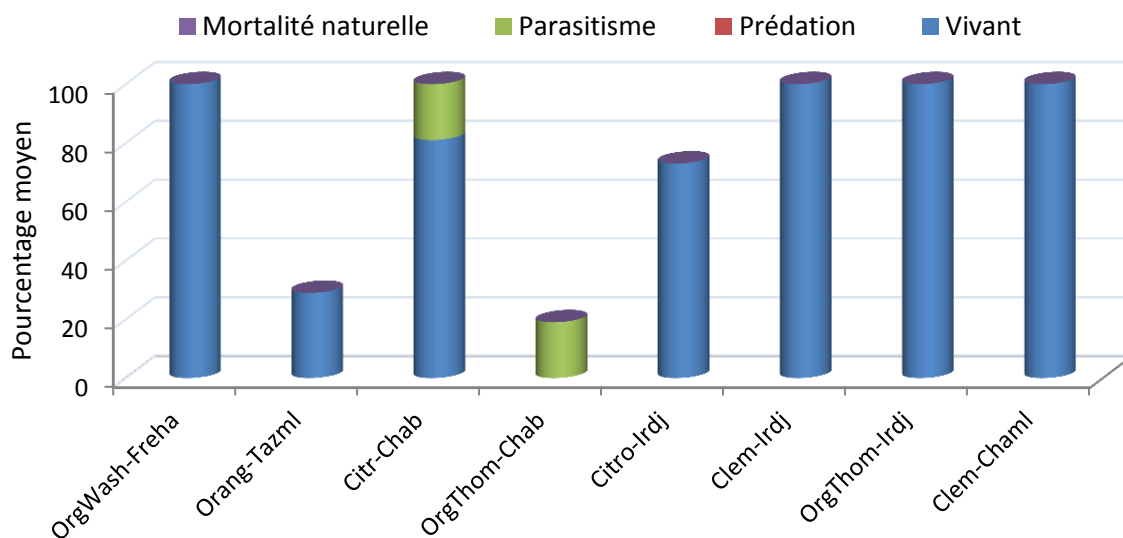


**Figure 80 :** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *C. hesperidum* recensés dans les vergers expérimentaux en Kabylie.

## 2.4. *Ceroplastes rusci*

### 2.4.1. Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *C. rusci* dans chaque verger expérimental

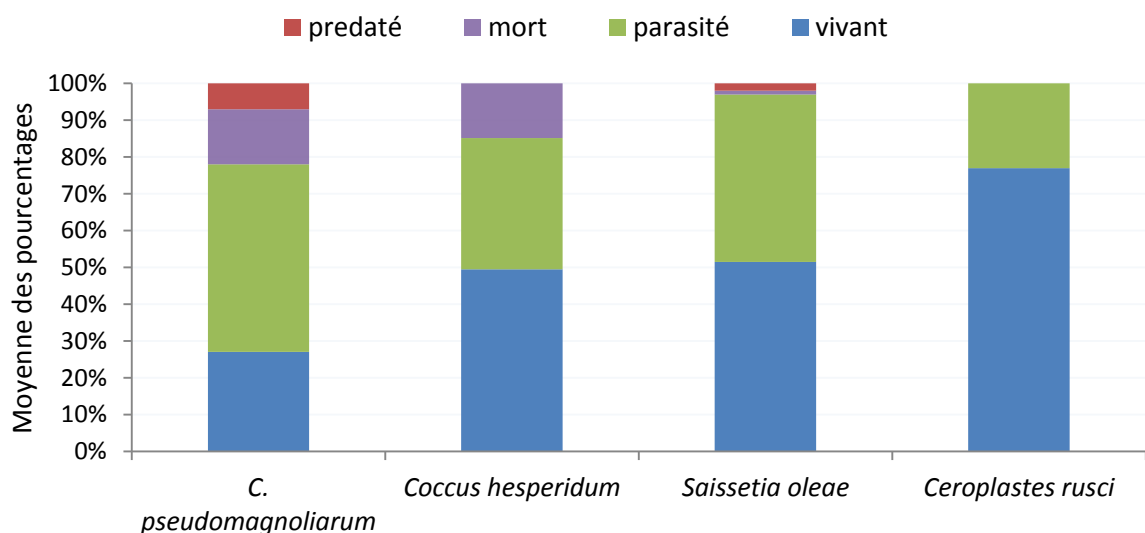
Il ressort de la figure 81, que *C. rusci* se trouve à l'état vivant dans sept des huit vergers d'agrumes étudiés, dont quatre avec un taux de 100%. Nous signalons l'absence totale des prédateurs dans ces vergers. De même, les parasitoïdes ne sont présents que dans deux vergers de la même région (Chabane).



**Figure 81 :** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *C. rusci* recensés dans les vergers expérimentaux en Kabylie.

Les trois facteurs de mortalité étudiés pour les espèces de Coccidae (Figures 78 - 81) montrent une hétérogénéité importante des taux des prédatés, des parasités et des morts. Le taux global de mortalité (parasitisme, prédation et mortalité naturelle) le plus important est obtenu pour *C. pseudomagnoliarum* (73%) et le plus bas est obtenu pour *C. rusci* (23%). Nous pouvons déduire que la mortalité est, en général, plus élevée pour les Coccidae que pour les Diaspididae.

Nous constatons aussi que le parasitisme est le facteur de mortalité le plus important pour les quatre espèces des Coccidae, où presque la moitié de la population est parasitée (Figure 82). Les taux de parasitisme recensés pour les Coccidae sont beaucoup plus importants que ceux obtenus pour les Diaspididae. Concernant la mortalité naturelle, elle est de 15% pour les deux espèces de *Coccus* et totalement absente pour *S. oleae* et *C. rusci*. La prédation est toujours très basse ou absente.

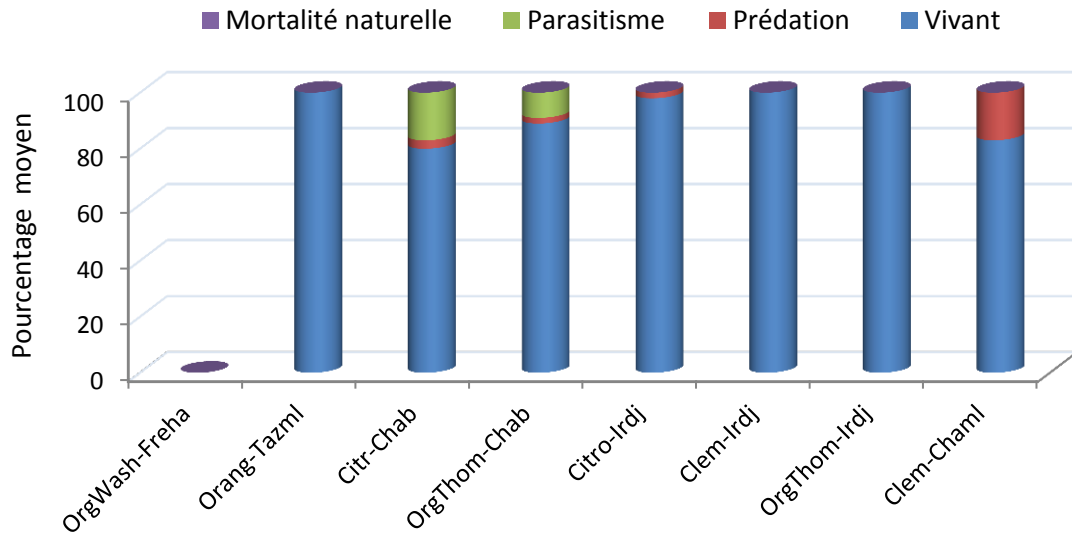


**Figure 82 :** Taux moyens des individus vivants, prédatés, parasités et morts naturellement pour les quatre espèces de Coccidae étudiées sur agrumes en Kabylie.

### 3. Familles des Pseudococcidae et des Margarodidae

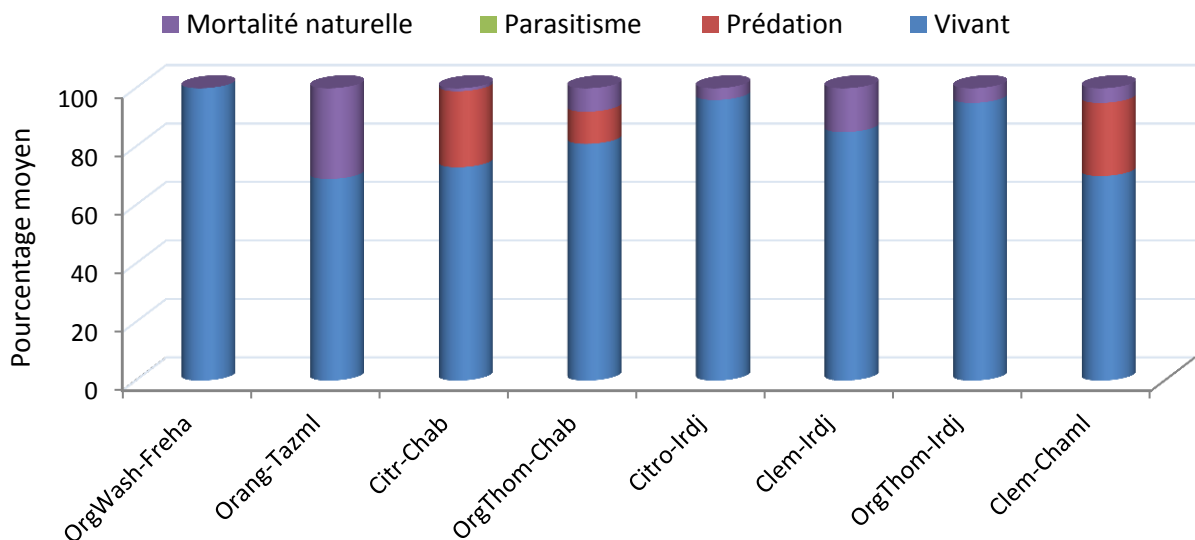
#### 3.1. *Planococcus citri* et *Icerya purchasi*

D'après la figure 83, nous constatons que, *P. citri* se trouve sous l'état vivant plus que les autres états (97%) car la mortalité naturelle, la prédation (1%) et le parasitisme (3%) sont très faibles.



**Figure 83:** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité de *P. citri* recensés dans les vergers expérimentaux en Kabylie.

Les populations d'*I. purchasi* se trouvent, généralement, à l'état vivant (83%). Nous avons trouvé uniquement 8% d'individus prédatés et 9% d'individus morts naturellement. Nous soulignons l'absence totale du parasitisme sur *I. purchasi* dans les vergers agrumicoles étudiés (Figure 84).



**Figure 84 :** Taux moyens des individus vivants et des facteurs de mortalité d'*I. purchasi* recensés dans les vergers expérimentaux en Kabylie.

## B. Identification des auxiliaires

La faune récoltée dans les différents vergers agrumicoles étudiés et ceux ayant émergés dans des boîtes de Pétri au laboratoire ont été identifiés jusqu'à la famille. Vu la masse importante de la faune auxiliaire recensée pendant deux ans dans les vergers d'étude, nous allons présenter uniquement les principaux auxiliaires des cochenilles inventoriées. (Tableau 24).

### 1. Les parasitoïdes

Cette catégorie concerne surtout les Hyménoptères et est représentée essentiellement par la super-famille des Chalcidoidea qui comporte le plus grand nombre de familles recensées dans les vergers d'agrumes étudiées à savoir les Aphelinidae, les Encyrtidae, les Signiphoridae et les Coccophaginae.

### 2. Les prédateurs

La majorité des spécimens recensés appartient à l'ordre des Coléoptères et des Neuroptères. Nous avons constaté la présence des Hyménoptères dont la famille des Pteromalidae, qui sont des prédateurs d'œufs de *S. oleae*.

**Tableau 24 :** Les principales familles des parasitoïdes et des prédateurs des cochenilles recensées dans les vergers agrumicoles en Kabylie.

Statut	Ordre	Famille	Hôte (Espèce de cochenille)
Parasitoïde	Hyménoptères	Aphelinidae	<i>P. ziziphi</i> , <i>P. pergandii</i> <i>A. aurantii</i> , <i>C. dictyospermi</i> <i>C. hesperidum</i> , <i>C. pseudomagnoliarum</i>
		Signiphoridae	<i>P. pergandii</i>
		Encyrtidae	<i>A. aurantii</i> , <i>S. oleae</i> <i>C. pseudomagnoliarum</i> <i>C. hesperidum</i>
		Coccophaginae	<i>P. citri</i>
Prédateur	Coléoptères	Coccinellidae	<i>P. ziziphi</i> , <i>A. aurantii</i> <i>C. dictyospermi</i> , <i>P. pergandii</i> <i>P. citri</i> , <i>I. purchasi</i>
	Neuroptères	Coniopterygidae	<i>P. ziziphi</i> , <i>A. aurantii</i>
		Chrysopidae	<i>A. aurantii</i>
	Hyménoptères	Pteromalidae	<i>S. oleae</i>

## II. Discussion

Les facteurs de mortalité étudiés en fonction des vivants pour les dix espèces des cochenilles, ont présenté une grande variabilité des taux de la prédation, du parasitisme et de la mortalité naturelle. Cette variabilité peut être expliquée d'une part, par la présence des régulateurs naturels tel-que les parasitoïdes et les prédateurs, et d'autres part, aux influences des facteurs environnementaux et l'effet des traitements chimiques qui influencent d'une manière directe ou indirecte la survie des populations de ces ravageurs ou encore celles de leurs ennemis naturels.

Les individus parasités augmentent au début de Juin pour atteindre un nombre maximal à la fin Novembre. Nos résultats rejoignent ceux de Franco et *al.* (2004) qui ont noté des densités élevées des parasitoïdes de *P. ziziphi* au milieu de l'été, et ceux de Stathas et *al.* (2008) qui ont rapporté l'augmentation des individus parasités de *P. ziziphi* aux mois de Septembre et Octobre. Il en est de même pour ceux d'Abd-Rabou et *al.* (2014) qui soulignent un parasitisme total de *P. ziziphi* par les *Aphelinidae* dans les vergers d'agrumes à Giza (Egypte), où il atteint son maximum du mois d'Août jusqu'à la fin Novembre. D'après Liotta (1970) et Benassy (1986), les populations de *P. ziziphi* sont parasitées par *Encarcia citrina*, qui est un endoparasitoïde très répandu dans la région méditerranéenne.

Néanmoins, ils s'opposent à ceux de Tawfeek & Abu-Shall (2010) qui marquent une augmentation des individus de *P. ziziphi* au mois de Juillet pour atteindre leur maximum au mois d'Octobre, et des individus prédatés du mois de Septembre au mois de Janvier. Durant ces mêmes périodes, nos résultats ont démontré une activité de prédation très basse.

*Parlatoria pergandii* se trouve dans nos vergers d'étude beaucoup plus parasitée que prédatée. La majorité des parasitoïdes que nous avons identifiés pour cette espèce de cochenille appartiennent à la famille des *Aphelinidae*. D'après Garcia-Mercet (1929), Avidov & Harpaz (1967), Limon et *al.* (1976) et Carrero (1980), cette cochenille est maintenue par des parasitoïdes de la famille des *Aphelinidae* représentée essentiellement par *Aphytis hespanicus* et *Encarcia inquirenda*. Ces mêmes auteurs rapportent que ces agents biologiques sont très répandus dans les agroécosystèmes méditerranéens et contrôlent efficacement le pou gris.

L'évolution de l'action du parasitisme s'observe importante du mois d'Octobre au mois de Décembre. Nos résultats sont similaires à ceux de Rodrigo et *al.* (1996), qui

rappellent une activité maximale des parasitoïdes de *P. pergandii* durant l'hiver. La baisse des taux de prédation peut être due à la rareté des auxiliaires régulateurs de *P. pergandii* dans nos zones agrumicoles où nous avons recensé peu d'espèces de coccinelles prédatrices des cochenilles. Selon Gerson (1967a), *Chilocorus bipustulatus* (Coleoptera ; Coccinellidae) est la seule espèce recensée dans la zone méditerranéenne comme prédateur de *P. pergandii*.

Le parasitisme enregistré dans nos vergers d'étude, sur les populations d'*A. aurantii* et *C. dictyospermi* peut s'expliquer par la présence des parasitoïdes de ces cochenilles notamment ceux de la famille des Aphelinidae et des Encyrtidae. D'après DeBach & Rose (1976), DeBach & Rosen (1979), Luck et al. (1995) et Smith et al. (1997), les endoparasitoïdes Encyrtidae telle que *Comperiella bifasciata* affectent efficacement les populations d'*A. aurantii*.

De plus, Garcia-Mari (2012) mentionne que les ectoparasitoïdes Aphelinidae du genre *Aphytis* sont les ennemis naturels les plus efficaces dans la régulation des populations d'*A. aurantii* et *C. dictyospermi* représentés essentiellement par *Aphytis melinus*, *A. lingnanensis* et *A. chrysomphali*. Selon ce même auteur, ces espèces de parasitoïdes sont les plus répandues et sont introduites dans les écosystèmes agrumicoles. Elles possèdent une aire de répartition très large.

Dans notre travail, nous avons souligné une prédation très faible et nous avons recensé quelques espèces de Coléoptères (Coccinellidae) et de Neuroptères (Chrysopidae et des Coniopterygidae). Nos résultats sont conformes aux travaux d'Ebeling (1959), De Bach et al. (1971), Smith et al. (1997), Lorens (1990a), Drea & Gordon (1990), Vela et al. (2007) et Sorribas et al. (2008a) qui ont rapporté la présence des coccinelles prédatrices particulièrement *Rhyzobius lophanthae* et *Chilocorus sp* (Coleoptera ; Coccinellidae) au milieu des populations d'*A. aurantii* et de *C. dictyospermi*.

De leur part, Sorribas et al. (2008a) ont révélé la présence de *Semidalis aleyrodiformis*, *Conwentzia psociformis* (Neuroptera ; Coniopterygida) et *Chrysoperla carnea* (Neuroptera ; Chrysopidae) au milieu des populations d'*A. aurantii* dans les zones agrumicoles de Valence (Espagne).

Notons que, les prédateurs de *C. hesperidum* et *C. rusci*, ne sont pas présents dans nos échantillons ; nous n'avons pas enregistré des individus prédatés. Contrairement à *S. oleae* laquelle la prédation peut être due aux Hyménoptères de la famille des Pteromalidae. Smith et

*al.* (1997) ont attribué le contrôle de cette cochenilles, en Espagne, au prédateur *Scutellista caerulea* (Hymenoptera ; Pteromalidae) qui pond ses œufs à côté de *S. oleae*, et à leur éclosion, les larves attaquent et se nourrissent des œufs de ce ravageur.

En Kabylie, les espèces de la famille des Coccidae (*S. oleae*, *C. pseudomagnoliarum*, *C. hesperidum* et *C. rusci*) se trouvent maintenues efficacement par les parasitoïdes et les prédateurs. Dans nos échantillons faunistiques destinées à l'identification des régulateurs de ces ravageurs, nous avons constaté que les Hyménoptères constituent l'ordre le plus abondant notamment la famille des Aphelinidae et des Encyrtidae. D'après Bodenheimer (1951), Smith *et al.* (1997) et Tena & Garcia-Mari (2008), ces familles possèdent les espèces de parasitoïdes les plus efficaces au contrôle de *S. oleae*, *C. rusci*, *C. hesperidum* et *C. pseudomagnoliarum*.

Le parasitisme constaté sur *P. citri* est probablement dû aux Encyrtidae. Les auteurs Quayle (1941), Bodenheimer (1951), Smith *et al.* (1997) et Martinez Ferrer (2003) ont mis en évidence le contrôle biologique de *P. citri* par *Anagyrus pseudococci* (Hymenoptera ; Encyrtidae) qui se trouve commun dans les pays de la méditerranéen ainsi qu'en Californie et en Australie. A l'heure actuelle, un seul ennemi naturel est connu pour la prédation de *P. citri* ; il s'agit de la coccinelle *Cryptolaemus montrouzieri* (Garcia-Mari, 2012).

Pour *Icerya purchasi*, nous avons dénombré des individus prédatés sans enregistrer aucun individu parasité. Quezada & DeBache (1973) ont souligné une seule espèce prédatrice, régulatrice et efficace à savoir la coccinelle *Rodolia cardinalis* (Coleoptera ; Coccinellidae). L'histoire entre ces deux espèces remonte aux années 1800 quand la cochenille australienne fut introduite accidentellement en Californie sans ses ennemis naturels en 1868. Cette cochenille a causé des grosses pertes économiques aux agrumes, et devant l'impuissance des produits phytosanitaires, des entomologistes ont rapporté plusieurs insectes d'Australie en Californie dont la coccinelle *Rodolia cardinalis*, qui s'est, par la suite, développée et a été élevée en masse. Les populations d'*I. purchasi* furent réduites à un niveau économiquement tolérable. La lutte biologique était, alors, née.

Globalement, nous constatons que la diminution des individus vivants et étroitement lié à l'augmentation du parasitisme. Les individus morts naturellement sont relativement stables alors que les individus prédatés présentent toujours des moyennes très basses ; ce qui peut être dû à la rareté des prédateurs de quelques espèces de cochenilles en Kabylie en raison probablement des difficultés d'acclimatation dans ces zones agricoles.

En conclusion, les populations vivantes des Diaspididae ne sont pas maintenues par leurs régulateurs biologiques. Les populations vivantes des Coccidae, sont régulées par la présence des parasitoïdes. Les prédateurs des Coccoidea ne sont pas très répandus durant l'année et leur influence est, en général, très faible ou quasiment absente.

# **Conclusion générale**

Le travail de recherche entrepris, dans le cadre de cette thèse, constitue une contribution à la connaissance et à l'élaboration des moyens de lutte appropriés contre les principaux ravageurs des agrumes à savoir les cochenilles (Hemiptera ; Coccoidea), piqueurs-suceurs de la sève.

Le premier objectif de ce travail est la connaissance de la faune coccidologique des agrumes en Kabylie. Ce qui peut être utile au bon choix des moyens de lutte contre ces ravageurs en vue d'assurer une bonne production agrumicole.

Pour atteindre cet objectif, nous avons adopté une méthodologie sur le terrain qui consistait à choisir deux feuilles, un rameau et un fruit (lorsqu'il est présent) au niveau de chaque direction cardinale des 18 arbres à échantillonner pris de façon aléatoire. A chaque date d'échantillonnage, nous avons 180 feuilles, 90 rameaux et 90 fruits par verger et par sortie prélevé sur un intervalle de 10 jours.

Les résultats de l'inventaire ont révélé la présence de 10 espèces de cochenilles qui sont considérées comme les principaux ravageurs de la culture des agrumes dans le monde. Ces dix espèces appartiennent aux quatre familles ; les Diaspididae avec *P. ziziphi*, *P. pergandii*, *A. aurantii* et *C. dictyospermi*, la famille des Coccidae avec quatre espèces *C. hesperidum*, *S. oleae*, *C. rusci* et *C. pseudomagnoliarum* qui est nouvelle en Algérie. La famille des Pseudococcidae et des Margarodidae sont représentées par une seule espèce chacune à savoir *P. citri* et *I. purchasi*, respectivement.

Il a été montré que la famille des Diaspididae prédomine dans toutes les stations d'étude avec un taux de 90,3 % et que *P. ziziphi* est l'espèce qui prédomine en Kabylie avec un taux de 76,3% suivie par *P. pergandii* (7,3%). L'application des concepts écologiques sur les populations des cochenilles inventoriées, a montré que *P. ziziphi* est une espèce dominante et omniprésente et que *C. rusci* est une espèce rare sur les agrumes et parfois accidentelle.

Étant donné que les dégâts causés aux agrumes par les cochenilles sont dus essentiellement aux femelles, nous avons complété l'inventaire par une étude approfondie de la distribution spatiotemporelle des populations femelles sur les organes aériens de l'arbre d'agrumes en tenant compte des directions cardinales constituant, ainsi, le deuxième objectif du présent travail.

Les résultats obtenus ont montré que, *P. ziziphi*, *P. pergandii*, *C. hesperidum*, *C. pseudomagnoliarum* et *C. rusci* développent des populations importantes sur les feuilles plus que les autres organes de l'arbre pendant toute l'année. *Aonidiella aurantii*, *C. dictyospermi*, *S. oleae* et *I. purchasi* ont montré, par contre, une forte fixation sur les rameaux avec un chevauchement de fixation entre les feuilles et les rameaux. Mais en présence des fruits, *P. citri*, *A. aurantii* et *C. dictyospermi* se trouvent avec des densités plus élevées sur ces organes. En comparant les densités sur les deux faces de la feuilles, nous constatons que les populations de cochenilles sont significativement plus élevées à la face supérieure de la feuille représentant le double des populations qu'héberge la face inférieure ; cela a été observé pendant toutes les périodes de l'année et pour les quatre espèces de diaspines.

L'étude de la répartition des femelles de *P. ziziphi* et *P. pergandii* à l'échelle de l'arbre a fait ressortir que l'intérieur de l'arbre abritait une population deux fois plus élevée que son extérieur. Cette préférence n'est, cependant, observée que dans quelques vergers et change fortement tout au long de l'année. *Aonidiella aurantii* et *C. dictyospermi*, par contre, se répartissent de façon homogène à l'échelle de l'arbre sans montrer de préférence pour l'intérieur de l'arbre.

En tenant compte des orientations de l'arbre, nous constatons globalement que, le quadrant Est est la frondaison la plus préférée pour le développement et la fixation des cochenilles sur l'arbre. L'évolution spatiotemporelle des densités des populations femelles vivant sur les différents organes des agrumes montre une forte pullulation durant la période printanière, particulièrement au mois de Mars.

Les résultats qui ont découlé de l'étude de la distribution des cochenilles sur l'arbre représentent des informations d'une grande utilité dans la gestion de ces ravageurs. Pour cela, la première hypothèse portée sur la distribution des populations des Coccoidea, nous a été utile pour le bon choix d'une meilleure stratégie de lutte notamment cibler les parties de l'arbre les plus infestées lors de la pulvérisation des traitements chimiques.

L'étude réalisée sur la régulation des populations des cochenilles des agrumes en Kabylie est accentuée sur l'étude des facteurs de mortalité : le parasitisme, la prédation et la mortalité à des causes inconnues.

Concernant la régulation des cochenilles inventoriées, qui correspondent au troisième objectif de cette recherche, il a été constaté que le pourcentage moyen des individus vivants le

plus élevé dans les Diaspididae est obtenu pour *P. pergandii* avec 89% et le plus bas est obtenu pour *P. ziziphi* avec 52%, ce qui reflète que la moitié des populations des quatre espèces sont vivantes. Les densités les plus élevées sont observées durant la période printanière et les plus faibles durant les périodes estivales et automnales. Durant ces dernières, une augmentation du parasitisme et de la prédation est notée. Pour *P. pergandii* et *C. dictyospermi*, la prédation est très faible, en raison de la rareté des prédateurs de ces espèces en Kabylie contrairement aux parasitoïdes qui sont assez présents. De point de vue, de l'efficacité de ces derniers, les individus vivants des Diaspididae ne subissent pas un contrôle biologique régulateur qui permet le maintien des populations au-dessous du seuil de nuisibilité, cas de *P. ziziphi* qui dépasse largement le niveau économique tolérable.

Dans la famille des Coccidae, le pourcentage moyen du parasitisme total est de 73%, où presque la moitié de la population des Coccidae est parasitée, suivie par la mortalité naturelle. Ça représente que, la mortalité globale (parasitisme, prédation et mortalité naturelle) dans les Coccidae est en général plus élevée que celle recensée dans les Diaspididae.

La hiérarchie des facteurs de mortalité étudiés montrent une similitude entre les espèces de cochenilles inventoriées: le parasitisme en première position puis la mortalité naturelle et, enfin, la prédation en dernière position.

De cet angle, nous pouvons déduire que, les régulateurs biologiques ont un rôle primordial dans le maintien et la régulation des populations de cochenilles des agrumes notamment les Coccidae, et que les parasitoïdes semblent être les principaux agents biologiques. Il serait donc nécessaire d'orienter la lutte chimique vers l'utilisation de ces ennemis naturels dans le cadre d'une lutte biologique économiquement efficace et écologiquement saine. D'autant plus, ceci permettra d'assurer une agriculture durable qui vise à réduire les traitements chimiques et intensifier la production mais surtout la sauvegarde des vergers agrumicoles, ce qui confirme notre deuxième hypothèse sur l'utilisation et le choix de cette lutte comme la solution la plus efficace pour la sauvegarde des vergers agrumicoles.

En vue d'approfondir cette recherche, il sera opportun d'élargir l'échantillon à l'effet de faire un inventaire plus exhaustif des Coccoidea (Hemiptera) qui, certainement, n'ont pas été identifiés lors de notre enquête et qui peuvent même être source de destruction de la production agrumicole dans d'autres zones.

En fin du compte, nous pouvons affirmer que le thème traité, revêt à la fois un caractère complexe et original, a une portée scientifique et empirique non négligeable. C'est ce qui est démontré dans notre travail consacré à l'étude des ravageurs des agrumes notamment les cochenilles en défendant, comme nous l'avons signalé précédemment, la lutte biologique qui est au centre des préoccupations de l'entomologie agricole.

Il serait utile de souligner en termes de perspectives qui découlent de ce présent travail d'autres pistes de recherches notamment par l'identification des différentes espèces auxiliaires recensées, tels que les Hyménoptères parasitoïdes et les prédateurs Coléoptères, Diptères et Neuroptères ; de recenser dans d'autres vergers /régions les ennemis naturels des cochenilles les plus efficaces; de recenser d'autres auxiliaires d'Arthropodes, d'approfondir les études sur l'action des régulateurs biologiques ; déterminer le stade le plus vulnérable au contrôle intégré, et enfin d'aller vers une lutte biologique rationnelle et prometteuse de la santé et de l'environnement par l'élevage des auxiliaires dans les vergers infestés ou de les introduire dans ces écosystèmes agricoles.

Nous tenons à accentuer ce présent travail par quelques consignes utiles pour la sauvegarde des vergers d'agrumes par la mise en place d'une bonne taille des arbres afin d'assurer une aération et réduire l'humidité; désinfecter le matériels agricoles ; effectuer les traitements chimiques locaux, implanter des plantes qui abritent les cochenilles cas du bigaradier et enfin implanter des cultures/vergers modernes qui permet non seulement le passage des engins mécaniques mais la facilité du travail et d'entretiens.

## **Références bibliographiques**

- Abbassi C.1975. Note bio-écologique sur *Parlatoria perguandei* Comctach (Homoptera : Coccidae) au Maroc. Rev Fruit 30: 179-184.
- Abdekhalek L & Afellah M, Smaili C.1998. Bioecologie et lutte biologique contre *Planococcus citri* R. (Pseudococcidae) sur agrumes dans la région du Loukos au Maroc. Mededelingen Gent 63(2): 483-488.
- Abdelrahman I,1973. The effect of extreme temperatures on California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera: Diaspididae) and its natural enemies. Australian J. Zool., 22: 203-212.
- Abd-Rabou S.1997. The role of *Encarsia citrina* (Hymenoptera: Aphelinidae) in the biological control of armored scale insects (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae) in Egypt. Proceeding of the First Scientific Conference of Agricultural Sciences, Faculty of Agricultural Science, Assiut Vol 2 : 711-717.
- Abd-Rabou S, Ahmed N & Evans GA .2014. *Encarsia Forester* (Hymenoptera: Aphelinidae) - effective parasitoids of armored scale insects (Hemiptera: Diaspididae) in Egypt. Acta Zoologica Bulgarica Supplement 6:7-12.
- Darwish A A.2016. Some ecological and behavioral aspects of the black parlatoria scale, *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Homoptera: Diaspididae) and its parasites on mandarin trees. Inter. Jour. of Ento. Reser. 4: 33-38.
- Alexandrakis V & Michelakis S.1980. Distribution d'*Aonidiella aurantii* (Mask.) (Hom. Diaspididae) en fonction de son emplacement sur l'arbre et de la variété d'agrumes en Crete. Fruits 35: 639-644.
- Alkan B.1953. Türkiye de narenciye hastalik ve zararlılar. Ankara Fniversitesi Ziraat Fakültesi Bas8mevi, No. 44.
- Alonso D.2004. La mosca de la fruta *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae) en parcelas de citricos: Evoluion estacional, distribucion especial y posibilidad de control mediante trampeo masivo. Tesis Doctoral. Universitat Politecnica de Valencia, Valencia, Espana.
- Aluja M .1993. Manejo integrado de la mosca de la fruta, Editorial Trillas, México. 251 p.
- Annecke DP & Insley HP.1971. Catalogue of Ethiopian Encyrtidae and Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). Entomology Memoir, Department of Agricultural Technical Services, Republic of South Africa, No. 23.
- Apostolos, P., Aguilar A & Garcia-Marí F.2008. Host size availability for *Aphytis* parasitoids in field populations of California red scale *Aonidiella aurantii*, in Eastern Spain citrus groves. Integrated control in citrus fruit crops. IOBC/wprs Bulletin Vol 38.

- Argov Y.1988. Biological control of the citrus Whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Homoptera: Aleyrodidae), pp. 1169 -1175. En proceeding of the VI International citrus congress, 6-11 March 1988. Tel Aviv, Israel.
- Argov Y.1994. The woolly whitefly, anew pest in Israel. Alon-Hanotea, 48: 290-292.
- Argyriou LC.1974. Les cochenilles des citrus en Grèce. Kiphissia (Athènes) - Al Awamia, Grèce, pp 57-65.
- Ashbolt NJ & Inkerman PA.1990. Acetic acid bacterial biota of the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari*, and its environs. Applied and Environmental Microbiology 56: 707-712.
- Asplanato G & García-Marí F.1998. Distribución del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: *Diaspididae*) en árboles de Naranja. Bol San Veg Plagas 24: 637-646.
- Atay S & Sekeroglu E.1987. On the population fluctuations of bayberry whitefly *Parabemisia myricae* Kuwana (Homoptera: Aleyrodidae) on different citrus hosts, pp. 59-67. En: Turkiye I. Entomolojii Kongresi Bildirileri, 13-16 Ekim 1987, Izmir, Turquia.
- Avasthi RK & Shafee SA.1991. Revision of the genus *Coccus* Linn.in India (Insecta, Homoptera, Coccidae). J of the Bombay Nat Hist Society 88: 329-348.
- Avidov Z & Arpaz H.1967. Plant pests of Israel. Israel university Press. Jerusalem, Israel.
- Ba-Angood SAS, 1977. A contribution to the biology and occurrence of the citrus leaf miner, *Phyllocnistis citrella* stainton (Gracillariidae Lep.)in the Sudan. Zeitschrift fur Angewandte entomologie. J. Appl. Entomol. 83 (1):106-111.
- Badawy A.1967. The morphology and biology of *Phyllocnistis citrella* stainton (Gracillariidae Lep.) a citrus leaf miner in the Sudan. Bull. Soc. Ent. Egypte, 51:95-103.
- Baha A.2009. Fiche variétale d'agrumes. Maroc, n° 14377, p. 25.
- Balachowsky AS.1926. Note sur un coccidé de la faune Neotropicale récemment acclimaté et nuisible au figuier en Algérie. Bull Soc Hist Nat Afr Nord 1:63-69.
- Balachowsky AS.1927. Contribution à l'étude des Coccides de l'Afrique mineure (1er note), Ann Soc Ento Fran 16: 175-207.
- Balachowsky AS.1930. Contribution to the study of scale insects Minor Africa (9me note). Addition to the North African fauna with description of three new species. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord., 21:119-125.

- Balachowsky AS.1932. Étude biologique des coccidés du bassin occidental de la Méditerranée. In: Encyclopédie Entomologique, XV P. Le chevalier & Fils, Paris,214 p.
- Balachowsky AS.1933. Contribution to the study of scale insects of North African [12me note]. Diaspines harvested in the region of Tamanrasset (Hoggar Massif) by j. Lauriol.Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord., 24:253-254.
- Balachowsky AS.1934. The scale insects of the central Sahara. Hoggar Mission. III. (February to May, 1928) In Seurat, L.-G, Zoological Studies Central Sahara. Mum. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.,4:145-157.
- Balachowsky A & Mesnil L.1935. Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Ed. Busson. Paris, 627 P.
- Balachowsky AS.1939. Les cochenilles de France, d'Europe, du nord de l'Afrique et du bassin Méditerranéen. (3e partie) III. Caractères généraux des cochenilles reproduction développement embryonnaire, développement postembryonnaire. Actualités Scientifiques et Industrielles 784: 131-239.
- Balachowsky AS.1949. Study of *Rungaspidiotus* (Coccoidea- Odonaspidini). Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord., 40:107-110.
- Balachowsky AS.1950. Mealybugs from France, Europe, North Africa and the Mediterranean Basin. V. Monograph Coccoidea; Diaspidinae (second part) Aspidiotini. Entomological. News. Applicata. Industrial. Science.,397-557.
- Balachowsky AS.1953. Scale insects of France of Europe, North Africa and the Mediterranean basin. VII. Monograph Coccoidea; Diaspidinae IV, Odonaspidini-Parlatorini. Act Scientif Indust 1202:725-929.
- Balachowsky AS.1954. Comparative study of cedar scales in Lebanon and North Africa.Rev. Pathol. Veg. Entomol. Agric. Fr., 33:108-114.
- Balachowsky AS.1957. Les cochenilles du continent Africain Noir. Aspidiotini (2me partie), Odonaspidini et Parlatorini. Ann Musée Roy Congo Belge (Sciences Zoologiques), Tervuren 4:149-356.
- Balachowsky AS.1958. Scales of the African continent Black. Aspidiotini (2nd part), Odonaspidini and Parlatorini. Ann. Musée. Roy.Congo. Belge. (Sciences Zoologiques), Tervuren., 4:149-356.
- Barbagallo S.1974. Notizie sulla presenza in Sicilia di una nuova cocciniglia degli agrumi. Entomologica10: 121-139.

- Barbagallo S., Longo S & Rapisarda C. 1986. White-flies and psyllids injurious to citrus, pp.89-89. En: R. Cavalloroy E. D. Martino (eds). Integrated pest control in citrus-groves. Proceedings of the experts meeting , Acireal March 1985. Balkema, Rotterdam. Holanda.
- Barbagallo S & Patti L .1986. The citrus aphids : behavior, damages and integrated control, pp. 67-75. En: R. Cavalloro y Martino E.D (eds.). Integrated pest control in citrus groves. Proceedings of the experts' meeting, Acireal March 1985. Balkema, Rotterdam, Holanda.
- Barbagallo, S., Longo. C., Rapisarda et Siscaro G.1993. Status of the biological control against citrus whiteflies and scale insects in Italy. IOBC/WPRS Bull., 16: 7-15.
- Barbault R.2008. Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère. Dunod, Paris, 390 p.
- Barbehenn RV., Reese JC & Hagen KS.1999. Chapter 4: The food of insects, In Huffaker, C. B & Gutierrez, A. P. (1999) Ecological entomology. 2nd Ed. John Willey & Sons, New York, U.S.A.
- Barbosa P & Wagner MR. 1989. Introduction to forest and shade tree insects. Academic Press. San Diego, California, U.S.A.
- Beardsley JW & Gonzalez RH.1975. The biology and ecology of armored scales. Annu Rev Entomol 20: 47-73.
- Bedford ECG, 1998. Red scale. *Aonidiella aurauntii* (Maskell). In: Citrus pest in the Republic of Suth Africa. Bedford, ECG, Van den Berg, MA De Villiers, Nelspruit Ed, pp I 32-144.
- Belguendouz R & Biche M.2015. Biodiversity of Diaspididae scale insect (Homoptera), their host plants and natural enemies in Algeria. Jour. Ento. Zool. Stud., 3: 302-309.
- Benassy C. 1975. Les cochenilles des agrumes dans le bassin méditerranéen. Ann Inst Nat Agro, El – Harrach 6:118-142.
- Benassy C.1986. Notes on parasites of some diaspine scale insects. (*Chrysomphalus*, *Lepidosaphes*, *Unapsis*). Boletin del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspeccion Fitopatologica, 3:55-73.
- Ben-Dov Y.1980. Observations on scale insects (Homoptera:Coccoidea) of the Middle East. Bull ent Res 70: 261-271.
- Ben-Dov Y.2010. On new taxa and some described armoured scale insects (Hemiptera: Diaspididae) living in the galleries of the ant *Melissotarsus insularis* Santschi (Hymenoptera: Formicidae) in Madagascar. Zootaxa 2368: 49-58.

- Ben-Dov Y., Miller DR & Gibson GAP. 2010. ScaleNet: a database of the scale insects of the world. In: United States Department of Agriculture (USDA). <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>.
- Ben-Dov, Y. 1988. The scale insects (Homoptera: Coccidea) of citrus in Israel: Diversity and pest-status. Proc. 6<sup>th</sup> Int. Citrus Congress: 1075- 1082.
- Benediste A & Baches M. 2002. Agrumes. Ed. Ugen Ulmer, PARIS, n° 132, 96 p. enediste
- Benfatto D & Longo S.1986. Beetle pests living on citrus in Italy. En ; R. Cavalloro y E.D. Martino (eds). Integrated pest control in citrus-groves. Proceeding of the experts' meeting, Acireale March 19855. Balkema, Rttterdam, Holanda.
- Benfatto D.1980. Principali acari degli agrumi e relativi mezzi di lotta. Frutticoltura , 12 : 43-54.
- Biondi M., D'Alessandro P & Urbani F.2015. Relationships between the geographic distribution of phytophagous insects and different types of vegetation: A case study of the flea beetle genus *Chaetocnema*(Coleoptera: Chrysomelidae) in the Afrotropical region. Eur. Jour. Entomol.,112 (2): 311- 327.
- Blackburn VL & Millert DR .1984. Pests not known to occur in the United States or of limited distribution. N°44. Black parlatoria scale. United states department of agriculture, Plant protection and quarantine, animal and plant health inspection service 45: 1-13.
- Blondel J. 1979. Biogéographie et écologie. Masson. Paris.
- Blumberg D., Klein M & Mendel Z .1995. Response by Encapsulation of Four Mealybug Species (Homoptera: Pseudococcidae) to Parasitization by *Anagyrus pseudococci*. Phytoparasitica, 23 (2):157-163.
- Bodenhheimer FS. 1951. Citrus Entomolgy. Ed. Dr. W. Junk. The Hauge, The Holanda. BOE (Boletin Oficial del Estado). 2004. Orden APA/1657/2004/ de 31 mayo, por la que se establece la norma técnica espesifica de la identificacion de garantia nacional de produccion integrada de citricos. N° 137 (de 7 de junio): 20684-20747.
- Bonani JP., Fereres A., Garzo E., Miranda MP & Appezzato-Da-Gloria B.2010. Characterization of electrical penetration graphs of the Asian citrus psyllid, *Diaphorinacitri*, in sweet orange seedlings. Entomologia. Experimentalis. Et. Applicata., 134: 35 - 49.
- Borchsenius NS. 1966. A Catalogue of the Armoured Scale Insects (Diaspididae) of the World. (In Russian). Leningrad, Russia: Akademii Nauk SSR Zoologicheskogo Instituta, 449 pp.

- Burger HC & Ulenberg SA. 1990. Quarantine problems and procedures. In: Rosen D, ed. Armoured Scale Insects, their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 4B. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 313-327.
- Cabaleiro C & Segura A. 1997. Field transmission of grapevine leafroll associated virus 3 (GLRaV-3) by the mealybug *Planococcus citri*. Plant Dis. 81:283-287.
- CABI.1964. Distribution Maps of Plant Pests, *Parlatoria ziziphi*; series A Map N° 186. International Institute of Entomology, the Eastern Press Ltd, London, UK. 2pp.
- Cahuzac D. 1986. Les cochenilles des ligneux d'ornement. Phytoma, 383: 37- 38.
- Camille J., Franck C & Marion H.2013. Les clémentiniers et autres petits agrumes. France: Ed. Quae.
- Carrero JM. 1980. Estado actual de la lucha biologica contra las cochinillas de los agrios en Valencia (Espana). Fruits, 35 (10): 625-631.
- Carrol DP & Luck RF. 1984a. Within tree distribution of California red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell). (Homoptera: Diaspididae), and this parasitoid *Comperiella bifasciata* (Howard) (Hymenoptera: Encyrtidae) on orange trees in the San Joaquin Vley. Environmental Entomology, 13 (1): 179- 183.
- Chao J & Zeng XH.1997. Control of *Parlatoria pergandii* Comstock with buprofezin. Grassland of China 5: 1-46.
- Clement J M .1981. Larousse agricole. Librairie Larousse 1184.
- Cohic F.1955.Rapport d'une mission aux établissements français d'Ocane. Fascicle III. Enquête sur les parasites animaux des cultures.Institute Français, ORSTOM.
- Coll M & Abd-Rabou S. 1998. Effect of oil emulsion sprays on parasitoids of the black parlatoria scale, *Parlatoria ziziphi*, in grapefruit. BioControl 43: 29-37.
- Costa-Comelles J., Alonso A., Rodriguez JM & Garcia-Mari F. 2001. Eficacia de varios insecticidas sobre la caparreta negra *Saissetia oleae* en citricos. Levante Agrícola, 356 : 195-200.
- Daane KM., Almeida RPP., Bell VA., Walker JTS., Botton M., Fallahzadeh M., et al.2012. Biology and Management of Mealybugs in Vineyards. In: Bostanian NJ, Vincent C, Isaacs R, editors. Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions. Springer Science+Business Media.; 271–307.
- Dajoz R.1971. Précis d'écologie. Ed : Dunod. Paris, 434 p.
- Dajoz R. 2000. Précis d'écologie. Ed : Dunod Paris 615 .

- Danzig E & Pellizzari G.1998. Diaspididae. In: Kozár F, ed. Catalogue of Palearctic Coccoidea. Budapest, Hungary: Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences, 172-370.
- Davidson JA & Miller DR.1990. Ornamental plants. In: Rosen D, ed. Armoured Scale Insects, their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 4B. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 603-632.
- Davidson NA., Dibble JE., Flint ML., Marer PJ & Guye A.1991. Managing insects and mites with spray oils. University of California. Division of agriculture and Natural resource. Publication 3347.
- DeLotto G.1973. A new soft scale from Citrus (Homoptera: Coccoidae: Coccide). Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria, Portici 30: 291-293.
- DeBach P.1970. La mouche blanche, *Aleurothrixus floccosus* et ses parasites dans l'hémisphère occidental, Al Awamra, 37, 101-104.
- DeBach PH & Argryiou LC.1971. The colonization and success in Greece of some imported *Aphytis* spp. (Hym.: Aphelenidae) parasitic on citrus scale insects (Hom.: Diaspididae). Entomophaga, 12(4):325-342.
- DeBach P & Rosen D. 1976. Armored scale insects, pp. 139-178. En: V.L. Delucchi (ed.). Studies in biological control. Cambridge University Press. London, Reino Unido.
- DeBach P & Rosen D.1979. Species of *Aphytis* of the world (Hymenoptera: Aphelinidae). Israel Univ. Press, Jerusalem and W. Junk, The Hague, 801 pp.
- Dekle GW.1976. Florida armored scale insects. In: Arthropods of Florida and Neighboring Land Areas. Gainesville, Florida: Florida Department of Agriculture, Division of Plant Industry, ( 3).
- Del Pino A. 2000. Efecto de factores abióticos y edáficos naturales en el ciclo biológico de *Ceratitis capitata*, (Wiedmann), Diptera : Tephritidae. Tesis doctoral. Universitat politècnica de valència, Valencia, España.
- Delrio G.1985. Tephritid pests in citriculture. CEC / Proc. Experts meeting. Acireale; Balkema. Rotterdam. Integrated pest control in Citrus. Ed. Recher. Cavalloro and E. Dimartino: 135-149.
- Derridj S. 1996. Nutrients on the leaf surface, pp. 348-362. In C. E. Morris, P. C. Nicot and C. Nguyen (eds). Aerial and plant surface microbiology. Plenum Press, New York, U.S.A.
- Donkin RA, 1977b. The insect dyes of western and west-central Asia. Anthropos 72: 847-880.

- Drea JJ & Gordon RD. 1990. Predators. Coccinellidae. In: Rosen, D. (Ed.), The Armored Scale Insects, their Biology, Natural Enemies, and Control. Elsevier, Amsterdam, pp. 19–40.
- Dreistadt SH. 1996. Citricola Scale (Homoptera: Coccidae) Abundance on Chinese Hackberry and Scale Control with Spray Oil or Acephate Trunk Implants. Jour. Econ. Entomol., 89(2): 481-487.
- Duyck PF & Quilici S. 2002. Survival and development of different life stages of tree *Ceratitis* spp. (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. Bulletin of entomological research, 92 (6): 461-469.
- Ebeling W. 1950. Subtropical Entomology. Lithotype Process Co, San Francisco, États-Unis.
- Ebeling W. 1959. Subtropical fruit pest. University of California, Div. Agric. Csi. Evans, GA 2007 USDA APHIS, liste des aleurodes (Alerodidae) de la plante hôte. Soc. 90:124-126.
- El- Bolok M. 1984. Effect of different levels of trees, different cardinal directions, tree core and leaf surface on the distribution of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) in correlation with the year seasons. Bull. Soc. Entomol. d'Egypte 65: 289-299.
- El- Bolok MM., Sweilem SM & Abdel-Aleem RY. 1984. Effect of different levels of trees, different cardinal directions, tree core and leaf surface on the distribution of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) in correlation with the year seasons. Bulletin de la Société Entomologique d'Egypte. 65: 289-299.
- Farias Urrutia A & Garcia-Mari F. 2002. Factores que afectan al comportamiento de puesta adultos de *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera : Gracillariidae). Bol. San. Veg. Plagas, 28 (4) :493-503.
- Fasulo TR & Brooks RF. 1997. Scale pests of florida citrus. University of florida. Ifas extensión. ENY, 814.
- Ferrière C. 1936. Two new egg parasites of Batocera (Col. Lamiid.) in Malaya. Bulletin of Entomological Research 27(2):331-333.
- Foldi I. 1990. Moulting and scale cover formation, pp. 257-265 In D. Rosen [ed.], Armored scale insects, their biology, natural enemies, and control. World crop pests, vol. 4A. Elsevier, New York.
- Foldi I. 2001. Liste des cochenilles de France (Hemiptera, Coccoidea). Bulletin de la Société Entomologique de France 106: 303-308.
- Foldi I. 2003. Les cochenilles - 1ère partie. Insectes. 129: 3-7. <http://www.inra.fr/opie-insectes/pdf/i130foldi.pdf>.

- Franco JG., Suma P., Borges da silva E., Blumberg D & Mendel Z.2004. Management strategies of Mealybug pest of citrus in mediterranean countries. *Phytoparasitica.*, 32: 507-522.
- Franco JC., Garcia-Mari F., Ramos AP & Besri M .2006. Survey on the situation of citrus pest management in Mediterranean countries. *IOBC/wprs Bulletin*, 29 (3): 335-346.
- Freeborn SB.1931.Citrus scale distribution in the mediterranean basin. *Jour. Econ. Entomolo.* 24 : 1025-1031.
- Gacem A., Taibi A., Medjdoub I., Medjdoub Y & Doumandji S.2016. Citrus infestation by the black scale *Parlatoria ziziphi* Lucas (Homoptera: Diaspididae) in Tlemcen, Algeria. *J. ent. Res.*, 40 (3): 217-221.
- Garcia mari F.2012. Plagas de los citricos. Gestion integrada en paises de clima mediterraneo. Ed , Phytoma, Espagne 556p.
- Garcia-Mari F & Del Rivero JM.1981. El acaro rojo *Panonychus citri* (Me. Gregor), nueva plaga de los cítricos en España. *Bol. Ser. Plagas*, 7: 65-77.
- Garcia-Mari F., Ferragut F., Marzal C., Costa Comelles J & Laborda R.1986a. Acaros que vive en las hojas de los citricos espanoles. *Inv . Agr. Prod. Prot. Vegetal.* 1 (2) : 6192.
- Garcia-Mari F., Soto A., Hernandez Penadés P., Rodrigo E & Rodriguez Reina JM.2000. Una nueva cochinilla aparece en los citricos valencianos, *Chrysomphalus aonidium*. *Phytoma-Espana*, 117: 35-40.
- Garcia-Mari F & Tena barrera A.2008. Parasitoides de *Coccus pseudomagnoliarum* (Hemiptera :Coccidea), una nueva plaga en los citricos valencianos. *Levante Agricola* 1 tri:7p.
- Garcia-Marí, F.1994. The scale insects of citrus in Spain: pest status and control. Integrated management on insect and mite pests of citrus. Aword overview. Proceedings Third international citrus seminar. Estacao experimental de citricula de Bebedouro. State of Sao Paulo. Brasil. 47-66.
- Garijo C & Garcia E.1994. *Phyllocnistis citrella* (Station, 1856) (Insecta: Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistinae) en los cultivos de citricos en Andalucia (Sur Espana): Biologia, Ecologia y control de la plaga. *Bol. San. Veg. Plagas*, 20:815-816.
- Garrido A.1978. La mosca blanca de los agricicos obliga a actuar contra las plagas de los mismos de forma diferente a la traditional. *Levante Agricola*, 17: 35-38.
- Garrido A., Tarancon J., Del Busto T & Martinez MC.1976. Repartición y estudio poblacional de *Aleurothrixus floccosus* Mask. a nivel del árbol y equilibrio con su parásito *Cales noacki* How. *An. I.N.I.A. Serv. Prot.Veg.* 6: 89-121.

- Genduso P & Liotta G.1980. Presenza di *Aleurothrixus floccosus* (Mask.) (Hom. Aleyrodidae) sugli agrumi in Sicilia. Boll. 1st. Ent. Agr. Oss. Fitopat. Palermo, 10: ,205-211.
- Gerson U. 1967a. The naturale enemies of the chaff scale, *Parlatoria pergandii* Comstock, in Israa. Entomophaga, 12: 97-109.
- Gerson U.1977. La capsilla *Parlatoria pergandii* Comstock y sus enemigos naturales en Israel. Bol Serv Plagas 3:21-53.
- Gerson U. 2003. Acarine pests of citrus: Overview and non-chemical controle. Systematic & Applied Acarology, 8: 3-12.
- Gill R.J. 1997. The Scale Insects of California: Part 3, the Armored Scales (Homoptera: Diaspididae). California Department of Food & Agriculture, Sacramento, CA. 307 pp.
- Godfrey K., Daane KM., Bentley WJ., Gill R &.Malakar-Kuenen R.2002. Mealybugs found in California vineyards. University of California Division of Agricul-ture and Natural Resources Leaβet (in press).
- Golan K & Najda A. 20112. Differences in the sugar composition of the honeydew of polyphagous brown soft scale *Coccus hesperidum* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) feeding on various host plants. *Eur. J. Entomol.*,108: 705-709.
- Gómez-Clemente F.1943. Cochinillas que atacan a los agrios en la región de Levante. Bol Patol Veg Entomol agric 12:17-18.
- Gómez-Clemente F.1951. Insectos y acaros parasitos de los "citrus" en las comarcas espanolas del Mediterraneo. Bol. Pat. Veg. Ent. Agr., XIX: 197-220.
- Gravena S, 2005. Manual pratico de manejo ecologicco de pragas dos citros. Gravena Ltda. Jaboticabal, Brasil.
- Guerreiro AR, 1978. Uma nova praga em Portuga. A mosca Branca dos Citrinos. Vida Rural, 44: 18-21.
- Gullan PJ & Cook LG.2007. Phylogeny and higher classification of the scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Zootaxa.*, 16(8): 413-425.
- Gullan PJ. & Steffan SA. 2003. A new pest species of the mealybug genus *Ferrisia fullaway* (Hemiptera: Pseudococcidae) from the United States. *Annals of the Entomological Society of America.*,96: 723-737.
- Habib A & Attalah AH.1960. Population studies on the black scale *Chrysamphalus ficus* Ashm. III. The buildup of the population on different kinds of citrus. *Bull Soc Entomolo Egypte* 29: 13-19.

- Haddad N & Sadoudi D. 2014. Inventaire des cochenilles des agrumes en Kabylie et leur répartition selon l'organe végétal. Séminaire national sur la biodiversité faunistique, E.N.S.A, Alger.
- Haddad N & Sadoudi D. 2017. Diversity, structure and composition of scale insects populations (Homoptera: Coccoidea) on Citrus in Kabylia, Algeria. *International Journal of applied, Natural and Social Sciences*, 5 (4): 63-76.
- Haddad N & Sadoudi D. 2018. Distribution behavior of *Parlatoria pergandii* Comstock, *Aonidiella aurantii* Maskell and *Crysamphalus dictyospermi* Morgan (Hemiptera: Diaspididae) on the canopy of citrus trees. *Bioscience Research*, 15(3): 2452-2462.
- Haddad N., Sadoudi D & Garcia Mari F. 2019. Management of a main citrus pest black parlatoria scale *Parlatoria ziziphi* (lucas) (Hemiptera: Diaspididae) in the mediterranean basin. *J.Fundam. Appl. Sci.*, 11(1): 184-199.
- Hance T., Van Baaren J., Vernon P & Biovin G. 2007. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 107-126.
- Hattingh V & Tate B. 1997. The effects of insect growth regulator use one IPM in Southern Africa citrus, pp. 523-525. En: B. Manicom, J. Robinson, S.T. du Plessis, P. Joubert, J.L. van Zyl y S. du preez (eds.). *Proc. Int Soc. Citriculture*, Sun City, Sudafrica.
- Hernandez P. 2003. Mejora del control de *Parlatoria pergandii*, *Cornuaspis beckii*, y *Aonidiella aurantii* ( Homoptera: Diaspididae) en el cultivo de los citricos: Determination del momento optimo de la aplicacion y del umbral de tratamiento. Memoria de tesis Doctoral. Universitat Politecnica de Valencia, Valencia, Espana.
- Hernandez P., Rodriguez JM & Garcia-Mari F. 2004. Umbrales de tratamiento para coccidos diaspidios en citricos. *Bol. San. Veg. Plagas*, 28: 469-478.
- Herrero R., Asins MJ., Carbonell EA & Navarro L. 1996. Genetic diversity in the orange sub-family Aurantioideae. I. Intraspecies and intragenus genetic variability. *Theoretical and applied genetics*. 92:599-609.
- Hoy MA & Nguyen R. 1995. Establishment of Citrus leaf miner parasitoid. *Ageniaspis Citricola* in Florida. *Citrus industry*, December: 14-17.
- Huang LL., Wang DW., Zhang QB., Lei HD & Yue BS. 1988. Study of bionomics and control of *Parlatoria ziziphus*. *Acta Phytophylactica Sinica*. 15:15-21.
- Idder-Ighili H, Idder MA, Boughezala Hamad M, Doumandji-Mitiche B, 2013. Relations entre la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targiono-Tozzetti (Homoptera-Diaspididae) et quelques variétés de dattes à Ouargla (Sud-Est Algérien). *Bio Ressources* 3: 32-40.

- Ilharco FA & Sousa-Silva CR. 2009. *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy, 1907) (Homoptera, Aphidoidea), the tropical citrus aphid in continental Portugal. Citrus Tristeza Virus and *Toxoptera citricidus*. A serious threat to the Mediterranean citrus industry. *Options Méditerranéennes*, 65, 53–58.
- Inkerman PA., Ashbolt NJ., Carver M & Williams DJ. 1986. Observations on the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Australia (Homoptera: Pseudococcidae). *Proceedings of the 19th International Congress of the Society of the Sugar Cane and Technology* 1: 612-618.
- Jacquemond C., Curk F & Heuzet M. 2013. Les clémentiniers et autres petits agrumes. Quae., Versailles : Quae. Phytogénétiques, Rome, Italie.
- Jendoubi H. 2011. Current status of the scale insect fauna of citrus in Tunisia and biological studies on *Parlatoria ziziphi* (Lucas). International PhD programme in plant health technologies cycle xxiv 2009-2012. University of Catania
- Jendoubi H., Grissa KL., Suma P & Russo A. 2008. Scale insect fauna (Hemiptera, Coccoidea) of citrus in Cap Bon region (Tunisia). *Bulletin IOBC/wprs Bulletin*; 38:87-93.
- Jeppson LR. 1989. Biology of citrus insects, mites and molluscs. In: Reuther, W., Calavan, E.C. and Carman, G.E. (eds) *The Citrus Industry*, vol. V. University of California, Oakland, CA, pp. 1-87.
- Jeppson LR., Kiefer HH & Baker EW. 1975. *Mites Injurious to Economic Plants*, 528 pp. Univ.
- Jolivet P. 1998. *Interrelationship between insects and plants*. CRC Press, Boca Raton. 309 pp.
- Kaneko Y., Ikeda H & Ohwaki A. 2015. Seasonal variability in the response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) to a forest edge in a heterogeneous agricultural landscape in Japan. *Eur. J. Entomol.*, 112(1): 135-144.
- Karam HH. 1979. *Studies on some scale insects (Hymenopterous parasitoids and predacious mites associating *Parlatoria pergandii*, *Lepidosaphes beckii* and *Aonidiella aurantii* in Alexandria)*. Ph.D. Thesis, Faculty of agricultural, Alexandria university, Alexandria, Egypt.
- Katsoyannos P. 1996. *Integrated Insect Pest Management for citrus in Northern Mediterranean Countries*. Benaki Phytopathological Institute, Athens, Grecia.
- Katsoyannos P. 1996. Northern Mediterranean countries. In. (eds.). Morse, J.G., Luck, R.F. and Gumpf, D.J. *Citrus Pest Problems and their Control in the Near East*. FAO, Rome, pp. 221-255.
- Kholsa S., Mendiratta G & Brahmachari V. 2006. Genomic imprinting in the mealybugs. *Cytogen. Genome. Res.*, 113: 41-52.

- Knapp JL., Albrigo LG., Browning HW., Bullock RC., Heppner JB., Hall DG., Hoy MA., Nguyen R., Pena JE & Stansly PA, 1995. Citrus leaf miner, *Phyllocnistis citrella* Stainton: Current Status in Florida - 1994. Florida Cooperative Extension Service, IFAS, University of Florida, Gainesville, 26 pp.
- Koga R., Nikoh N., Matsuura Y., Meng XY & Fukatsu T. 2012. Mealybugs with distinct endosymbiotic systems living on the same host plant. Federation of European microbiological Societies Microbiol Ecol 83: 93-100.
- Koteja J. 1990. Life history, pp. 243-254. En: D. Rosen (ed.). World corp pests, vol. 4A. Armored scales insects, their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, Holanda.
- Koteja J. 2008. Xylococcidae and related groups (Hemiptera: Coccinea) from Baltic amber (In English; Summary in Polish). Prace Muzeum Ziemi 49:19-56.
- Koteja J & Azar D. 2008. Scale insects from Lower Cretaceous amber of Lebanon (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccinea). Alavesia., 2:133-167.
- Koya KMA, Devasahayam S., Selvakumaran S & Mini Kallil. 1996. Distribution and damage caused by scale insects and mealy bugs associated with black pepper (*Piper nigrum* innaeus) in India. Journal of Entomological Research, 20(2): 129-136.
- Leite De Oliveira CA. 1994. Acaros des citricos. Ed. Basf Brassileira, S.A., Sao Paulo, Brasil.
- Leonhardt BA., Cunningham RT., Chambers DL., Avery JW & Harte EM. 1994. Controlled-Release Panel Traps for the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology, 87(5), 1217-1223.
- Limon F., Melia A., Blasco J & Moner P. 1976. Study of the distribution, level of attack and parasites of the diaspine scale insects *Chrysomphalus dictyospermi* Morgan and *Parlatoria pergandii* Comst. on citrus in the province of Castellon. Boletin del Servicio de Defensa Contra Plagase Inspeccion Fitopatologica, 2(1): 73-87.
- Liotta G. 1970. Diffusion des cochenilles des agrumes en Sicily et introduction d'une nouvelle espece en Sicily occidentale. Al Awamia 37: 33-38.
- Llorens JM. 1990a. Homoptera I. Cochinillas de los citricos y su control biologico. Ed. Pisa. Alicante, Espana.
- Llorens JM. 1990b. Homóptera II. Pulgones de los cítricos y su control biológico. Ed. Pisa. Alicante, Espana.
- Lodos N. 1982. Turquie entomologie. (Général et faunistique) Volume II. Université Ege Matbaas Bornova. Faculty of Agriculture No. 429. Turquie.

- Longo S & Russo A.1986.Distribution and density of scale insects (Homoptera; Coccoidea) on citrus-groves in Eastern Sicily and Calabria,pp.41-49. En:R. Cavalloro y D. Martino (eds).Integrated pest control in citrus-groves.
- Longo S., Marotta S., Pellizzari G., Russo A & Tranfaglia A.1999. An annotated list of the scale insects (Homoptera: Coccidea) of Italy. *Israel Journal of Entomology*,29:113-130.
- Loussert R. 1989. Les agrumes, production. Volume 2. Technique et documentation lavoisier, Paris 157.
- Luck RF., Morse JG & Moreno DS. 1986. Current status of integrated pest management in California citrus groves, pp. 533-543. In R. Cavalloro and E. Di Martino [eds.], *Integrated pest control in citrus-groves*. A. A. Balkema, Boston, MA.
- Luck RF., Tauber MJ & Tauber CA.1995. The contributions of biological control to Population and Evolutionary Ecology, pp. 25-45. In: J.R. Nechols (ed.) *Biological control in the Western U.S.: A accomplishments and benefits of regional research project W-84. 1964-1989*. ANR Publications, Oakland, CA.
- Mabberley DJ. 1997.*The plant book. A portable dictionary of the Vascular Plants*. Cambridge University Press.
- MADRP, 2016. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.
- MADRP, 2018. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.
- Magalhaes Silva G. 1979. Note on the introduction of *Aleurothrixus floccosus* (Mask.) (Homoptera. Aleurodidae) in South Portugal and its control by *Cales noacki* How. (Hymenoptera. Aphelinidae). *Proceedings Internat. Symposium IOBC/WPRS on Integrated Control in Agriculture and Forestry Wien*. Oct. 1979. pp. 572-573.
- Malan SV & Niekerk AP. 2012. Potential of South African entomopathogenic nematodes (Heterorhabditidae and Steinernematidae) for control of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Pseudococcidae). *J of invertebrate Pathology* 111: 166-174.
- Martinez-Ferrer MT., Grafton-Cardwell EE & Shorey HH.2003. Disruption of parasitism of the California red scale (Homoptera: Diaspididae) by three ant species (Hymenoptera: Formicidae). *Biological Control* 26(3): 279-286.
- Mbte P., Itoua-Apoyolo CM., Kiyindou A., Ngokaka CN & Doungou JP.2011. Evaluation des dégâts causés aux agrumes par la cochenille (*Praelongorthezia proelonga*) dans les quartiers sud de la ville de Brazzaville. *Jour Appl Bioscience* 39: 2619-2625.
- McLure CJ.1990. 1.4.4 Patterns of temporal and spatial distribution, pp 309-311. In Rosen, D (eds), *Armored scale insects their biology, natural enemies and control*, vol A. Elsevier, Amsterdam-oxford. N Y.

- Melia A. 1976. Factors resulting in the wastage of citrus fruits. *Boletin del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspeccion Fitopatologica*, 2(2):145-159.
- Michaud JP. 1998. A review of the literature on the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Kirkaldy). *Fla Entomol* 81:37-61
- Mico V., Laborda R., Mari-Garcia F., Soto T & Costa-Comelles J. 1992. Distribución de las poblaciones del ácaro rojo *Panonychus citri* Me Gregor en agrios. *Bol. San. Veg. Plagas*, 18 (1): 45-55.
- Miller DR., Miller GL., Hodges GS & Davidson JA. 2005. Introduced scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of the United States and their impact on US agriculture. *Proceedings of the entomological Society of Washington*, 107: 123-158.
- Miller DR & Davidson JA. 2005. *Armored Scale Insect Pests of Trees and Shrubs*. Cornell Univ Press, Ithaca, New York, U.S.A.
- Miller DR & Kosztarab M. 1979. Recent advances in the study of scale insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 24: 1-27.
- Miller DR & Gimpel ME. 2004. ScaleNet, *Chrysomphalus dictyospermi*.  
<http://198.77.169.79/catalogs/diaspidi/Chrysomphalusdictyospermi.htm>.
- Miller DR & Davidson JA. 1990. A list of the armored scale insect pests : 299-306. In : D. Rosen (Eds). *Armored scale insects: their biology, natural enemies and control*. *World Crop Pests*, vol. 4B, Elsevier, Amsterdam.
- Mohamed EM., Basheer AM & Abukaf N. 2012. Survey of Parasitoid Species of Citricola Scale Insect, *Coccus pseudomagnoliarum* (Kuwana) (Homoptera: Coccidae) and their Effect in Citrus Orchards at Lattakia, Syria. *Egyptian. Journal. Biological. Pest. Control.*, 22(1):61-65.
- Monastero S. 1962. Le cocciniglie degli agrumi in Sicilia (*Mytilococcus beckii* New, *Parlatoria zizyphus* Lucas, *Coccus hesperidum* L., *Pseudococcus adonidum* L., *Coccus oleae* Bern., *Ceroplastes rusci* L.). *Bollettino dell' Istituto di Entomologia Agraria dell' Università Palermo* 4: 65-151.
- Murai M. 1974. Studies on the interference among larvae of the citrus leaf miner, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Phyllocnistidae). *Res. Popul. Ecol.* 16: 80-111.
- Mutin G. 1969. L'Algérie et ses agrumes. In: *Revue de géographie de Lyon*, vol. 44, n°1. pp. 5-36.
- Nunez BL. 1987. la mosca del mediterraneo. *Informa* (Enero, Febrero-maio, CA, pp 9-17.

- Ollitrault P., Terol J., Chen C., Federici CT., Lotfy S., Hippolyte I., Ollitrault F et al. 2000. A reference genetic map of *C. Clementina* hort. Ex Tan : citrus evolution inferences from comparative mapping. *BMC Genomic.* 13, 593.
- Onillon JC. 1977. Aspectos de la ecología de algunos aleurodidos. *Boletín Del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica*, 3 (1/2), 175-198.
- Onillon JC & Abbassi M. 1973. Notes bio-écologiques sur l'aleurode floconneux des agrumes. *Aleurothrixus floccosus* MASK. (*Homopt: aleurodidae*) et moyens de lutte. *Al Awamia*, 49, 99-117.
- Onillon JC. 1969. A propos de la présence en France d'une nouvelle espèce d'aleurode nuisible aux citrus, *Aleurothrixus floccosus* MASK. (*Homopt., Aleurodidae*). *C.R. Acad. Agr. France*, 55 (13), 937-941.
- Pacheco da Silva VC., Bertin A., Blin A., Germain JF., Bemardi D., Rignol G et al .2014. Molecular and morphological identification of mealybug species (Hemiptera : Pseudococcidae) in Brazilian vineyards. *PIOS ONE* 9 issue7: 13.
- Papadopoulos NT., Carey JR., Katsoyannos BI & Kouloussis NA,.1996. Overwintering of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 89: 526 -534
- Pascual A. 2007. Acarofauna de los cítricos en Alicante. Dinámica espacial y temporal de la araña roja *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Pekas A., Tena A., Aguilar A & Garcia-Mari F.2010. Effect of Mediterranean Ants (Hymenoptera: Formicidae) on California Red Scale (Hemiptera: Diaspididae) Populations in Citrus Orchards. *Environ Entomol* 39(3): 827-834.
- Pellizzari G & Germain JF. 2010. Scales (Hemiptera, Superfamily Coccoidea) Chapter 9.3 *BioRisk* 4(1): 475–510.
- Perez Guerra G & Kosztarab M.1992. Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera : Coccinea) with emphasis on the life cycle of *Dactylopius coccus* Costa. *Studies on the Morphology and Systematics of Scale Insects*, No.16, Virginia agricultural experiment station, Blacksburg, Bulletin 92-1, 90 p.
- Pérez Ibanez T & Llorens Climent JM. 1977. Piojo rojo o poll roig. *Levente Agrícola*, Junio: 10-15.
- Piguet P. 1960. Les ennemis animaux des Agrumes en Afrique du Nord. Ed. Soc Shell, Algérie, 117.

- Pimentel D. 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability*, 7, 229-252.
- Planes S. 1944. La reña de los frutos cítricos. *BoI.Pat.Veg.Ent.Agr.* , 13,47-54.
- Podsiadlo E & Bugila A. 2007. Morphology of the second-instar males of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae). *Proceedings of the XI international symposium on scale studies*, 51- 53.
- Praloran JC. 1971. Les agrumes, techniques agricoles et production tropicale. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris.
- Quayle HJ. 1914. Citrus fruit insects in Mediterranean countries. *USDA Bull.* pp. 134.
- Quayle HJ. 1941. Insectes of citrus and other subtropical fruits. Comstock, Ithaca, New York, EEUU.
- Quezada JR & DeBache P. 1973. Bioecological studies of the cottony cshion scale, *Icerya purchasi* Mask, and its natural enemies, *Rodolia cardinalis* Muls and *Crytochaetum iceryae* Will in southern California. *Hilgardia*, 41:631-688.
- Quilici S. 2003. Analyse du risque phytosanitaire (ARP); organisme nuisible : *Parlatoria ziziphi* sur les agrumes. 28 p.
- Quirion P & Bourbeau P. 1994. *Lexique des sciences biologiques*. Faculté des Sciences et Génie. Université Laval. Sainte-Foy, Québec, Canada.
- Ramade F. 1984. *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.
- Ramade F. 2003. *Elément d'écologie : écologie fondamentale (3ed)*. Ed Dunod, Paris.
- Rambier A. 1965. Les acariens des agrumes. *Compte rendu des journées de Phytatrie et de Phytopharmacie circum méditerranéennes*: 126-128.
- Ramlov H. 2000. Aspects of cold tolerance in ectothermic animals. *Human Reprod.* 15, 26-46.
- Rapisarda C & Pavone D. 1992. Phenology and population dynamics of *Parabemisia myricae* in Eastern Sicily (Homoptera: Aleyrodidae). *Proc. Int. Soc.* 3: 987-990.
- Rasekh A., Michaud JP & Varandi HB. 2011. Biology of the conifer needle scale, *Nuculaspis abietis* (Hemiptera: Diaspididae), in northern Iran and parasitism by *Aspidiotiphagus citrinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Eur. J. Entomol.*, 108: 79-85.
- Rebour H. 1966. *Les agrumes : Manuel de culture de citrus pour le bassin méditerranéen*. 5<sup>e</sup> édition, Baillièere, Paris, 278 p.

- Reuther W., Webber H & Batchelor LD.1967. The citrus industry history. World distribution, Botany and varieties, University of California, USA, 611p.
- Ricard M., Garcin A., Jay M & Mandrin JF. 2012. Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière, Duong-Minh Nguyen, ctifl, Paris 471.
- Rodrigo E & Garcia-Marí F.1994. Comparación del ciclo biológico de los diaspinos *Parlatoria pergandii*, *Aonidiella aurantii* y *Lepidosaphes beckii* (Hemiptera, Diaspididae) en cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal 16: 25-35.
- Rodrigo E., Troncho P & Garcia-Mari F. 1996 . Parasitoids (Hym :Aphelinidae) of three scale insects (Hom : Diaspididae) in a citrus grove in Valencia, Spain. Entomophaga, 41:77-94.
- Rose M. 1990b. Citrus, pp.535-541.En: D. Rosen (ed.). World crop pests, vol. 4B. Armored scale insects, their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, Holanda.
- Rose M.1990a. Periodic colonization of natural enemies,pp.433-440.En:D.Rosen eds).World crops pest , vol.4B. Armored scale insects , their biology, natural enemies and control. Elsevier. Amsterdam, Holanda.
- Rosen D & Debach P.1979. Species of *Aphytis* of the world (Hymenoptera: Aphelinidae). Ed. Israel Universities Press. Jerusalem y W. Junk, The Hague, Israel.
- Ruiz-Castro A. 1945. Fauna entomológica de la vid en España. Estudio sistemático-biológico de las especies de mayor importancia económica. Vol. III (Díptera). Trab. Inst. Esp. Entorno, CSIC, Madrid.
- Sadoudi-Ali ahmed D., Kellouche K & Sadoudi R. 2011. The cochineal of the figure tree *Ceroplastes rusci* Linnaeus (Hemiptera: Coccoidea) in a figure tree in Kabylia. Symposium on mealybug or main pest. Montpellier.
- Salama HS., Abdel Salam AL., Donia A & Megahed MI.1985. Studies on the population and distribution pattern of *Parlatoria ziziphus* (Lucas) in citrus orchards in Egypt. Insect Science and its Application. 6:43-47.
- Salhi N.1992. Etude de quelques aspects de la bio-écologie de deux espèces d'Homoptères Aphididae : *Aphis citricola* Van der Goot, 1912 et *Toxoptera aurantii* Boyer de Fons colombe, 1841 sur deux vergers de Citrus sinensis dans la région de Tizi-Ouzou. Mém. Magister. Inst. Biol. Univ. Tizi- Ouzou. 90 p
- Saunt J. 2000. Citrus Variation of the World, 2nd edn. Sinclair International Limited, Norwich, UK.

- Schwarz RE. 1998. Citrus aphids. In: Bedford, E.C.G., Van den Berg, M.A. and De Villiers, E.A. (eds) *Citrus Pests in the Republic of South Africa*. ARC Institute for Tropical Crops, Nelspruit, South Africa, 288 pp.
- Shen, GP & Liu HM. 1990. Research on scale insect species in camphor trees in the Nanchang area. *Acta Agricultural Universitatis Jiangxiensis* 12: 10-17.
- Sigwalt B. 1971. Les études de démographies chez les cochenilles diaspines. Applications à trois espèces nuisibles à l'oranger en Tunisie. Cas particulier d'une espèce à générations chevauchantes: *Parlatoria ziziphi*. *Ann Zool Ecol Anim* 3(1): 5-15.
- Sigwalt B & Soria F. 1965. La lutte chimique contre les Diaspines des agrumes de Tunisie. *C. R. C. A. Z. F. Tunis*. 52-57.
- Simon E & Zyla D. 2015. New fossil taxa of Monophlebidae (Sternorrhyncha: Coccoidea) from Baltic amber. *Eur. J. Entomol.*, 112(2): 381-388.
- Sinclair ARE., Mduma S & Brashares JS. 2003. Patterns of predation in a diverse predator-prey system. *Nature* 425: 288-90.
- Singh R & Schoroeder CA. 1962. Taxonomic and physiological relationships of the so-called mandarin-lime group of citrus. In: *Proceeding of American society for horticultural science*.
- Smith D., Beattie GA & Broadley R. 1997. Citrus pests and their natural enemies. Integrated pest management in Australia. Dept of Primary Industries. Queensland, Australia.
- Smith D., Beattie GAC & Broadley R. 1988. Citrus pests and their natural enemies. Integrated pest management in Australia. Depot of Primary Industries. Queensland, Australia.
- Smith Meyer MKP. 1998. Lowveld citrus mite *Eutetranychus orientalis* (Klein). In: Bedford ECG, van den Berg MS, de Villiers EA (eds) *Citrus pests in the Republic of South Africa*. Institute for Tropical and Subtropical Crops, Dynamic AD, Nelspruit, pp 69–72.
- Soler CMD. 2000. El estudio de las miasis en Espana durante los ultimos cien anos. *Ars Pharm* 41: 19-26.
- Soler-Aznar J & Soler-Fayos G. 2006. Citricos. Variedades y tecnicas de cultivo, Mundi-Prensa, Madrid-Barcelone-Mexico, 242p.
- Sorribas JJ., Rodriguez R., Rodriguez E & Garcia-Mari F. 2008a. Parasitism levels and species of natural enemies in field populations of California red scale *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae) in eastern Spain. *IOBC/wprs Bulletin*, 38:26-33.

- Sorribas J., Baaren JV & Garcia-Marí F. 2012. Effects of climate on the introduction, distribution and biotic potential of parasitoids: Applications to biological control of California red scale. *Biological Control* 62 :103-112.
- Soto A., Ohlenschläeger F & García-marí F. 2002. Distribution and Sampling of the whiteflies *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri*, and *Parabemisia myricae* (Homoptera: Aleyrodidae) in citrus in Spain. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 167-173.
- Statgraphics. 2010. Statgraphics Centurion XVI: User's Manual. Manugistics Inc Rockville, MD USA
- Stathas GJ. 2001. Ecological data on predators of *Parlatoria pergandii* on sour orange trees in Southern Greece. *Phytoparasitica*, 29: 207-214.
- Stathas GJ., Eliopoulos PA & Japoshvili G. 2008. A study on the biology of the Diaspididae scale *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) in Greece. *Proceedings of the XI International Symposium on Scale Insect Studies*, Lisbon, Portugal, 95-101.
- Swingle WT, Reece PC, 1967. The botany of citrus and its wild relatives. University of California, 190-10.
- Swingle WT. 1943. The botany of Citrus and its wild relatives of the orange subfamily (family Rutaceae, subfamily Aurantioideae). In: Webber HJ, Batchelor LD, *The Citrus Industry*, vol. 1. History, botany, and breeding: 129–474. University of California Press, Berkeley & Los Angeles.
- Takumasa K., Penny JG & Douglas JW. 2008. Coccidology. The study of scale insects (Hemiptera : Sternorrhyncha: Coccidea). *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 9:55-61.
- Talhouk SA. 1973. The citrus pest situation in Lebanon; a changing picture. *L Congr. Munud. Citr. Murcia-Valencia*: 455-463.
- Talhouk AS. 1975. Plagas de los cítricos en el mundo, pp. 21-23. En: *Los Cítricos*, Monografía Técnica nº 4. Ed. Ciba-Geby Agroquímicos, Basilea, Suiza.
- Tanaka T. 1957. *Species problem in Citrus*. Japanese Society for Promotion of Science, Tokyo, Japan.
- Tanaka T. 1977. Fundamental discussion of citrus classification. *Studia citrologia*, 14:16.
- Tawfeek ME, 2007. Bioecological studies on some armoured scale insects and their parasitoids. Ph.D. Thesis, faculty of agricultural Alexandria university, Egypt.

- Tawfeek ME & Abu-shall Amany MH.2010. Seasonal Population Dynamics of *Parlatoria ziziphus* (Lucas) (Homoptera: Diaspididae) in Menoufia Governorate, Egypt. Alexandria. Science. Exchange. journal.,31(4): 331-337.
- Tawfeek ME, 2012. Distributions of Armoured Scale Insects Infesting Citrus Trees in Different Localities in Egypt. J Ent 9, 429-34.
- Tena A & Garcia-Mari F.2008. Suitability of citricola scale *Coccus pseudomagnoliarum* (Hemiptera: Coccidae) as host of *Metaphycus helvolus* (Hymenoptera: Encyrtidae): influence of host size and encapsulation. *Biological. Control.*,46 : 341-347.
- Tena A & Garcia-Mari F. 2011. Current situation of citrus pests and diseases in the Mediterranean basin. IOBC/wprs Bulletin, 60: 337-349.
- Thomsbury S & Romano E.2007. Linking Risk and Economic Assessments in the Analysis of Plant Pest regulations: The Case of U.S. Imports of Argentine Lemons. G II Working Paper, n°1.
- Trabut L. 1902. L'hybridation des citrus, une nouvelle tangerine : 'la clémentine'. Revue : Horticole, 74 : 232-234.
- Trabut L. 1911. Catalogue des cochenilles observées en Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 3:51-64.
- Tranfaglia A.1974. Studis Homoptera Coccoidea III. Un nuevo coccino (*Coccus aegaeus* De Lotto) sugliagrumi in Italia (Notiziepreliminari). *Boll. Lab. Ent. agr. Filippo Silvestri.*,31:141-144.
- Trumble JT., Grafton-Cardwell EE & Brewer AJ.1995.Tuzcu Ö, 1990. Main Citrus Varieties Cultivated in Turkey. Publications of Mediterranean Exporter Unions, Mersin, Turkey. Nurol Matbaası. Ankara. 74 p.
- Ulusoy MR & Uygun N. 1996. Two new potential pests inthe East Mediterranean Region of Turkey: *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) and *Paraleyrodes minei* Iaccarino (Homoptera, Aleyrodidae). *Turk. Jour. of Ent.* 20(2), 113–121.
- Vanloon JJ. 1996. Chemosensory basis of feeding and oviposition behaviour in herbivorous insects: a glance at the periphery. *Entomol Exp Appl* 80: 7-13.
- Vargas RI., Harris EJ & Nishida T. 1983. Distribution and seasonal occurrence of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on the Island of Kauai in the Hawaiian Islands. *Environ. Entomol.* 12: 303–310.
- Vela J., Verdu MJ., Urbaneja A & Boyero JR. 2007.Parasitoides d'*Aonidiella aurantii* (Maskell) en plantaciones de citricos en el sur de Espana. En :Acta delV Congreso national de entomologia aplicada, Catagena, Espana.

- Villiers A. 1977. Atlas des Hémiptères. Société Nouvelle des Editions Boubée, Paris. 301pp.
- Walker AK., Kitching IJ & Austin AD. 1990. A reassessment of the phylogenetic relationships within the Microgastrinae (Hymenoptera: Braconidae). *Cladistics* 6:291-306.
- Wang JJ & Tsai JH. 2000. Effect of temperature on the biology of *Aphis spiraecola* (Homoptera : Aphydidae). *Annals of Entomological Society of America*. 93 (4), 874-883.
- Webber HJ. 1967. History and development of the citrus industry. In the citrus industry history; world distribution, botany and varieties. University of California press, Berkeley. 1-39.
- White IM & Elson-Harris M. 1992. Fruit flies of economic significance : their identification and bionomics. International Institute of Entomology, London. 601 pp.
- Williams DH & Aggarwal JK. 1980. Computer detection and classification of three citrus infestations. *Computer graphics and image processing* 14: 373-390.
- Yarom I., Blumberg D & Ishaaya I. 1988. Effects of Buprofezin on California Red Scale (Homoptera: Diaspididae) and Mediterranean Black Scale (Homoptera: Coccidae). *Jour Econ Entomo* 81(6): 1581-1585.
- Zhang Z & Croft BA. 1994. A comparative life history study of immature *Amblyseius fallacis*, *Amblyseius andersoni*, *Typhlodromus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) with a review of larval feeding patterns in the family. *Exp. App. Acarol.* vol. 18, p. 631-657.
- Zouaoui H. 1997. Etude de la dynamique des populations et de complexe parasitaire de *Phyllocnistis citrella* STAINTO, 1856 (Lepidoptera-Garcillariidae) sur trois espèces de Citrus dans la région de Staouali. Thèse. Mag. Inst. Nat. Agro. El-Harrache, p : 217.

**Liens et sites web**

<http://scalenet.info/catalogue/Parlatoria%20pergandii/>  
<https://www.cabi.org/isc/datasheet/13378>  
<http://scalenet.info/catalogue/Parlatoria%20pergandii/>  
[https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/234569](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/234569)  
[http://idtools.org/id/scales/key\\_info.php](http://idtools.org/id/scales/key_info.php)  
<http://idtools.org/id/scales/factsheet.php?name=6995#prettyPhoto>  
<http://cals.arizona.edu/crops/citrus/insects/citrusinsect.html>  
[http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cochenilles/cochenilles\\_diaspididae.html](http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cochenilles/cochenilles_diaspididae.html)  
<http://idtools.org/id/scales/factsheet.php?name=6995#prettyPhoto>  
[http://idtools.org/id/scales/key\\_info.php](http://idtools.org/id/scales/key_info.php)  
<http://scalenet.info/catalogue/Parlatoria%20pergandii/>  
<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/news/orchnews/2013/on-0113a4.htm>  
<https://gd.eppo.int/taxon/CHRYDI>  
<https://gd.eppo.int/taxon/CHRYDI>  
[https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/234569](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/234569)  
<https://www.cabi.org/isc/datasheet/13378>  
<https://www.cabi.org/isc/datasheet/13378>  
<https://www.jstor.org/topic/scalesects/refreqid=excelsior%3Ab0e9b416043286606ca7458a3>

# **Annexes**

**Annexe 1a** : Principales espèces d'agrumes, les plus communes et productives en monde  
(Esclapon, 1975 ; Loussert, 1989).



Les orangers doux (*Citrus sinensis*) : a : oranger Thomson, b : oranger navel, c : la sanguine.



Le pomelo (*Citrus paradisi*)



Le clémentinier *Citrus climentina*



Le citronnier (*Citrus limon*)

**Annexe 1b :** Caractéristiques des principales espèces d'agrumes en monde, et les plus productives en méditerranée (Esclapon, 1975 ; Loussert, 1989).

Genre et espèce	Caractéristiques
Oranger amer ( <i>Citrus aurantium</i> )	Feuilles à ailes développées, tiges épineuses, fruit gros ou moyen, peau rouge-orangée, plus ou moins verruqueuse. Il est utilisé comme porte-greffe et aussi pour ses fleurs en parfumerie et ses fruits en confiture et confiserie.
Oranger doux ( <i>Citrus sinensis</i> )	Espèce à laquelle appartiennent toutes les variétés d'oranges commercialisées pour la consommation. Feuilles peu ailées, tiges peu ou pas épineuses, fruit assez gros à moyen à peau orangée plutôt lisse.
Mandarinier ( <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus unshui</i> )	Feuilles non ailées, petites, lancéolées, tiges inermes, fruit à peau orangée lisse.
Clémentinier ( <i>Citrus climentina</i> )	L'origine en est contestée, pour les uns ce serait un hybride entre le mandarinier et le bigaradier et pour les autres, il proviendrait d'une souche orientale proche de la mandarine de Canton, les tiges sont inermes, les feuilles comparables au mandarinier pour la forme et à l'oranger pour la taille.
Pamplemoussier ( <i>Citrus grandis</i> )	Feuilles ailées, grandes, tiges grosses, peu épineuses, fruit très gros, sphérique, amer et consommable uniquement comme fruit confit ou en confiture.
Pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> )	Grandes feuilles, fruits de grosseur moyenne, à écorce lisse, réunis en grappes.
Tangors (Mandarinier x Oranger)	Ce sont, en réalité, des hybrides de mandarinier x oranger, dont la maturité est très tardive. Il faut les greffer sur <i>Poncirus trifoliata</i> , ils sont sensibles à l'alternance mais ils présentent un intérêt car ils résistent aux froids, donc c'est possible de les cultiver dans les sites les plus exposés au gel.
Citronnier ( <i>Citrus limon</i> )	Feuilles grandes, sans ailerons, peu brillantes, tige assez grosse plus ou moins épineuse. Fruit moyen, allongé, jaune clair, écorce lisse et mince.
Cédratier ( <i>Citrus medica</i> )	Il se distingue par d'assez gros fruits et le <i>Citrus aurantifolia</i> plus sensible au gel que le précédent, à petits fruits, dénommé Citron vert, actuellement très recherché.
Oranger trifolié ( <i>Poncirus trifoliata</i> )	Feuilles trifoliées, sans ailerons et caduques, tiges de grosseur moyenne à fruit à écorce ligneuse et petit, inconsommable. Sur un plan presque uniquement ornemental figurent dans le 3e groupe deux espèces le Kumquat ( <i>Fortunella japonica</i> ) et le Chinois ( <i>F. margarita</i> ) dont les fruits très petits sont utilisés en confiserie (fruits confits de forme ronde). Citons également le Calamondin pour balcons (ou <i>Citrus midis</i> ).

## Annexe 2 : Histoire de la clémentine

À Misserghin, petit village situé à une vingtaine de kilomètres au sud-ouest d'Oran en Algérie, existait un orphelinat tenu par des pères du Saint-Esprit. Parmi eux, le frère Clément, directeur des cultures, s'intéressait particulièrement aux agrumes. La culture du mandarinier était alors relativement récente sur les bords de la Méditerranée et les premiers mandariniers introduits à Misserghin venaient d'Espagne. La mandarine ayant la particularité d'avoir des pépins polyembryonnés, d'importants semis de pépins de cette variété furent réalisés à l'orphelinat afin d'obtenir des mandariniers. Il est de coutume qu'un pépiniériste qui réalise un semis de pépins d'agrumes fasse le tri entre ce qui est conforme à la variété multipliée (les plants issus d'embryons se développant à partir de cellules du nucelle) et ce qui ne l'est pas (les plants hybrides se développant à partir d'embryons issus de la fécondation entre l'ovule de la fleur et le pollen).

En général, les jeunes plants qui ne ressemblent pas à la variété que l'on désire multiplier sont éliminés. Le docteur Trabut (1855-1929), professeur à la faculté mixte de médecine et de pharmacie d'Alger, directeur du service de botanique au gouvernement général, affirme que le frère Clément aurait identifié, dans un semis de pépins de mandarinier, un plant ne ressemblant pas à un mandarinier. Au lieu de le détruire, il l'aurait planté dans le jardin de l'orphelinat. Cet arbre a fructifié plusieurs années plus tard. Selon des témoins de l'époque, c'est lors d'une visite du professeur Trabut à l'orphelinat avec le frère Clément que les deux hommes auraient aperçu des enfants dégustant des fruits cueillis sur un arbre du jardin.

Ces enfants mangeaient des fruits ressemblant à des mandarines, or cette visite avait lieu plus d'un mois avant la période normale de maturité des mandarines. Ce nouveau fruit à couleur orange foncé à maturité complète, s'épluchant facilement et à saveur douce et légèrement musquée, reçut d'abord le nom de « mandarine du frère Clément ». Sur proposition d'Henri Rebour, ingénieur horticole, ancien chef du service de l'arboriculture en Algérie, la société d'horticulture d'Alger la baptisa plus tard « clémentine ». La première description officielle de la clémentine est publiée en 1902 par le professeur Trabut dans la *Revue horticole française* (n° 10 du 16 mai 1902).

Malgré sa précocité par rapport à la mandarine, la clémentine, décrite dans un premier temps avec pépins, n'a pas été considérée comme un fruit pouvant détrôner la mandarine sur les marchés. Le professeur Trabut écrivait en 1902 : « La clémentine n'a pas sur la mandarine des avantages qui permettraient de la classer au-dessus ; mais on peut cependant reconnaître à ce fruit des mérites qui doivent lui assurer une place plus importante dans les orangeries. » Ce n'est que plus tard, en vergers, que la clémentine révéla la caractéristique qui allait faire d'elle le petit agrume le plus consommé en Europe : son absence de pépins quand les clémentiniers sont cultivés en monoculture, isolés des autres agrumes.

**Annexe 3 : Dégâts causés par les principaux ravageurs des agrumes (Garcia-Mari, 2012 ; Photos originales, 2016).**

- **Les Pucerons**



Dégâts causés par les pucerons sur les agrumes (De gauche à droite : puceron adulte, infestation des organes aériens des agrumes).

- **La mouche méditerranéenne *Ceratitis capitata***



Dégâts causés par *Ceratitis capitata* sur les fruits des agrumes (De gauche à droite : adulte femelle de *Ceratitis capitata*, pourriture et chutes des fruits d'agrumes, développement des larves dans le fruit d'agrumes).

- **La mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella***



Dégâts causés par la mineuse des feuilles des agrumes *Phyllocnistis citrella* (De gauche à droite : adulte de *Phyllocnistis citrella*, enroulement des feuilles d'agrumes, développement de la chenille de *Phyllocnistis citrella* dans les rameaux et les feuilles d'agrumes).

- **Les Aleurodes**



Dégâts causés par les aleurodes sur les agrumes (De gauche à droite : Aleurode adulte, couche couteuse sur feuille d'agrumes, développement de la fumagine et colonies d'Aleurodes sur les feuilles des agrumes.

- **Les Acariens**



Dégâts causés par les acariens des agrumes : Sclérification et déformation des fruits des agrumes.

- Les cochenilles

*Parlatoria ziziphi* et *Parlatoria pergandii*



Dégâts causés par *Parlatoria ziziphi* et *Parlatoria pergandii* sur les organes aériens de l'arbre d'agrume.

*Aonidiella aurantii* et *Chrysamphalus dictyospermi*



Dégâts causés par *Aonidiella aurantii* et *Chrysamphalus dictyospermi* sur les organes aériens de l'arbre d'agrume.

*Coccus hesperidum* et *Coccus pseudomagnoliarum*



Dégâts causés par *Coccus hesperidum* et *Coccus pseudomagnoliarum* sur les organes aériens de l'arbre d'agrume.

*Saissetia olea* et *Ceroplastes rusci*



Dégâts causés par *Saissetia olea* et *Ceroplastes rusci* sur les organes aériens de l'arbre d'agrume.

*Icerya purchasi* et *Planococcus citri*



Dégâts causés par *Icerya purchasi* et *Planococcus citri* sur les organes aériens de l'arbre d'agrume.

**Annexe 4 :** Fiche de dénombrement des individus vivants, prédaté, parasité et morts de chaque espèce de cochenille inventoriée dans chaque verger d'agrume (Exemple de dénombrement des individus de *P. ziziphi*).

Date.....																				
Région .....																				
Verger.....																				
Espèce d'agrume .....									Variété .....											
Espèce de cochenille .....																				
Orientation	Est				Ouest				Sud				Nord				Centre			
Organe végétal	F		R	Ft	F		R	Ft	F		R	Ft	F		R	Ft	F		R	Ft
	>	<			>	<			>	<			>	<			>	<		
<i>P. ziziphi</i> vivant																				
<i>P. ziziphi</i> prédaté																				
<i>P. ziziphi</i> parasité																				
<i>P. ziziphi</i> mort																				

**F** : feuille d'agrume, **R** : rameau d'agrume, **Ft** : fruit d'agrume, **>** : face supérieure de la feuille d'agrume, **<** : face inférieure de la feuille d'agrume.

**Annexe 5.** Nombre total des individus recensés dans les huit vergers d'agrumes expérimentaux en Kabylie (Tizi Ouzou). Au total **1440** échantillons analysés (51840 feuilles, 25920 rameaux et 6480 fruits) dont l'unité d'échantillonnage est de 36 feuilles, 90 rameaux et 90 fruits, échantillonnés sur un intervalle de 10 jours pendant deux ans (Janvier 2014 - Décembre 2015).

Verger	espèce d'agrumes	région	<i>P. ziziphi</i>	<i>P. pergandii</i>	<i>A. aurantii</i>	<i>C. dictyospermi</i>	<i>C. pseudomagnoliarum</i>	<i>Pl citri</i>	<i>I. purchasi</i>	<i>S. oleae</i>	<i>C. hesperidum</i>	<i>C. rusci</i>	Total général
Org washington-Freha	Oranger Washington	Freha	397	5	99	67	606	0	81	3	6	0	1264
Org Thomson-Tazmalt	Oranger Thomson	Tazmalt	2153	169	3019	665	0	507	83	426	179	4	7205
Citronnier-Chabane	Citronnier	Chabane	25425	3334	633	256	157	64	116	39	80	21	30125
Org Thomson-Chabane	Oranger Thomson	Chabane	18289	1698	375	151	111	127	75	36	41	43	20946
Citronnier-Irdjen	Citronnier	Irdjen	45207	253	640	220	13	47	73	6	59	0	46518
Clémentinier- Irdjen	Clémentinier	Irdjen	41116	1943	281	89	62	25	106	88	29	44	43783
Org Thomson- Irdjen	Oranger Thomson	Irdjen	44563	1467	327	87	0	122	60	3	6	27	46662
Clémentinier-Chamlal	Clémentinier	Chamlal	15746	1010	318	82	20	6	64	17	16	10	17289
<b>Total général</b>			192896	9879	5692	1617	969	898	658	618	416	149	<b>213.792</b>

**Annexe 6 : Entomophages de divers ravageurs des agrumes introduits dans la Région de la Méditerranée.**

Entomophages	Target Pest	First Use	Countries	Introduction	Origin
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	<i>Planococcus citri</i>	1908	Italy (E; Sardinia P; Sicily E), Israel (P), Portugal, Greece (F), Cyprus (T), France (P), Spain (P), former USSR (Georgia) (F?) (Mediterranean distribution)	Single/Multiple	Australia
<i>Rhyzobius lophantae</i>	Diaspididae	1908	Italy, Spain	Single	Australia
<i>Rhyzobius forestieri</i>	<i>Saissetia oleae</i>	1981	Italy (S), France (S), Greece (E), Cyprus (N), Israel (E)	Single	Australia
<i>Rodolia cardinalis</i>	<i>Icerya purchasi</i>	1897	Portugal (C), former USSR (Georgia) (C), Italy (S), former Yugoslavia (N), Israel (C*), France (C), Spain (C), Switzerland (F), Greece (S), Malta (C), Cyprus (S) (Mediterranean distribution, CIS)	Single/Multiple	Australia
<i>Scymnus reunioni</i>	<i>Planococcus citri</i>	1967	Israel (N), Italy (Sardegna) (P), former USSR (Georgia) (F?)	Single	India
<i>Serangium parcesetosum</i>	<i>Dialeurodes citri</i>	1973	former USSR (Georgia, C*; Azerbaijan, C*; Uzbekistan, F), France (Corsica) (E), Israel, Turkey (S?)	Single	India, former USSR
<i>Cryptochetum iceryae</i>	<i>Icerya purchasi</i>	1987	Israel (S)	Single	Australia
<i>Amitus spiniferus</i>	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	1971	France (C*), Italy (S*)	Single	Central America
<i>Aphytis holoxanthus</i>	<i>Chrysomphalus aonidium</i>	1956	Israel (C*) (Mediterranean distribution)	Single	Hong Kong
<i>Aphytis lepidosaphes</i>	<i>Cornuaspis beckii</i>	1956	Israel (C), Cyprus (N), France (N), Greece (S), Spain (S), Italy (Sicily) (P)	Single	China
<i>Aphytis lingnanensis</i>	<i>Aonidiella aurantii</i>	1960	Cyprus (P), Israel (E), Italy (Sicily), Morocco (E), Spain (P) (Mediterranean distribution)	Single	China
<i>Aphytis melinus</i>	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i>	1962	Greece (S; Kriti, C), Italy (C), Morocco (C), France (Corse) (P), Spain (P) (commercially available for inundative releases since 2008), former USSR (Georgia) (E?) (Mediterranean distribution)	?	India, Pakistan
	<i>Aonidiella aurantii</i>	1961	Cyprus (P), Israel (P), Italy (Sicily) (P), Morocco (E) (Mediterranean distribution)	Single/Multiple	India, Pakistan
<i>Cales noacki</i>	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	1970	Spain (S), France (C), Italy (S), Morocco (C), Portugal (E), Tunisia (C), Malta, Greece (Mediterranean distribution)	Single/Multiple	Chile
<i>Encarsia herndoni</i>	<i>Lepidosaphes gloverii</i>	1979	Italy, Spain, France (Corsica)	Single	East Asia
<i>Encarsia lahorensis</i>	<i>Dialeurodes citri</i>	1973	Italy (S; Sardinia, P; Sicily, C), former USSR (Georgia) (C*), France (E), Turkey, Greece (S, E), Israel (C*)	Single/Multiple	India, Pakistan
<i>Eretmocerus debachi</i>	<i>Parabemisia myricae</i>	1992	Israel (C), Turkey (C), Italy (S) (Mediterranean distribution?)	Single	Japan, North America
<i>Pteroptrix smithi</i>	<i>Chrysomphalus aonidium</i>	1956	Israel (C*)	Single	Hong Kong

# **Articles scientifiques**

## DIVERSITY, STRUCTURE AND COMPOSITION OF SCALE INSECTS POPULATIONS (HOMOPTERA: COCCOIDEA) ON CITRUS IN KABYLIA, ALGERIA

HADDAD NORA & SADOUDI ALI AHMED DJAMILA

Pathology Laboratory Ecosystems, Faculty of Biological and Agricultural Science,  
Department of Biology, University Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algeria

### ABSTRACT

Ten species of mealybugs (Homoptera, Coccoidea) were inventoried in Kabylia on various citrus species, which are : lemon, Clementine, Thomson orange and Washington orange during two-years, from January 2014 to December 2015. They belong to the four families: the Diaspididae, the Coccidae, the Pseudococcidae and the Margarodidae. This study allowed us to demonstrate the presence of a new species of cochineal (Coccidae: *Coccus pseudomagnoliarum* Kuwana) in Algeria and also to report for the first time in Algeria the presence of *Ceroplastes rusci* on citrus. The relative abundance calculated for the families and the inventoried species showed a strong dominance of the Diaspididae family with (90.3%) and *Parlatoria ziziphi* is the pest species that predominates in Kabylia with an average of 90.2% followed by *Parlatoria pergandii* with an average of 4.6%. The application of ecological concepts on the populations of mealybugs in our study is the first in Algeria. Equal distribution of cochineal species is minimal, which shows that *Parlatoria ziziphi* is an omnipresent or dominant species and that *Ceroplastes rusci* is a very rare species on citrus and sometimes accidental.

**KEYWORDS :** Diversity, Coccoidea, Distribution, Citrus, Orchard, Kabylia

### INTRODUCTION

The mealybugs (Homoptera: Coccoidea) are one of the largest Homoptera superfamilies that forms a relatively small group of insects in terms of species richness, and includes 32 families (Takumasa et al., 2008), spread around the world (Simon and Zyla, 2015). These are separated into two groups : the Neococcoids (Koteja and Azar, 2008), and the Archaeococcoids (Koteja, 2008). These two groups are divided into several families, morphologically very different: Diaspididae (2437 species), Pseudococcidae (2200 species), Coccidae (1117 species) and Margarodidae (375 species) (Ricard et al., 2012).

According to Takumasa et al., (2008) mealybugs are an interesting group to study. They are important pests of agriculture (Miller et al., 2005), fruit plants, ornamental plants (Khosla et al., 2006) and woody plants (Rasekh et al., 2011). Mealybugs can cause economic damage to plants as a result of their punchers-suckers feeding (Gullan and Steffan 2003; Bonani et al., 2010) for feeding on plant sap practices (Koga et al., 2012; Takumasa et al., 2008), constitute a group of pests which are particularly dangerous for citrus fruits, both because of the depreciations they cause to the fruits and by the weaknesses which they cause on the tree where they are abundant (Loussert, 1989; Franco et al., 2004). Their mere presence depreciates the quality of fruits.

The objective of this study is to make an inventory of the main citrus pests in Kabylia, namely mealybugs (Homoptera: Coccoidea), with an interest in their diversity, structure and even distribution of citrus fruits. In Algeria, despite the importance of these insects, few studies have been conducted on their diversity and distribution. The inventory work on the Coccidea which began in 1867 by Biosduval and others until 1911 when Dr. Trabut gave the first insight into the North African fauna by publishing his "Catalog of mealybugs observed in Algeria". They were pursued by Balachowsky (1926-1958) and Benassy (1975). More recently, we have the work of Belguendouz and Biche (2015) realized from 2003 to 2005. In Kabylia few studies have been done on the Coccoidea. Only a few areas of Kabylie were cited by Balachowsky (1927) in his contribution to the study of the Coccides of Minor Africa, namely Azazga and Yakouren. This motivated our choice to carry out this inventory and study the structure and composition of stands of the scale of citrus.

## MATERIAL AND METHODS

### Study Area

This study is carried out in Kabylia (Tizi-Ouzou), distant about 100 km from the capital Algiers (Algeria), in eight citrus orchards divided into four communes : Freha, Ouagnoun, irdjen, and Tizi-Ouzou. In the latter, we worked in two stations which are Chamlal and Chabane (Figure 1). The study is made on three species of citrus fruits: Clementine (*Citrus climentina*), lemon (*Citrus limon* var. Eureka), and orange (*Citrus sinensis* varieties Thomson and Washington), for two years, from January 2014 to December 2015.



**Figure 1: Geographical Situation of Kabylia (Tizi-Ouzou) and Location of Study Stations**

### Collecting Scales Insects

The experimental unit, in each orchard, corresponds to a parcel of 250 trees divided into 9 blocks of 25 trees for each block. Two trees are chosen randomly in each block and will be the same sampled in order to obtain a homogeneous sampling. Collecting mealy bugs involves taking a twig with two leaves for each cardinal direction and at the center of the tree to be sampled. The samples are labeled with the date, plant species and study area. In the laboratory samples are examined carefully using a binocular lens. The number of individuals of each species of cochineal inventoried will be reported on sampling sheets specific to each orchard and to each region.

**Data Analysis**

To exploit the results obtained in this study, we used different ecological indices, calculated for all inventoried species. The computed composition indices are mean specific richness (S), relative abundance (AR) and frequency of occurrence (C). The structural indices are the Shannon-Weaver diversity index (H') and the Pielou fairness index (E).

**RESULTS**

**The Species of Cochineal Inventoried**

The examination of 84240 samples for the inventory of citrus scales in Kabylia (Tizi-Ouzou) revealed the presence of 10 species of cochineal (Homoptera: Coccoidea) belonging to eight genera and four families (Table 1). The family Diaspididae with four species and three genera: *Parlatoria ziziphi* (Lucas), *Parlatoria pergandii* Comstock, *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan) and *Aonidiella aurantii* (Maskell), the family Coccidae is represented by four species and three genera: *Ceroplastes rusci*, *Saissetia oleae* Olivier, *Coccus hesperidum* L. and *Coccus pseudomagnoliarum* Kuwana. The latter is a new species of cochineal inventoried in Algeria. The families of Pseudococcidae and Margarodidae are represented by a single species, namely *Planococcus citri* (Risso) and *Icerya purchasi* Maskell respectively. This inventory allowed us to report the presence of *Ceroplastes rusci* for the first time on citrus in Algeria.

**Table 1: List of Cochineal Species Inventoried in Kabylia (Tizi-Ouzou) on Citrus from Januray 2014 to December 2015**

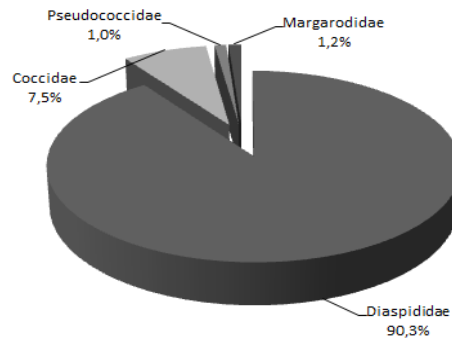
Family	Region Species of citrus Species of cochineals	Irdjen			Tazmalt	Chabane		Freha	Chamlal
		Thomson Orange	Lemon	Clementine	Thomson Orange	Thomson Orange	Lemon	Washington Orange	Clementine
Diaspididae	<i>Parlatoria ziziphi</i> (Lucas)	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Parlatoria pergandii</i> Comstock	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i> (Morgan)	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Aonidiella aurantii</i> (Maskell)	+	+	+	+	+	+	+	+
Coccidae	<i>Saissetia oleae</i> Olivier	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Coccus hesperidum</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Coccus pseudomagnoliarum</i> Kuwana	-	+	+	-	+	+	+	+
	<i>Ceroplastes rusci</i> (L.)	+	-	+	+	+	+	-	+
Pseudococcidae	<i>Pseudococcus citri</i> (Risso)	+	+	+	+	+	+	-	+
Margarodidae	<i>Icerya purchasi</i> Maskell	+	+	+	+	+	+	+	+

(+): Presence, (-): Absence

**Relative Abundance of Families Inventoried**

The relative abundance calculated for Coccoidea (Homoptera) families inventoried on citrus in Kabylia highlighted the predominance of the Diaspididae family (Figure 2) with an average of 90.3%, followed by Coccidae (7.5%)

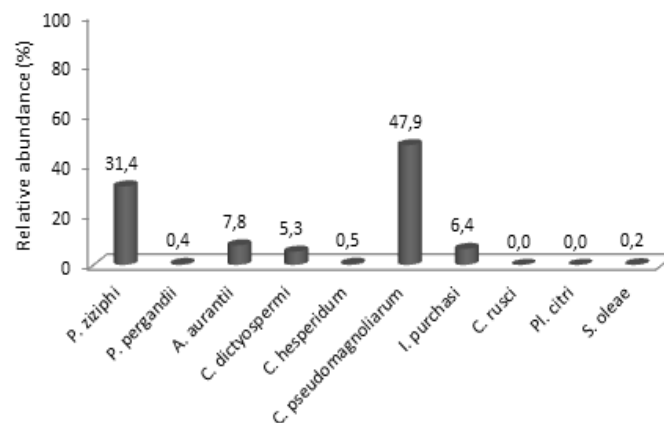
and The Margarodidae in third position (1.2%). The least represented family is Pseudococcidae (1.0%).



**Figure 2: Relative Abundance of Coccoidea (Homoptera) Families Inventoried on Citrus in Kabylia from January 2014 to December 2015**

### Relative Abundance of Cochineal Species Inventoried

The centesimal frequency of the ten species of scale insects found in the eight citrus orchards of the Tizi-Ouzou on lemon, orange and Clementine shows a strong dominance of the species *Parlatoria ziziphi* it constitutes the main pest of citrus in Kabylia with an abundance of 90.2% (Figure 5-10). This species can be a secondary pest of citrus (Figure 3 and 4) when the orchard is invaded by another species of cochineal, the case of the Washington orange orchard of Freha where *Coccus pseudomagnoliarum* is larger (47.9%) and the orchard of Tazmalt, which is dominated by *Aonidiella aurantii* (41.9%). Except for the Thomson orange orchards and the Washington orange in Tazmalt and Freha, where *Parlatoria pergandii* occupies the second position after *Parlatoria ziziphi* (76.3%) with an abundance of 4.5% (Figure 6-10). Other cochineal species are poorly present.



**Figure 3: Relative Abundance of Cochineal Species Inventoried in the Washington Orange Orchard in Freha from January 2014 to December 2015**

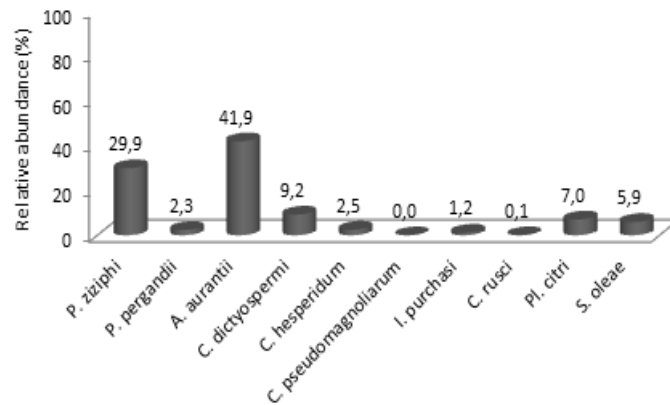


Figure 4: Relative Abundance of Cochineal Species Inventoried in the Thomson Orange Orchard in Tazmalt from January 2014 to December 2015

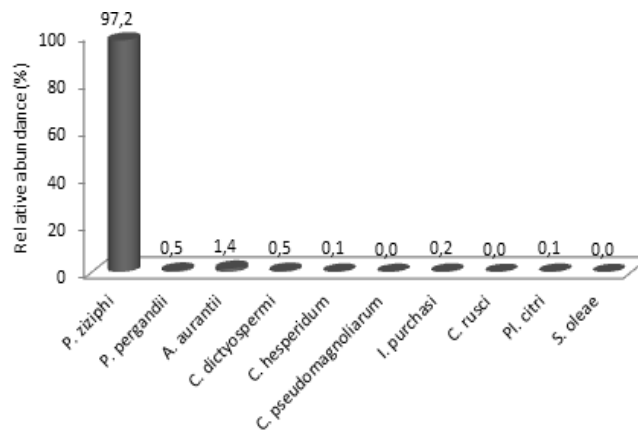


Figure 5: Relative Abundance of the Cochineal Species Inventoried in the Lemon Orchard in Irdjen from January 2014 to December 2015

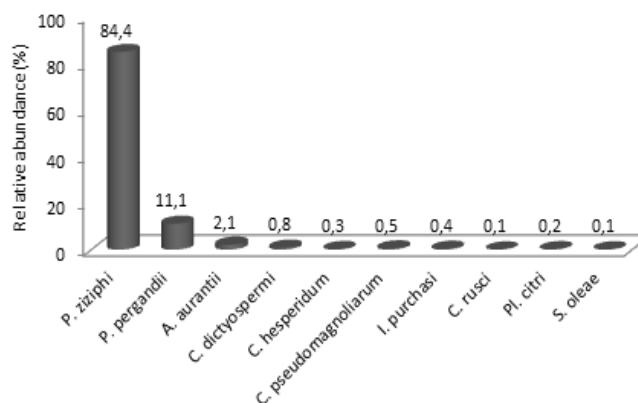
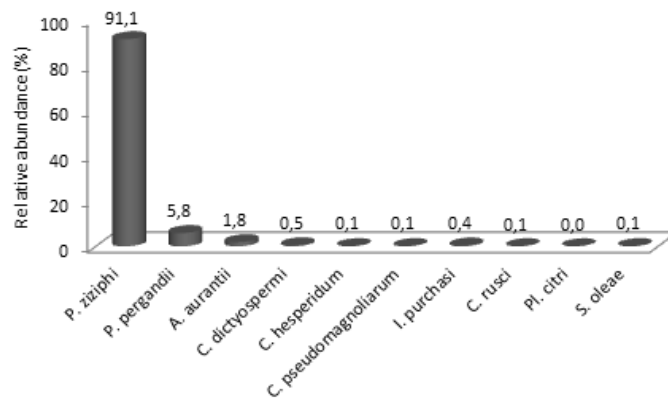
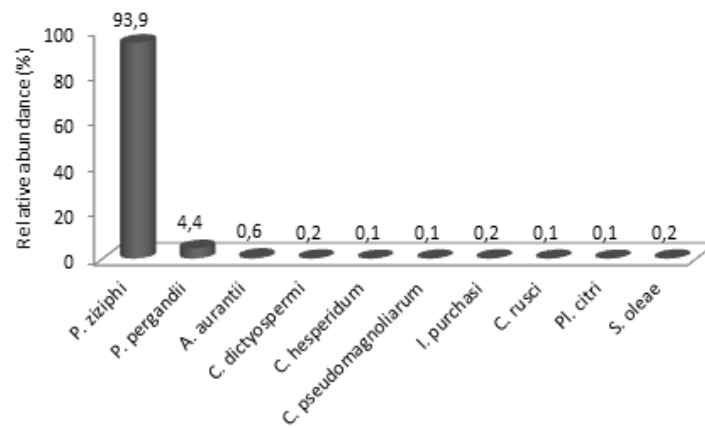


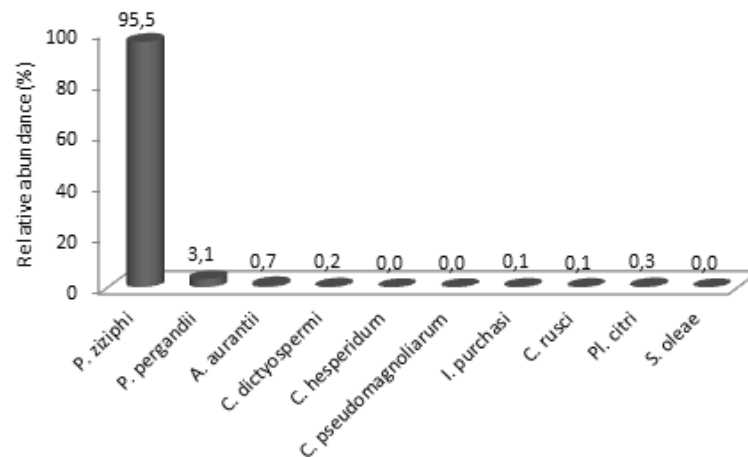
Figure 6: Relative Abundance of Cochineal Species Inventoried in the Chabane orchard Lemon from January 2014 to December 2015



**Figure 7: Relative Abundance of Cochineal Species Inventoried in the Clementine Orchard in Chamlal from Januray 2014 to December 2015**



**Figure 8: Relative Abundance of Cochineal Species Inventoried in the Clementine Orchard in Irdjen from Januray 2014 to December 2015**



**Figure 9: Relative Abundance of Cochineal Species Inventoried in the Thomson Orange Orchard in Irdjen from Januray 2014 to December 2015**

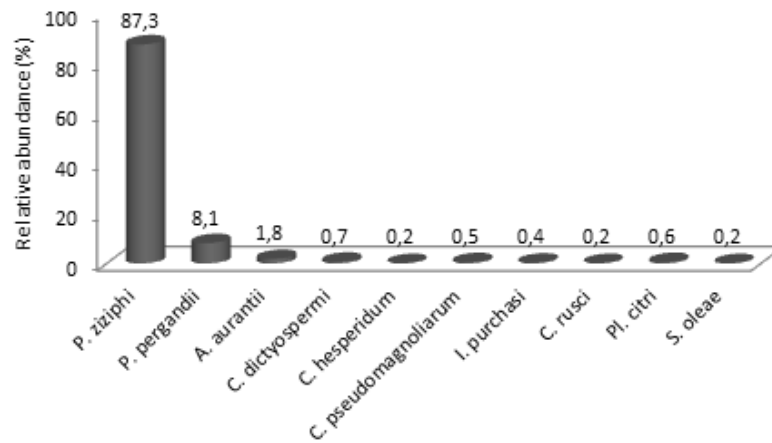


Figure 10: Relative Abundance of Cochineal Species Inventoried in the Chabane Orchard Thomson Orange from Januray 2014 to December 2015

### Structure and Organization of Mealy Bug Populations Specific Wealth

Figure 11 shows that the Chabane orchards of Thomson and lemon trees and the Clementine orchards of the Chamlal and Irdjen regions harbor the maximum number of cochineal species, reaching a wealth of 10 species. However, the highest average wealth is recorded in the chabane orchards of lemon and Thomson orange.

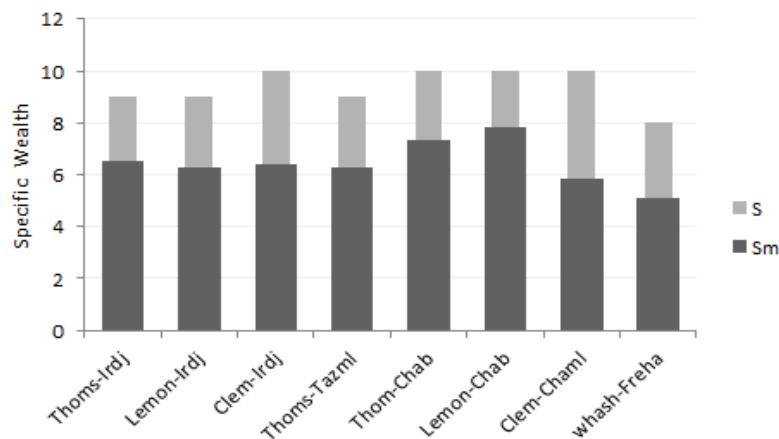


Figure 11: Specific Wealth (S) and Specific Wealth Averages (Sm) of Eight Orchards of Citrus Studied In Kabylia from Januray 2014 to December 2015

### Frequency of Occurrence (Constancy)

The application of the concept frequency of occurrence or the constancy of the cochineal species recorded in the four stations made it possible to define six classes (Table 2). Thus, *Parlatoria ziziphi* is omnipresent in the orchards of Irdjen, Chamlal and Chabane. The species *P. pergandii*, *C. dictyospermi*, *A. aurantii*, *C. hesperidum* and *S. oleae* can be constant, regular, accessory or accidental according to the orchards. *Planococcus citri* and *C. pseudomagnoliarum* can be accessory or incidental. The species *I. purchasi* is regular in all citrus orchards studied. Finally the rare category is obtained for the species *C. rusci*.

**Table 2: Frequency of Occurrence and Category of Cochineal Species Inventoried in the Eight Citrus Orchards Studied in Kabylia from January 2014 to December 2015**

Region	Irdjen						Tazmalt		Chabane				Chamlal		Freha	
Variety Species	Thomson Orange		Lemon		Clementine		Thomson Orange		Thomson orange		Lemon		Clementine		Washington Orange	
	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat	C %	Cat
<i>Parlatoria ziziphi</i>	100	Om	100	Om	100	Om	86,1	C	100	Om	100	Om	100	Om	41,6	A
<i>Parlatoria pergandii</i>	100	Om	47,2	A	94,4	C	22,2	Ac	86,1	C	94,4	C	86,1	C	55,5	Rg
<i>Chrysomphalus dictyospermi</i>	50	Rg	5,55	Rg	50	Rg	86,1	C	52,7	Rg	55,5	Rg	36,1	A	5,5	Ac
<i>Aonidiella aurantii</i>	91,6	C	86,1	C	36,1	A	100	Om	86,1	C	91,6	C	55,5	Rg	36,1	A
<i>Saissetia oleae</i>	5,55	Rg	8,3	Ac	13,8	Ac	27,7	A	25	A	33,3	A	11,1	Ac	13,8	Ac
<i>Coccus hesperidum</i>	5,55	Rg	22,2	Ac	13,8	Ac	41,6	A	30,5	A	44,4	A	22,2	Ac	22,2	Ac
<i>Planococcus citri</i>	27,7	A	30,5	A	19,4	Ac	50	Rg	38,8	A	36,1	A	11,1	Ac	11,1	Ac
<i>Icerya purchasi</i>	61,1	Rg	66,6	Rg	72,2	Rg	50	Rg	69,4	Rg	69,4	Rg	55,5	Rg	55,5	Rg
<i>Ceroplastes rusci</i>	5,55	Rg	-		8,3	Ac	2,7	R	16,6	Ac	19,4	Ac	5,55	Ac	5,55	Ac
<i>Coccus pseudomagnoliarum</i>	-		16,6	Ac	33,3	A	-		36,1	A	47,2	A	27,7	A	27,7	Ac

AR: Relative Abundance, C%: Constance, Cat: Category, C: Constant, R: Rare,

A: Accessory, Ac: Accidental, Om: Omnipresent, Rg: Regular

### Diversity and Distribution of Stands Mealy Bugs

The highest Shannon-Weaver diversity index is recorded in the Thomson orange orchard of the Tazmalt region with 2.21 bits (Table 3) followed by that of a Freha Washington orange with 1.89 bits and an accountability index that tends to 1 in both orchards, this shows a good distribution of the individuals of all the listed cochineal species. The other citrus orchards have a very low diversity index, ranging from 0.24 bits in the lemon orchard of the Irdjen region and 0.87 bits in the Chabane lemon orchard. The equitability index tends to zero, which explains why the scale populations are not balanced and dominated by a single species.

**Table 3: Index of Diversity H' and Equitability of Scale insects Stands in Each Citrus Orchard at Kabylia**

Region	Irdjen			Tazmalt	Chabane			Chamlal	Freha
Orchard	Thomson Orange	Lemon	Clementine	Thomson Orange	Thomson Orange	Lemon	Clementine	Washington Orange	
Index									
H'	0,33	0,24	0,43	2,21	0,79	0,87	0,58	1,89	
H' <sup>3</sup> max	3,17	3,17	3,32	3,17	3,32	3,32	3,32	3	
E	0,10	0,08	0,13	0,70	0,24	0,26	0,17	0,63	
Sm	6,5	6,25	6,41	6,25	7,33	7,83	5,83	5,08	

### DISCUSSIONS

The inventory of mealybugs (Homoptera: Coccoidea) of citrus in Kabylia revealed the presence of 10 species belonging to the four families Diaspididae, Pseudococcidae, Coccidae and Margarodidae. This inventory shows a strong dominance of the family Diaspididae. According to Belguendouz and Biche (2015), the Diaspididae family is the most represented in Algeria with 118 species and four tribes, including Aspidiotini (*Aonidiella aurantii* and *Chrysomphalus*

*dictyospermi*) and Parlatorini (*Parlatoria ziziphi* and *Parlatoria pergandii*). These same authors have reported that this family is represented by 6 species belonging to the genus *Parlatoria* counted on 72 vegetable taxa. This study has shown that *Parlatoria ziziphi* is a typical pest of citrus and predominates in all citrus orchards in Kabylia (Tizi-Ouzou). Indeed *Parlatoria ziziphi* is a cosmopolitan species that is widespread in the Maghreb countries (Gacem et al., 2016), such as Tunisia (Jendoubi et al., 2008) and Egypt (Tawfeek, 2007; Tawfeek and Amany, 2010). For their part, Podsiadlo and Bugila (2007) consider *Parlatoria ziziphi* as a pest specialized in citrus plants.

The most commonly encountered families are Diaspididae, Pseudococcidae, Coccidae (Takumasa et al., 2008), and Margarodidae (Gullan and Cook, 2007). They include the most dangerous species of citrus fruit (Gullan and Cook, 2007). However, in the citrus orchards in Kabylia, the Coccidae take the second place after the Diaspididae with an average of 7.5%. This family is the largest family of Coccoidea after the Diaspididae. It contains more than 1100 species grouped in more than 100 genera (Takumasa et al., 2008), of which *Coccus* is the oldest genus in the Coccidae (Avasthi and Shafee, 1991).

*Coccus hesperidum*, inventoried in this study, is reported to be an agent of serious economic losses to citrus growers in the United States (Williams and Aggarwal, 1980). *Coccus pseudomagnoliarum* (Kuwana) is a new species of cochineal (Homoptera, Coccidae) that we have inventoried in Algeria. It is identified by Professor Garcia Mari Ferran of the Polytechnic University of Valencia (Spain). This species, which was highlighted in our inventory, is considered as a major pest of citrus (Tena and Garcia Mari, 2008). This species was first described in 1972 in the Mediterranean basin, in several citrus producing countries, such as Syria (Mohamed et al., 2012), Italy (Tranfaglia, 1974), Turkey (De Lotto, 1973) and Spain (Tena and Garcia mari, 2008), and in other countries such as California (Trumble et al., 1995 ; Dreistadt, 1996) and Israel (Ben-Dov, 1980). Another species of the Coccidae, *Ceroplastes rusci*, Mediterranean cochineal (Balachowsky and Mesnil, 1935), was encountered in Algeria by Balachowsky (1932). This species is very widespread on the figure in Algeria (Sadoudi Ali Ahmed et al., 2011). In this study, we reported the presence on the Clementine, orange and lemon for the first time.

*Parlatoria pergandii* is the second species of citrus scales in Kabylia after *Parlatoria ziziphi*, which is in agreement with the work of states (2001) who observed the populations of ladybugs *Chilocorus bipustulatus* Linné and *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell on bitter orange heavily infested with *Parlatoria pergandii*.

The citrus mealybug *Planococcus citri* listed in our inventory is considered an important pest of many ornamental and fruit crops especially citrus orchards. Pacheco da Silva et al., (2014) note that Pseudococcidae is one of the main factors limiting the export of grapes to Brazil. Among these Pseudococcidae, *Planococcus citri*, which is one of the important species of mealybugs present in vineyards (Daane et al., 2012) and which infests citrus fruits in South Africa (Malan and Niekerk, 2012).

From this work, two of the eight citrus orchards studied show a high diversity with a balanced distribution between scale populations. The other orchards are dominated by a single species. We can deduce that *Parlatoria ziziphi* is the most dominant species. The difference in diversity and distribution of populations of mealybugs between orchards and regions may be due to several factors that promote or limit the development of these species on citrus such as the physical and chemical characteristics of the plant, on the other hand, the influence of factors that climatic factors. Thus, Kaneko et al., (2015) deduced that the seasonal richness and abundance of carabid species in grassland and forest is very different,

which has also been observed in some species of Chrysomelidae (Coleoptera) in sub-Saharan Africa that have a preference for open places (Biondi et al., 2015). Similarly Mbete et al., (2011) report that mealybugs attracted by the yellow color of mandarin fruit would appear more selectively on these host plants than on grape fruit and lemon trees whose fruits are green. For their part, Idder-Ighili et al., (2013) showed that the white cochineal *Parlatoria blanchardi* Targiono-Tozzetti evolved according to date varieties. They found that the Hamraya variety is more infested than the Tamsrit variety and they deduced that this may be due to the variable carbohydrate composition between varieties. This variation in the chemical composition of plants is an important factor in determining the interactions between pests and host plants (Golan and Agnieszka, 2011).

## CONCLUSIONS

This study, which focused on the inventory of citrus mealybugs in Kabylia, allowed us to know the Coccidological fauna (Homoptera, Coccoidea) in the province of Tizi-Ouzou and to demonstrate the presence of a new species of cochineal in Algeria, which is *Coccus pseudomagnoliarum*. It also made possible to signal the presence of *Ceroplastes rusci* for the first time on citrus in Algeria. Ten species of mealybugs belonging to the four families were inventoried in the four stations of eight orchards and three species of citrus. The Diaspididae family has been shown to predominate in all study stations. The ten listed cochineal species are important pests of crops in the world and in Algeria. We propose to complement this inventory with other works by using the biological control and to improve the management of the populations of these pests to protect our culture well.

## ACKNOWLEDGMENTS

My sincere thanks to Professor D. Sadoudi Ali Ahmed for supervising and following the work, to Professor F. GARCIA MARI (University Polytechnic of Valencia, Spain) for his help, support, advice and for the identification of new cochineal species in Algeria thus the laboratory of the Insitute Agroforestal Mediterraneo of valencia, Spain.

## REFERENCES

1. Avasthi R.K & Shafee S.A., 1991. Revision of the genus *Coccus* Linn. in India (Insecta, Homoptera, Coccidae). *J. Bombay. Nat. Hist. Society.*, 88: 329-348.
2. Balachowsky A.S., 1926. Note on a Coccidae of the fauna Neotropical recently acclimatized and harmful to the figure tree in Algeria. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 1:63-69 [in French].
3. Balachowsky A.S., 1927. Contribution to the study of scale insects Minor Africa (1 er note). *Ann. Soc. Ento. Fran.*, 16: 175-207 [in French].
4. Balachowsky A.S., 1930. Contribution to the study of scale insects Minor Africa (9me note). Addition to the North African fauna with description of three new species. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 21:119-125.
5. Balachowsky A.S., 1932. Biological study of scale insects of the Western Mediterranean basin. In: Encyclopédie Entomologic XV P. Le chevalier & Fils, Paris 214p.
6. Balachowsky A.S., 1933. Contribution to the study of scale insects of North African [12me note]. Diaspines harvested in the region of Tamanrasset (Hoggar Massif) by j. Lauriol. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 24:253-254.

7. Balachowsky A.S., 1934. The scale insects of the central Sahara. Hoggar Mission. III. (February to May, 1928) In Seurat, L.-G, Zoological Studies Central Sahara. *Mum. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*,4:145-157.
8. Balachowsky A.S & Mesnil L., 1935. Insects harmful to plants cultivated their mores, their destruction. Tome 1, Ed Busson, Paris, 627p [In French].
9. Balachowsky A.S., 1949. Study of *Rungaspidiotus* (Coccoidea- Odonaspidini) new Oran. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 40:107-110.
10. Balachowsky A.S., 1950. Mealybugs from France, Europe, North Africa and the Mediterranean Basin. V. Monograph Coccoidea; Diaspidinae (second part) Aspidiotini. *Entomological. News. Applicata. Industrial. Science.*,397-557.
11. Balachowsky A.S., 1953. Scale insects of France of Europe, North Africa and the Mediterranean basin. VII. Monograph Coccoidea; DiaspidinaeIV, Odonaspidini- Parlatorini.*Act. Scientif. Indust.*,1202:725-929.
12. Balachowsky A.S., 1954. Comparative study of cedar scales in Lebanon and North Africa.*Rev. Pathol. Veg. Entomol. Agric. Fr.*, 33:108-114.
13. Balachowsky A.S., 1958.Scales of the African continent Black. Aspidiotini (2nd part), Odonaspidini and Parlatorini. *Ann. Musée. Roy.Congo. Belge.* (Sciences Zoologiques), Tervuren., 4:149-356.
14. Belguendouz R & Biche M., 2015. Biodiversity of Diaspididae scale insect (Homoptera), their host plants and natural enemies in Algeria. *J. ento. Zool. Stud.*, 3: 302-309.
15. Benassy C., 1975.Citrus scales in the Mediterranean basin. *Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach.*,6:118-142.
16. Ben-Dov Y., 1980. Observations on scale insects (Homoptera:Coccoidea) of the Middle East. *Bull. ent. Res.*,70: 261-271.
17. Biondi M., D'Alessandro P & Urbani F., 2015.Relationships between the geographic distribution of phytophagous insects and different types of vegetation: A case study of the flea beetle genus *Chaetocnema*(Coleoptera: Chrysomelidae) in the Afrotropical region.*Eur. J. Entomol.*,112(2): 311- 327.
18. Bonani J.P, Fereres A, Garzo E, Miranda M.P & Appezzato-Da-Gloria B., 2010. Characterization of electrical penetration graphs of the Asian citrus psyllid, *Diaphorinacitri*, in sweet orange seedlings. *Entomologia. Experimentalis. Et. Applicata.*, 134: 35 - 49.
19. Daane K.M., Almeida R.P.P., Bell V.A., Walker J.T.S., Botton M., Fallahzadeh M et al., 2012. Biology and Management of Mealybugs in Vineyards. In: Bostanian N.J, Vincent C, Isaacs R, editors. *Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions.* Springer Science+Business Media. 271-307.
20. De Lotto G., 1973. A new soft scale from Citrus (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). *Bollettino. del. Laboratorio. Di Entomologia. Agraria. Portici.*, 30: 291-293.
21. Dreistadt S.H., 1996. Citricola Scale (Homoptera: Coccidae) Abundance on Chinese Hackberry and Scale Control with Spray Oil or Acephate Trunk Implants. *J. Econ. Entomol.*, 89(2): 481-487.

22. Franco J.G., Suma P., Borges da Silva E., Blumberg D & Mendel Z., 2004. Management strategies of Mealybug pest of citrus in Mediterranean countries. *Phytoparasitica.*, 32: 507-522
23. Gacemi A., Taïbi A., Medjdoub I., Medjdoub Y & Doumandji S., 2016. Citrus infestation by the black scale, *Parlatoria ziziphi* Lucas (Homoptera: Diaspididae) in Tlemcen, Algeria. *J. ent. Res.*, 40 (3): 217-221.
24. Golan K & Najda A., 2012. Differences in the sugar composition of the honeydew of polyphagous brown soft scale *Coccus hesperidum* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) feeding on various host plants. *Eur. J. Entomol.*, 108: 705-709.
25. Gullan P.J.D.D & Steffan S.A., 2003. A new pest species of the mealybug genus *Ferrisia* Fullaway (Hemiptera: Pseudococcidae) from the United States. *Annals of the Entomological Society of America.*, 96: 723-737.
26. Gullan P.J & Cook L.G., 2007. Phylogeny and higher classification of the scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Zootaxa.*, 16(8): 413-425.
27. Idder-Ighili H., Idder M.A., Boughezala Hamad. M & Doumandji- Mitiche B., 2013. Relations between the white cochineal *Parlatoria blanchardi* Targiono-Tozzetti (Homoptera-Diaspididae) and some varieties of dates in Ouargla (Southeast Algeria). *Bio Resources.*, 3: 32 - 40.
28. Jendoubi H., Grissa K.L., Suma P & Russo A., 2008. Scale insect fauna (Hemiptera, Coccoidea) of citrus in Cap Bon region (Tunisia). *Bull. IOB/wprs Bulletin.*, 38: 87-93.
29. Kaneko Y, Ikeda H & Ohwaki A., 2015. Seasonal variability in the response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) to a forest edge in a heterogeneous agricultural landscape in Japan. *Eur. J. Entomol.*, 112(1): 135-144.
30. Kholsa S, Mendiratta G & Brahmachari V., 2006. Genomic imprinting in the mealybugs. *Cytogen. Genome. Res.*, 113: 41-52.
31. Koga R, Nikoh N, Matsuura Y, Meng X.Y & Fukatsu T., 2012. Mealybugs with distinct endosymbiotic systems living on the same host plant. Federation of European Microbiological Societies. *Microbiol. Ecol.*, 83: 93-100.
32. Koteja J., 2008. Xylococcidae and related groups (Hemiptera: Coccinea) from Baltic amber (In English; Summary in Polish). *Prace. Muzeum. Ziemi.*, 49: 19-56.
33. Koteja J & Azar D., 2008. Scale insects from Lower Cretaceous amber of Lebanon (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccinea). *Alavesia.*, 2: 133-167.
34. Loussert R., 1989. Citrus fruits, production. Volume 2. Technical and Documentation Lavoisier, Paris 157 p [in French].
35. Malan S.V & Niekerk A.P., 2012. Potential of South African entomopathogenic nematodes (Heterorhabditidae and Steinernematidae) for control of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Pseudococcidae). *J. invertebrate Patho.*, 111: 166-174.
36. Mbte P., Itoua-Apoyolo C.M., Kiyindou A., Ngokaka C., Doungou J. P., 2011. Evaluation of the damage caused to the citrus by the mealybug (*Praelongorthezia proelonga*) in the southern districts of the city of Brazzaville. *J. Appl. Bioscience.*, 39: 2619-2625.

37. Miller D.R., Miller G.L., Hodges G.S & Davidson J.A., 2005. Introduced scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of the United States and their impact on US agriculture. *Proceedings of the entomological Society of Washington*, 107: 123-158.
38. Mohamed E.M., Basheer A.M & Abukaf N., 2012. Survey of Parasitoid Species of Citricola Scale Insect, *Coccus pseudomagnoliarum*(Kuwana) (Homoptera: Coccidae) and their Effect in Citrus Orchards at Lattakia, Syria. *Egyptian. Journal. Biological. Pest. Control.*,22(1):61-65.
39. Pacheco da Silva V.C., Bertin A., Blin A., Germain J.F., Bemardi D.,Rignol G et al., 2014. Molecular and morphological identification of mealybug species (Hemiptera : Pseudococcidae) in Brazilian vineyards. *PLoS ONE*. 9 issue7: 13.
40. Podsiadlo E & Bugila A., 2007.Morphology of the second-instar males of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae). *Proceedings of the XI international symposium on scale studies*, 51- 53.
41. Rasekh A, Michaud J.P &Varandi H.B., 2011.Biology of the conifer needle scale, *Nuculaspis abietis* (Hemiptera: Diaspididae), in northern Iran and parasitism by *Aspidiotiphagus citrinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Eur. J. Entomol.*,108: 79-85.
42. Ricard M., Garcin A., Jay M & Mandrin J. F., 2012. Biodiversity and regulation of pests in fruit trees, Duong-Minh Nguyen, ctifl, Paris 471p [in French].
43. Sadoudi-Ali ahmed D., Kellouche K & Sadoudi R., 2011. The cochineal of the figure tree *Ceroplastes rusci* Linnaeus (Hemiptera: Coccoidea) in a figure tree in Kabylia. *Symposium on mealybug or main pest*. Montpellier.
44. Simon E & Zyla D., 2015. New fossil taxa of Monophlebidae (Sternorrhyncha: Coccoidea) from Baltic amber. *Eur. J. Entomol.*,112(2): 381-388.
45. Stathas G.J., 2001. Ecological data on predators of *Parlatoria pergandii* on sour orange trees in Southern Greece. *Phytoparasitica.*,29: 207-214.
46. Takumasa K., Penny J.G & Douglas J.W., 2008. Coccidology. The study of scale insects (Hemiptera :Sternorrhyncha : Coccidea). *Revista. Corpoica-Ciencia. Tecnologia. Agropecuaria.*,9:55-61.
47. Tawfeek M.E., 2007. Bioecological studies on some armoured scale insects and their parasitoids. Ph.D. Thesis, Fac. of Agric. Alex. Univ, Egypt, Pp. 187pp.
48. Tawfeek M.E & Abu-shall Amany M.H., 2010. Seasonal Population Dynamics of *Parlatoria ziziphus* (Lucas) (Homoptera: Diaspididae) in Menoufia Governorate, Egypt. *Alexandria. Science. Exchange. journal.*,31(4): 331-337.
49. Tena A., Garcia-Mari F., 2008. Suitability of citricola scale *Coccus pseudomagnoliarum* (Hemiptera: Coccidae) as host of *Metaphycus helvolus* (Hymenoptera: Encyrtidae): influence of host size and encapsulation. *Biological. Control.*,46 : 341-347.
50. Trabut L., 1911. Catalogue des cochenilles observées en Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 3:51-64.

51. Tranfaglia A., 1974. Studisugli Homoptera Coccoidea III. Un nuovococcino (*Coccus aegaeus* De Lotto) sugliagrumi in Italia (notiziepreliminari). *Boll. Lab. Ent. agr. Filippo Silvestri*,31:141-144.
52. Trumble J.T., Grafton-Cardwell E.E & Brewer A.J., 1995. Spatial Dispersion and Binomial Sequential Sampling for Citricola Scale (Homoptera: Coccidae) on Citrus. *J. Eco. Entomol.*,88(4): 897-902.
54. Williams D.H & Aggarwal J.K., 1980. Computer detection and classification of three citrus infestations. *Computer graphics and image processing*.,14: 373-390.



Available online freely at [www.isisn.org](http://www.isisn.org)

# Bioscience Research

Print ISSN: 1811-9506 Online ISSN: 2218-3973

Journal by Innovative Scientific Information & Services Network



RESEARCH ARTICLE

BIOSCIENCE RESEARCH, 2018 15(3): 2452-2462.

OPEN ACCESS

## Distribution behavior of *Parlatoria pergandii* Comstock, *Aonidiella aurantii* Maskell and *Crysamphalus dictyospermi* Morgan (Hemiptera: Diaspididae) on the canopy of citrus trees

Haddad N \* and Sadoudi Ali-Ahmed D

Production, safeguarding, threatened species and crops, Influence of climatic variations (PSEMRVC) laboratory, Faculty of Biological and Agricultural Sciences, M. Mammeri University of Tizi-Ouzou, 15000, Tizi Ouzou, **Algeria**.

\*Correspondence: [haddad.nora8190@gmail.com](mailto:haddad.nora8190@gmail.com) Accepted: 05 July 2018 Published online: 29 Sep. 2018

Diaspididae (Hemiptera: Coccoidea) cause considerable damage to citrus fruits in the Mediterranean basin. Three species of Diaspididae are studied namely *Parlatoria pergandii*, *Aonidiella aurantii* and *Crysamphalus dictyospermi* in eight citrus orchards in Tizi Ouzou, a sub humid region of northern Algeria. Sampling is performed at 10-day intervals over a 12-month period, where we studied the distribution and preference of attachment to the aerial parts of the citrus tree (leaves, twigs and fruits) globally and according to time. Abundance of adult females is significantly higher on leaves for *P. pergandii* and on twigs for *A. aurantii* and *C. dictyospermi*. The populations of the three species are doubled on the upper surface of the citrus leaf. In the presence of fruits, *A. aurantii* and *C. dictyospermi* severely infest these organs, reaching 67 and 91% respectively. We found that the interior of the tree hosts a population of *P. pergandii* 1.4 times higher than the outside. This is, however, not verified for *A. aurantii* and *C. dictyospermi* which are evenly distributed at the tree level. This new information on the biology and behavior of these species may be applicable to the definition of a better pest management strategy and to the improvement of the sampling methodology.

**Keywords:** Citrus, canopy tree, distribution, fruit, leaf, twig

### INTRODUCTION

The Mediterranean region is one of the main citrus production areas, from which fresh fruit is exported mainly to central and northern European markets (Davies and Albrigo, 1994). More than 60 species of mealybugs (Hemiptera: Coccoidea) are known to grow on Citrus in the world (Ben Dov, 1980) some of which are serious pests. The Diaspididae is one of the most important families and of great economic importance (Ebeling, 1950 ; Miller and Davidson, 1990) for citrus fruits in the Mediterranean basin including the species *Aonidiella aurantii* (Maskell), *Parlatoria pergandii*

Comstock and *Crysamphalus dictyospermi* (Pekas et al., 2010). Indeed, they are plagues that are difficult to control in all the countries where their presence has been described (Bedford, 1998). These species of mealybugs colonize all the organs of the tree (leaves, fruits and twigs) where they feed on the sap (Yarom et al., 1988, Costa-Comelles et al, 1999, Pellizzari and Germain, 2010). Severe infestations can cause chlorosis, leaf drop, and branch death (Smith et al., 1997, Bedford 1998). Their presence on fruits affects the yield and the quality of these organs (weight, juice, color) (Costa-Comelles et al., 1999,

Tawfeek, 2012); which decreases their market value.

These three species of Diaspididae have been the subject of several studies in the world: In Greece (Argyriou, 1970), in Egypt (Habib and Attalah, 1960, Karam, 1979, Tawfeek, 2007), in Israel (Gerson, 1977), California (Rosen and De Bach, 1979, Grafton-Cardwell et al., 2004), Uruguay (Asplanato and García-Marí, 2001), Spain (Franco and al., 2004, Soribas et al., 2012) and Algeria (Biche et al., 2012, Belguendouz et al., 2013).

The aim of this work is to define the distribution mode on the tree and the fixation preferences of *P. pergandii*, *C. dictyospermi* and *A. aurantii* on the organs of the tree globally and as a function of time. All this is for the good management of these pests and the improvement of chemical control methods.

## MATERIALS AND METHODS

This work was done in the wilaya of Tizi Ouzou ( $X = 3^{\circ} 42' 56'' \text{ E} - 4^{\circ} 39' 19'' \text{ E}$  and  $Y = 36^{\circ} 27' 6'' \text{ N} - 36^{\circ} 54' 42'' \text{ N}$ ), located in northern Algeria, in eight different citrus orchards. This province is characterized by a mild climate with a mild winter that ranks it in a sub-humid bioclimatic stage with average annual maximum and minimum temperatures of  $24.0^{\circ} \text{ C}$  and  $13.6^{\circ} \text{ C}$ , and average annual precipitation of 867 mm.

### Sampling methods

We selected eight commercial citrus orchards in full production, each with at least 225 trees: four orange orchards (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), two clementine orchards (*Citrus clementina*) and two citrus lemon orchards (*Citrus silt*).

The sampling method consisted of dividing each orchard into 9 more or less square blocks with 25 trees each. Outputs are made over a 10-day interval due to 36 outings per year and per orchard. At each sampling date, we randomly selected two trees per block, in total 18 trees per orchards. On each tree, we randomly sampled five twigs 20 cm long each containing two leaves and a fruit (in case of the presence of these organs on the trees) from the four cardinal points as well as the interior of the tree. We noted that ripe fruits are generally present between October, November and December. In the laboratory and under a binocular loupe, we counted all the living adult females per organ (twigs, fruits and on both sides of each leaf) and this returning all their shields.

### Statistical analyzes

Differences in population density between organs (leaves and twigs, leaves and fruits, upper and lower parts of the leaf, twigs inside and outside the canopy) were analyzed in two-way by ANOVA. The independent variables were the organ and the sample. We always take as the average value of each sample, considering as a sample unit the leaf, the twig or the fruit in the comparison of abundance between these organs. Each sample was considered a replica or an independent block because we randomly changed the 18 trees sampled at each sampling date. Percentage data was  $[\arcsin\sqrt{x}]$  transformed to respond to assumptions of normality. The averages were compared using Fisher's Minor Difference Test (LSD) with the significance level set at  $\alpha = 0.05$ . All statistical analyzes were performed using Stat graphics Centurion XVI (Stat graphics, 2010).

## RESULTS

### On Leaves, twigs and fruit

We compared the abundance of live female populations of the three species of Diaspines (*P. pergandii*, *A. aurantii* and *C. Dictyospermi*) on the leaves, twigs and citrus fruits of the eight experimental citrus fruit orchards studied globally then in functions of time. The results showed that twigs are more infested than leaves by *A. aurantii* and *C. dictyospermi* with number individuals of  $0.050 \pm 0.008$  against  $0.04 \pm 0.006$  on a leaf ( $F = 185.06$ ,  $P = 0.0001$ ) for *A. aurantii* which corresponds to an average proportion of individuals of 21.82% per twig and 19.22% per leaf. For *C. dictyospermi*, the mean number of individuals is  $0.023 \pm 0.003$  / twig and  $0.013 \pm 0.002$  / leaf ( $F = 15.26$ ,  $P = 0.0001$ ) with average percentages of 10.09 and 5.77%, respectively. On the contrary, *P. pergandii* prefers leaves as the primordial organ with an average of  $0.14 \pm 0.018$  individuals per leaf representing a rate of 63.26% against  $0.012 \pm 0.01$  individuals / twig corresponding to an average rate of 5.11% ( $F = 116.99$ ;  $P = 0.0001$ ). The annual evolution of the average living individuals of the three species of Diaspines studied on the leaves and twigs of citrus (Figures 1, 2 and 3) shows a difference in abundance between all the months of the year and it is on March that the populations of these three species are very important on both organs. The differential factor between leaf and twig for *P. pergandii* is almost all year round in favor of the leaf (Figure 1) with the exception of November

where the average of individuals is very low (0.03).

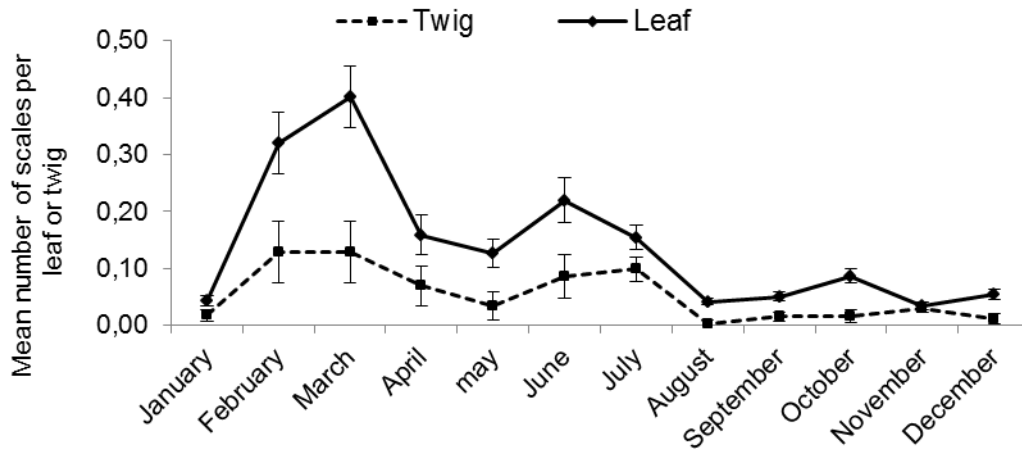


Figure 1: Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *P. pergandii* live female scales on leaves and twigs.

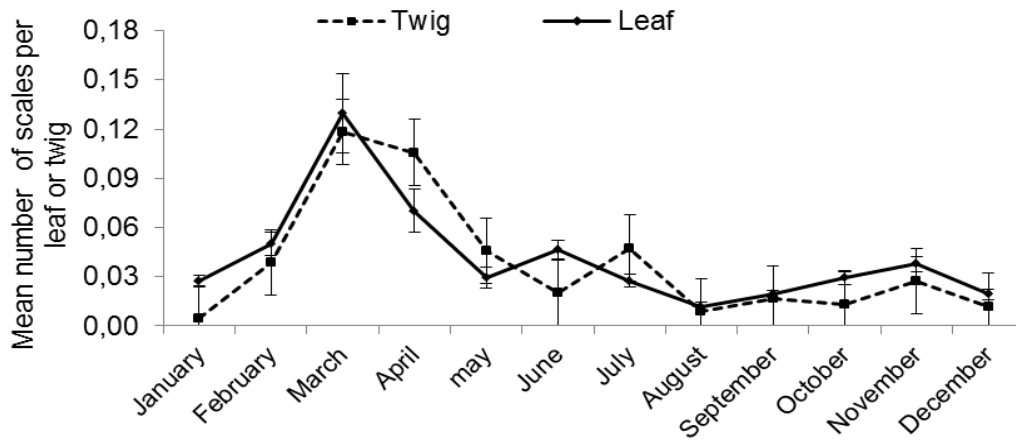


Figure 2: Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *A. aurantii* live female scales on leaves and twigs

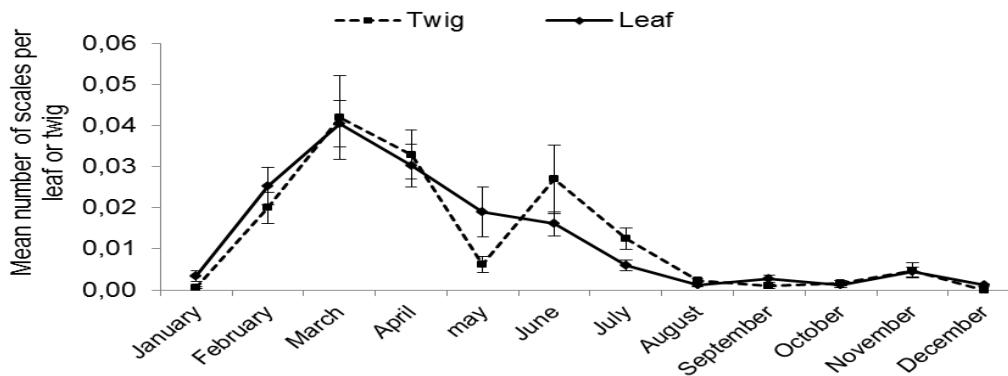


Figure 3: Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *C. dictyospermi* live female scales on leaves and twigs.

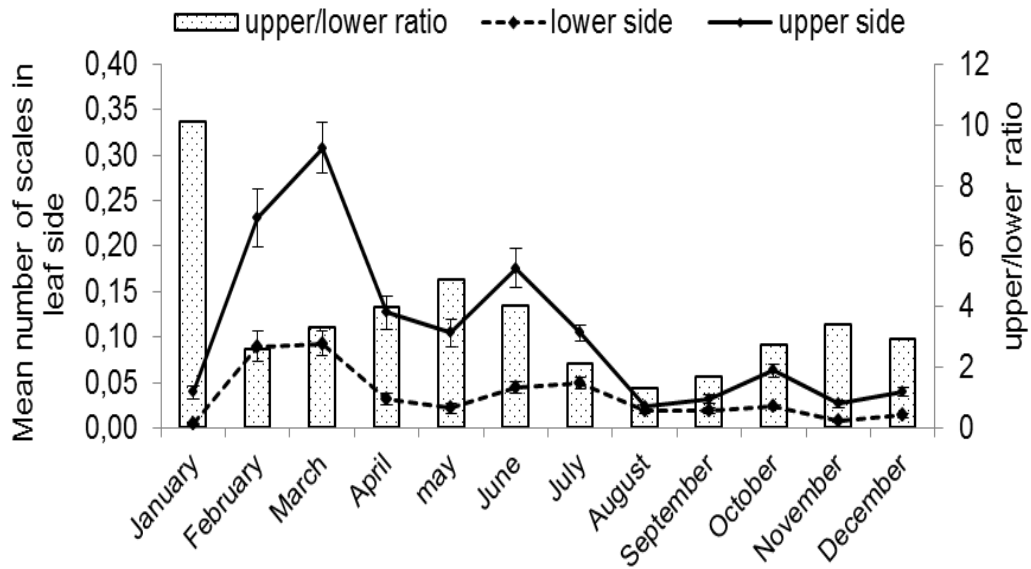


Figure 4. Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *P. pergandii* live female scales on upper and lower side of citrus leaves

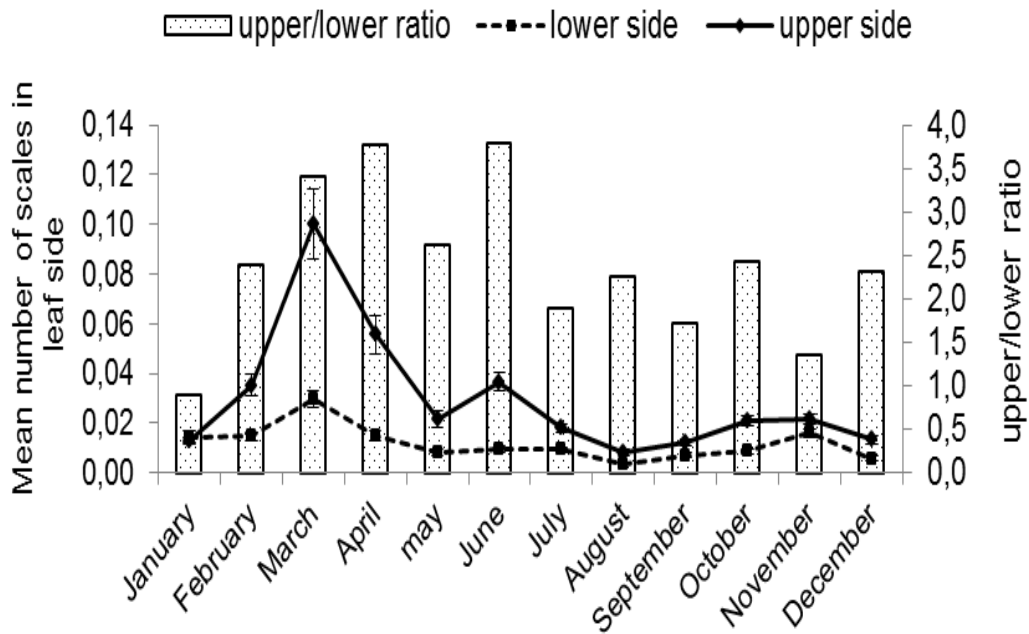
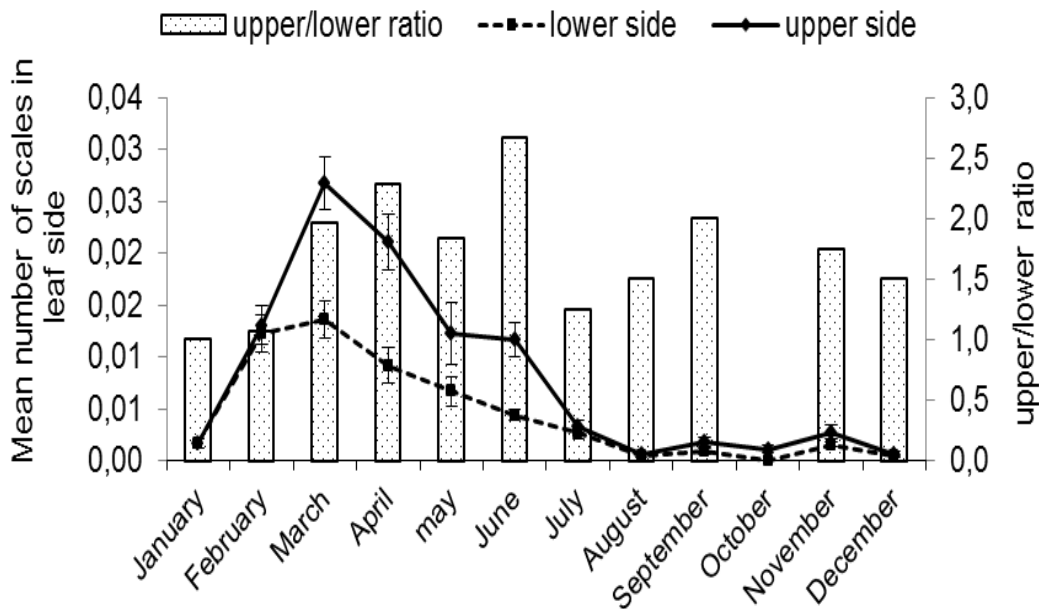


Figure 5: Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *A. aurantii* live female scales on upper and lower side of citrus leaves.



**Figure 6. Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *C. dictyospermi* live female scales on upper and lower side of citrus leaves.**

The average living *P. pergandii* on the leaf is 11 times higher than on twig; which reveals a great tendency fixation of this species rather on leaves than on the other organs of the tree canopy.

*Aonidiella aurantii* and *C. dictyospermi* prefer twigs as leaves are related to months of the year (Figures 2 and 3). The evolution of differential factor in *P. pergandii* is stable over the year. This is not the case for *A. aurantii* and *C. dictyospermi*, for which we observe an overlap of fixation individuals on both organs. These fluctuations in average living individuals of these species appear to be seasonally dependent. We studied the abundance of live female populations of *P. pergandii*, *A. aurantii* and *C. dictyospermi* on both sides of the citrus leaves. The results obtained allowed us to emphasize that upper surface is preferential for their fixation with averages of  $0.10 \pm 0.013$ ,  $0.03 \pm 0.005$  and  $0.01 \pm 0.001$  respectively for *P. pergandii* ( $F = 32.91$ ,  $P = 0.0001$ ), *A. aurantii* ( $F = 48.21$ ,  $P = 0.0001$ ), and *C. dictyospermi* ( $F = 12.89$ ,  $P = 0.0016$ ). The average percentages of individuals living on both sides show that the number of individuals fixed on upper face is twice the number raised on underside with respective rates of 74.8%, 71.8% and 64.5% on upper face against 25.2%, 28.2% and 35.5% on underside respectively for *P. pergandii*, *A. aurantii* and *C. dictyospermi*. The

preference individuals of the three top face species is observed during all months of the year (Figures 4, 5 and 6). The evolution of averages of the individuals on both sides of the leaf is similar between the three species with the presence of three important peaks in the months of March, June and October which correspond to spring, summer and autumn periods for *P. pergandii* and *A. aurantii*. The ratio of number individuals of upper and lower faces is highest in May with an average of 4.90 for *P. pergandii* (Figure 4) and in June with averages of 3.79 for *A. aurantii* (Figure 5) and 2.67 for *C. dictyospermi* (Figure 6). The duration of presence of the fruits is very limited during the year, for this we compared the abundance and the preference of these species for the fruit with leaves and twigs and which generally corresponds to duration of three months (October, November and December). We found that in the presence of fruits, the populations of *A. aurantii* and *C. dictyospermi* are more abundant on fruits than on the other plant organs of the tree canopy (leaves and twigs) with higher average rates at 50%. They are 67.7% for *A. aurantii* ( $F = 7.50$ ,  $P = 0.0193$ ) and 91% for *C. dictyospermi* ( $F = 34.35$ ,  $P = 0.002$ ). On the other hand, *P. pergandii* infests leaves more than fruits and twigs (Figure 7) with an average percentage of 63% ( $F = 43.86$ ,  $P = 0.0001$ ).

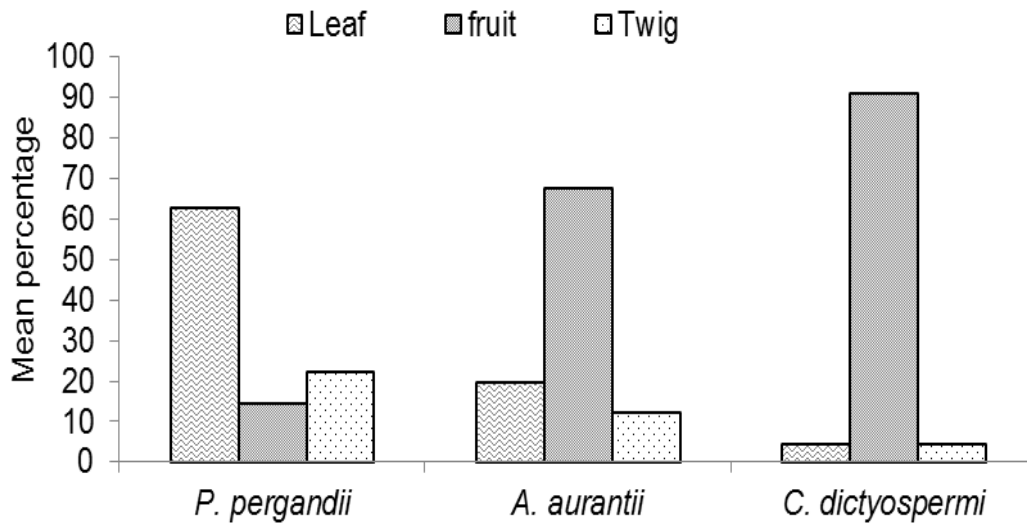


Figure 7: Mean percentage of the number live individuals of *P. pergandii*, *A. aurantii* and *C. dictyospermi* on citrus leaves, twigs and fruits.

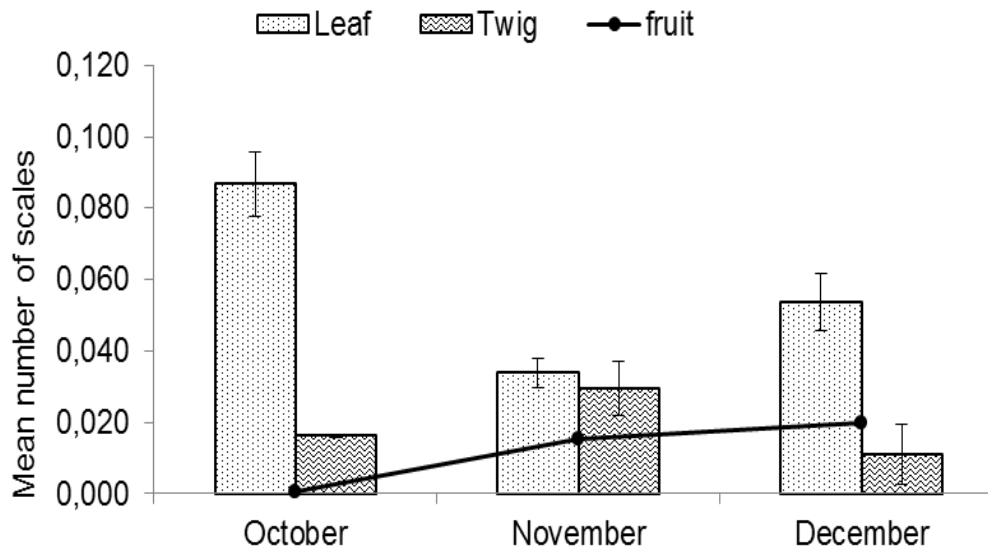
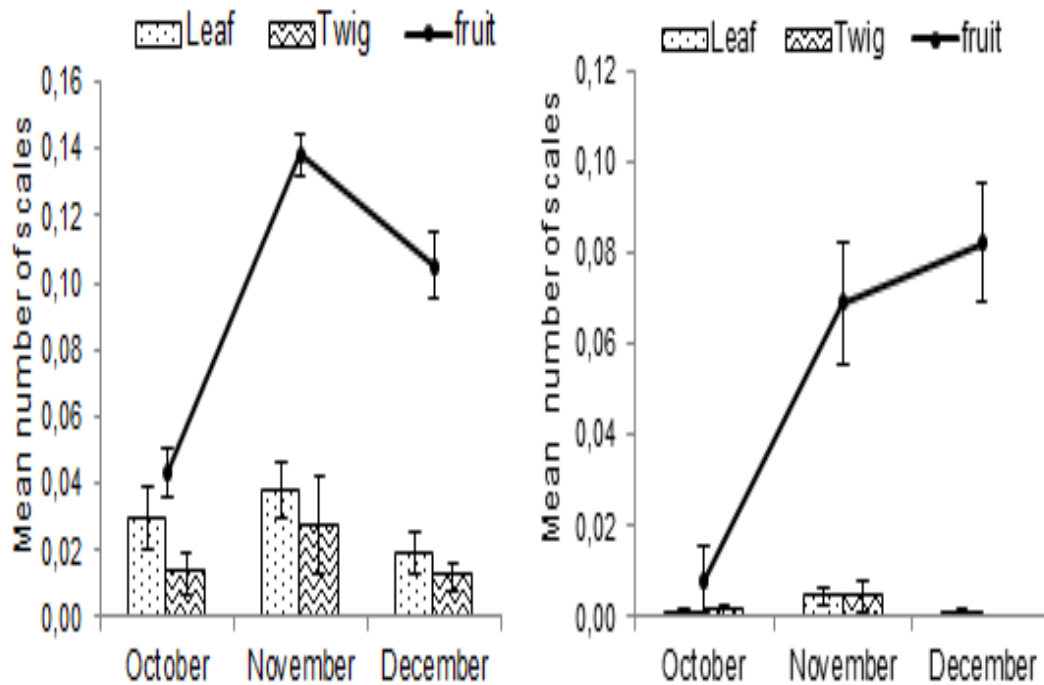


Figure 8: Evolution the average number of *P. pergandii* individuals on citrus leaves, twigs and fruits from October to December



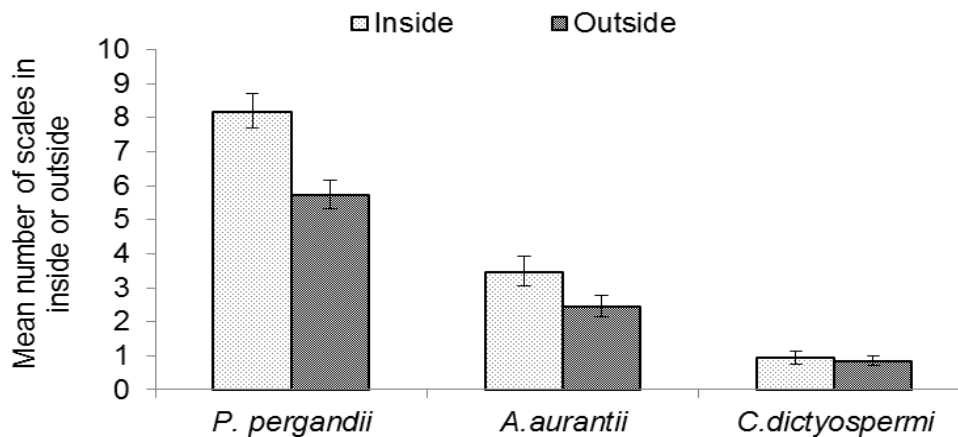
**Figure 9: Evolution the average number scales of *A. aurantii* and *C. dictyospermi* on citrus leaves, twigs and fruits from October to December**

During this three-month period, the average number of live individuals of *P. pergandii* per leaf is  $0.06 \pm 0.01$  individuals followed by  $0.020 \pm 0.008$  individuals per twig, while the fruit has only  $0.013 \pm 0.004$  individuals per fruit (Figure 8). The evolution of this average number is significant on the leaf during the month of October ( $0.09 \pm 0.009$ ) with on average 5 times more individuals on leaf compared to fruit and 3 times more than on twig. The evolution of average of *A. aurantii* and *C. dictyospermi* individuals on fruit increases from October to November from  $0.40 \pm 0.007$  individuals to  $0.14 \pm 0.02$  individuals per fruit for *A. aurantii* and  $0.01 \pm 0.007$  to  $0.07 \pm 0.013$  individuals per fruit for *C. dictyospermi*. During these three months, the average number is doubled of 3 times on fruit compared to leaf and 5 times compared to twig for *A. aurantii* (figure 9)

and 20 times more on fruit compared to leaf and twig for *C. dictyospermi* (Figure 9).

#### Inside and outside of the citrus tree

The study of the population distribution of the three species of mealybugs studied on citrus fruits according to the foliage showed that, *P. pergandii* prefers inside of the tree canopy ( $F = 0.00$ ,  $P = 0.0024$ ). The average number of *P. pergandii* individuals within the tree canopy is 1.4 times higher, corresponding to an average percentage of 58.8% (Figure 10). *A. aurantii* ( $F = 1.73$ ,  $P = 0.1916$ ) and *C. dictyospermi* ( $F = 1.73$ ,  $P = 0.1970$ ) did not show a significant preference for localization on the tree canopy.



**Figure 10: Average number of individuals of *P. pergandii*, *A. aurantii* and *C. dictyospermi* in inside and outside of the tree canopy.**

## DISCUSSION

The species of the Diaspididae's family are among the most detrimental to citrus cultivation around the world. They are found on all the aerial organs of the tree.

In our work, the study of fixation preference of *P. pergandii*, *A. aurantii* and *C. dictyospermi* on the plant organ, showed that *A. aurantii* and *C. dictyospermi* prefer twigs than leaves and in case of presence of fruits, the latter species, develop intense populations on fruits. However, *P. pergandii* attaches itself rather to the leaves than to the other organs during all the months of the year. These differences in the choice of these three species of Diaspididae for the plant organ did not prevent us from having the same fixation preference on the upper face of the citrus leaf, where we noted high numbers of these species. Our results are consistent with those of Carroll and Luck (1984a) who found the maximum densities of *A. aurantii* on fruits 2 to 5 times more abundant than on leaves and twigs and those of Garcia-Mari (2012) which highlights a rate of 75% of *A. aurantii* populations on fruits. For their part Alexandrakis and Michelakis (1980) found in orange trees about 6 times more individuals on fruits and twigs than on leaves. The same authors pointed out that the mandarin twigs are the strata most attacked by *A. aurantii* with approximately 12 times more individuals than on other plant organs

of the tree canopy. Asplatan and Garcia-mari (1998) reported that *A. aurantii* prefers leaves. Similarly, Gomez Clement (1943) has pointed out that leaves are the preferred organ of *C. dictyospermi* and are less abundant on twigs.

Indeed, *P. pergandii* has been observed more on the leaves than other organs and appears to have the same behavior as *Parlatoria ziziphi* whose presence has been underlined by several authors on the leaves as the main plant organ of the infestation and the sites preferred foods (Gomez Clemente, 1943 ; Beardsley and Gonzalez, 1975 ; Blackburn and Millert, 1984 ; Coll and Abd-rabou, 1998 ; Miller and Davidson, 2005 ; Podsiadlo and Bugila, 2007 ; Garcia-Mari, 2012 ; Tawfeek, 2012). These results contrast with those of Garcia-Mari (2012) who noted the highest densities of the same species on twigs. On the leaf, the densities of highest populations are obtained on upper side for *P. pergandii*, *A. aurantii* and *C. dictyospermi*. Our results are similar to those of Rodrigo and Garcia-Mari (1990), who notes a population density of *P. pergandii* twice as high on upper surface of citrus leaves. Since *P. pergandii*, *A. aurantii* and *C. dictyospermi* belong to the family Diaspididae, we compared their behavior with two other species of the same family and of economic importance for citrus fruit in the world namely *Lepidosaphes beckii* for which Rodrigo and Garcia-Mari (1990),

have highlighted a density three times higher on upper surface of citrus leaves and *Parlatoria ziziphi* for which El-Bolok (1984b), Thomsbury and Romano (2007) and Gacem et al. (2016) have reported that the highest population level of the latter is on upper side of citrus leaves. Similarly, Tawfeek and Abu-shall (2010) report 85% of the *P. ziziphi* population on the upper side of the citrus leaf.

The annual evolution of the populations on the different plant organs studied fluctuates between the months of the year and this for *P. pergandii*, *A. aurantii* and *C. dictyospermi*. The densities of the most important populations are recorded in spring particularly during the month of March. This increase in infestation can be explained by the slow activity of parasitoids in winter and gradual recovery of latter after winter. Our results, agree with those of Abd-Rabou (1997) and Franco et al. (2004) who reported that parasitism peaks in mid-summer, leading to a decline in mealybug populations during summer and fall. The distribution of the populations of the three species of diaspine studied on the citrus tree showed that *P. pergandii* prefers interior foliage which is not the case of *A. aurantii* and *C. dictyospermi*. This can be explained by influence of environmental climatic factors on physiological mechanisms (Sinclair et al., 2003) of neonate larvae, and, consequently, the conditions of many behavioral strategies (Hance et al., 2007). The increase in *P. pergandii* populations within the tree appears to be influenced by direct exposure of light to larvae of outer crown of the tree (Sigwalt, 1971) as well as the high humidity in tree center of the tree canopy and reduction of light. Sigwalt (1971) and Gomez Clemente (1943) reported that well-aerated and poorly ventilated orchards harbor very dense populations in center of the tree.

Fixation preference or presence of a cochineal for a plant organ or part of the tree can be attributed to the interaction between plant reception conditions and favorable environmental conditions (temperature and relative humidity) that influence the ecological, physiological and behavioral parameters of the first instar larva, where the latter is in contact with a combination of stimuli in order to locate the fixation site. These stimuli are visual and olfactory (Derridj, 1996) for choice of host in the immediate environment (Quirion and Bourbeau, 1994; Vanloon, 1996) and phototaxis that defines locomotor reaction or orientation towards a light source (Quirion and Bourbeau, 1994; Beardsley and Gonzalez, 1975).

## CONCLUSION

With this work, we are providing new information on the biology and behavior of three dangerous diaspine species to citrus cultivation, by studying preferences of bindings on the tree globally and on fruits in particular. From an application point of view, the information provided may be applicable to improving integrated control strategies and for good management of these pests.

## CONFLICT OF INTEREST

All authors declared that the present work has no any conflict of interest.

## ACKNOWLEDGEMENT

Our sincere thanks and acknowledgments to Pr. Ferran Garcia-Mari (Polytechnic University of Valencia, Spain) for his help in writing the document and for statistical analyzes.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

H N. designed and performed the experiments and also wrote the manuscript.

S D. reviewed the manuscript. All authors read and approved the final version.

---

## Copyrights: © 2017 @ author (s).

This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

---

## REFERENCES

- Abd-Rabou S, 1997. The role of *Encarsia citrina* (Hymenoptera: Aphelinidae) in the biological control of armored scale insects (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae) in Egypt. Proceeding of the First Scientific Conference of Agricultural Sciences, Faculty of Agricultural Science, Assiut Vol 2 : 711-717.
- Alexandrakis V, Michelakis S, 1980. Distribution d'*Aonidiella aurantii* (Mask.) (Horn. Diaspididae) en fonction de son emplacement sur l'arbre et de la variété d'agrumes en Crete. *Fruits* 35: 639-644.
- Argyriou LC, 1970. Les cochenilles des citrus en Grèce. Kiphissia (Athènes) - Al Awamia, Grèce, pp 57-65.

- Asplanato G, García-Marí F, 1998. Distribución del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: *Diaspididae*) en árboles de Naranja. Bol San Veg Plagas 24: 637-646.
- Beardsley JW, Gonzalez RH, 1975. The biology and ecology of armored scales. Annu Rev Entomol 20: 47-73.
- Beardsley JW, Gonzalez, RH 1975. The biology and ecology of armored scales. Annu Rev Entomol 20: 47-73.
- Bedford ECG, 1998. Red scale. *Aonidiella aurantii* (Maskell). In: *Citrus pest in the Republic of South Africa*. Bedford, ECG, Van den Berg, MA De Villiers, Nelspruit Ed, pp 132-144.
- Belguendouz-Benkhefala R, Biche M, Adda R, Allal-Benfekih L, 2013. Bio-ecology of a citrus pest (*Aonidiella aurantii* Maskell) (Hemiptera, Diaspididae): spatiotemporal relationship with its host plants *Citrus limon* and *C. sinensis* in Algiers region. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 7: 14-20.
- Ben-Dov Y, 1980. Observations on scale insects (Homoptera: Coccoidea) of the Middle East. *Bull ent Res* 70: 261-271.
- Biche M, Siafa A, Adda R, Gherbi R, 2012. Biologie d'*Aonidiella aurantii* (homoptera, diaspididae) sur citronnier dans la région de Rouiba. Libanese Science journal, pp 59-64.
- Blackburn V L, Millert DR, 1984. Pests not known to occur in the United States or of limited distribution. N° 44. Black parlatoria scale. United states department of agriculture, Plant protection and quarantine, animal and plant health inspection service 45: 1-13.
- Carroll DP, Luck Y, R. F, 1984a. Within-tree distribution of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera; Diaspididae), and its parasitoid *Compendia bifasciata* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) on orange trees in the San Joaquín Valley. *Environ Entomol* 13: 179-183.
- Coll M, Abd-Rabou S, 1998. Effect of oil emulsion sprays on parasitoids of the black parlatoria scale, *Parlatoria ziziphi*, in grapefruit. *BioControl* 43: 29-37.
- Costa-Comelles J, Rodríguez JM, Alonso A, Santamaría A, Alonso D, Granda C, Sanz E, Marzal C, García-Marí F, 1999. Influencia del momento del tratamiento en la eficacia de los plaguicidas sobre los diaspidos de cítricos piojo gris *Parlatoria pergandii* Comstock y serpetta gruesa *Cornuaspis beckii* (Newman). Bol San Veg Plagas 25: 115-124.
- Derridj S, 1996. Nutrients on the leaf surface, pp 348-362. In Morris CE, Nicot PC, Nguyen C (eds). Aerial and plant surface microbiology. Plenum Press, New York, U.S.A.
- Ebeling W, 1950. Subtropical Entomology. Lithotype Process Co, San Francisco, États-Unis.
- El-Bolok MM, Sweilem SM, Abdel-Aleem RY, 1984. Effect of different levels of trees, different cardinal directions, tree core and leaf surface on the distribution of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) in correlation with the year seasons. *Bull Soc Entomol d'Egypte* 65: 289-299.
- Gacemi A. Taibi A, Medjdoub Y, Medjdoub I, Doumandji S, 2016. Citrus infestation by the black scale, *Parlatoria ziziphi* Lucas (Homoptera: Diaspididae) in Tlemcen, Algeria. *Jour ento Res* 40(3) : 217-221.
- García-Marí F, 2012. Plagas de los cítricos. Gestión integrada en países de clima mediterráneo. Ed. Phytoma, Valencia, Spain.
- Gerson U, 1977. La capsilla *Parlatoria pergandii* Comstock y sus enemigos naturales en Israel. Bol Serv Plagas 3:21-53.
- Gómez-Clemente F, 1943. Cochinillas que atacan a los agríos en la región de Levante. Bol Patol Veg Entomol agric 12:17-18.
- Grafton-Cardwell EE, Ouyang Y, Striggow RA, Christiansen JA, Black CS, 2004. Role of esterase enzymes in monitoring for resistance of California red scale (Homoptera: Diaspididae), to organophosphate and carbamate insecticides. *Jour Econ Entomol* 97: 606-613.
- Habib A, Attalah AH, 1960. Population studies on the black scale *Chrysamphalus ficus* Ashm. III. The buildup of the population on different kinds of citrus. *Bull Soc Entomolo Egypte* 29: 13-19.
- Hance T, Van Baaren J, Vernon P, Boivin G, 2007. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annu Rev Entomol* 52: 107-126.
- Franco JC, Suma P, Borges FS, Blumberg D, Mendel Z, 2004. Management Strategies of Mealybug Pests of Citrus in Mediterranean Countries. *Phytoparasitica* 32(5):507-522.
- Karam HH, 1979. Studies on some scale insects (Hymenopterous parasitoids and predaceous mites) associating *Parlatoria pergandii*, *Lepidosaphes beckii* and *Aonidiella aurantii*

- in Alexandria). Ph.D.Thesis, Faculty of agricultural, Alexandria university, Alexandria, Egypt.
- Miller DR, Davidson JA, 2005. Armored Scale Insect Pests of Trees and Shrubs. Cornell Univ Press, Ithaca, New York, U.S.A.
- Pekas A, Tena A, Aguilar A, Garcia-Mari F, 2010. Effect of Mediterranean Ants (Hymenoptera: Formicidae) on California Red Scale (Hemiptera: Diaspididae) Populations in Citrus Orchards. *Environ Entomol* 39(3): 827-834.
- Pellizzari G, Germain JF, 2010. Scales (Hemiptera, Superfamily Coccoidea) Chapter 9.3. *BioRisk* 4(1): 475-510.
- Podsiadlo E, Bugila A, 2007. Morphology of the second-instar males of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae). *Proceedings of the XI international symposium on scale studies*: 51- 53.
- Quirion P, Bourbeau P, 1994. *Lexique des sciences biologiques*. Faculté des Sciences et Génie. Université Laval. Sainte-Foy, Québec, Canada.
- Rodrigo E, Garcia-Marí F, 1990. Comparación del ciclo biológico de los diaspinos *Parlatoria pergandii*, *Aonidiella aurantii* y *Lepidosaphes beckii* (Hemiptera, Diaspididae) en cítricos. *Boletín de Sanidad Vegetal* 16: 25-35.
- Rosen D, Debach P, 1979. *Species of Aphytis of the world (Hymenoptera: Aphelinidae)*. Ed. Israel Universities Press. Jerusalem y W. Junk, The Hague, Israel.
- Sigwalt B, 1971. Les études de démographies chez les cochenilles diaspines. Applications à trois espèces nuisibles à l'oranger en Tunisie. Cas particulier d'une espèce a générations chevauchantes: *Parlatoria ziziphi*. *Ann Zool Ecol Anim* 3(1): 5-15.
- Sinclair ARE, Mduma S, Brashares JS, 2003. Patterns of predation in a diverse predator-prey system. *Nature* 425: 288-90.
- Smith D, Beattie GA, Broadley R, 1997. Citrus pests and their natural enemies. Integrated pest management in Australia. Dept of Primary Industries. Queensland, Australia.
- Sorribas J, Baaren JV, Garcia-Marí F, 2012. Effects of climate on the introduction, distribution and biotic potential of parasitoids: Applications to biological control of California red scale. *Biological Control* 62 :103-112.
- Tawfeek ME, 2012. Distributions of Armoured Scale Insects Infesting Citrus Trees in Different Localities in Egypt. *Jour entomo* 9: 429-34.
- Tawfeek ME, Abu-shall AM, 2010. Seasonal Population Dynamics of *Parlatoria ziziphus* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae) in Menoufia Governorate, Egypt. *Alexandria Science exchange journal* 31: 231-237.
- Tawfeek ME, 2007. Bioecological studies on some armoured scale insects and their parasitoids. Ph.D. Thesis, faculty of agricultural Alexandria university, Egypt.
- Thomsbury S, Romano E, 2007. Linking Risk and Economic Assessments in the Analysis of Plant Pest regulations: The Case of U.S. Imports of Argentine Lemons. G II Working Paper, n°1.
- Vanloon JJ, 1996. Chemosensory basis of feeding and oviposition behaviour in herbivorous insects: a glance at the periphery. *Entomol Exp Appl* 80: 7-13.
- Yarom I, Blumberg D, Ishaaya I, 1988. Effects of Buprofezin on California Red Scale (Homoptera: Diaspididae) and Mediterranean Black Scale (Homoptera: Coccidae). *Jour Econ Entomo* 81(6): 1581-1585.

**MANAGEMENT OF A MAIN CITRUS PEST BLACK PARLATORIA SCALE  
*PARLATORIA ZIZIPHI* (LUCAS) (HEMIPTERA: DIASPIDIDAE) IN THE  
MEDITERRANEAN BASIN**

N. Haddad<sup>1\*</sup>, D. Sadoudi<sup>1</sup>, F. Garcia-Mari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PSEMRVC laboratory, Faculty of Biological and Agricultural Sciences, University Mouloud Mammeri of Tizi-Ouzou, 15000, Tizi Ouzou, Algeria

<sup>2</sup>Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València, Cami de Vera s/n, 46022 València, Spain

Received: 04 November 2018 / Accepted: 10 December 2018 / Published online: 01 January 2019

## ABSTRACT

The scale of black parlatoria, *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae), causes considerable damage to citrus fruits in the Mediterranean basin. For well managed this pest, we carried out a thorough ecological and behavioral study on the preference of localization and fixation of this pest on the citrus tree throughout the year for two years in six different citrus orchards to know: the lemon, the clementinier and the orange variety Thomson and washington in Tizi Ouzou, sub-humid region of the Mediterranean, in the North of Algeria. This new information on the biology and behavior of *P. ziziphi* could be applied to the definition of a better pest management strategy and to improvement of sampling methodology for monitoring this devastating pest by the good recognition of its place of infestations.

**Keywords:** Citrus; *Parlatoria ziziphi*; leaves; fruits; twigs; tree canopy.

---

\*Author Correspondence, e-mail: [haddad.nora8190@mail.com](mailto:haddad.nora8190@mail.com)

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v11i1.13>

## 1. INTRODUCTION

The black parlatoria scale, *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae), is an armored



---

scale insect considered a major pest of citrus all around the world [1-3]. It is common in the Mediterranean countries [4] and is of economic importance in Egypt [5], France [6], Algeria, Tunisia, Morocco, Italy and Greece [7]. Its populations are particularly significant in the Maghreb countries, mainly in Algeria and Tunisia [8], where it has been considered one of the main citrus pests for many years [9,10,7]. In Algeria, the black parlatoria scale is present in citrus since at least the beginning of the XX<sup>th</sup> century [11,12].

The damage caused by *P. ziziphi* consists in the weakening and drying of aerial parts of the tree, discoloration of the leaves and fruits, and, most importantly, a reduction of the commercial value of fruit due to the scales fixed on it [13,14]. This cosmetic damage is aggravated by its specific resistance to fruit cleaning [10]. Further, it is one of the most difficult armored scales to control with insecticides [15].

Studies on the bio-ecology of *P. ziziphi* in citrus orchards have been carried out in several countries, such as Spain [16], Sicily [17], Tunisia [18], China [19], Taiwan [2], Greece [20] and Egypt [21]. *Parlatoria ziziphi* attacks all aerial parts of the tree: leaves, twigs, branches and fruits [13-15,22]. Its fixation behavior on the plant is typical of all armored scales, but there are differences between species in spatial distribution on different organs within the host plant. For example, *Aonidiella aurantii* (Maskell) prefers fruits [23], while *Parlatoria pergandii* Comstock prefers the branches inside the tree canopy [24,25].

Work has been published on the black parlatoria scale on the behavior and location of attachment to different tree organs and within host-plant spatial distribution [10,21,26], but such studies generally include only short-term or qualitative observations. Because it is known that the spatial distribution of the armored scales is influenced by factors such as orchard structure or season of the year [27]. The objective of this work is to improve our knowledge of the spatial distribution of *P. ziziphi* on the tree as well as its location on various organs of the plant, determining if the overall preferences change throughout the year and in different orchards. This knowledge is important from a practical point of view for the development of appropriate sampling methods and for improving integrated pest management strategies.

## 2. EQUIPMENT AND METHODS

### 2.1. Region studies

The present study was carried out in the wilaya (province) of Tizi Ouzou, located in the north of Algeria ( $X= 3^{\circ}42' 56'' E - 4^{\circ}39' 19'' E$  and  $Y= 36^{\circ}27'6'' N - 36^{\circ}54'42'' N$ ), characterized by a temperate climate with a mild winter and is in a sub-humid bioclimatic stage. Mean annual of daily maximum and minimum temperatures are  $24.0^{\circ}C$  and  $13.6^{\circ}C$  respectively, with average annual rainfall of 867 mm.

### 2.2. Sampling

We selected six commercial citrus orchards in full production in different localities in Tizi Ouzou, one lemon orchard (*Citrus limon* (L.) Burm.) and one orange orchard (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) and one clementine orchard (*Citrus reticulata* Blanco) in the locality of Irdjen, one clementine orchard in Chamlal, one lemon orchard and one orange orchard in Chabane locality. Every orchard was sampled at ten-day intervals through a twelve-month period, from January 2014 to December 2015. The sampling methodology consisted of dividing each orchard into nine square-shaped plots with 25 trees each. On each sampling date, we selected randomly two trees per plot. On each tree, we sampled randomly five 20-cm long twigs containing two leaves each, one from each of the four compass points on the external part of the tree canopy and from the interior of the canopy. One mature fruit was also sampled on each orientation when present.

### 2.3. Statistical Analysis

The differences in population density between organs (leaves and twigs, leaves and fruits, upper and lower side of the leaf, twigs of interior and exterior of the tree canopy, and twigs from the four compass points), were analyzed by two-way ANOVAs for each one of the six orchards and for the total. A two-way ANOVA per season was also carried out to compare the four compass points within each of the four seasons. Data of percentage were [arcsin] transformed to meet normality assumptions. Means were compared using Fisher's least significant difference (LSD) test with the significance level set at  $\alpha=0.05$ . All statistical analyses were performed using Statgraphics Centurion XVI [28].

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. On leaves, twigs and fruits

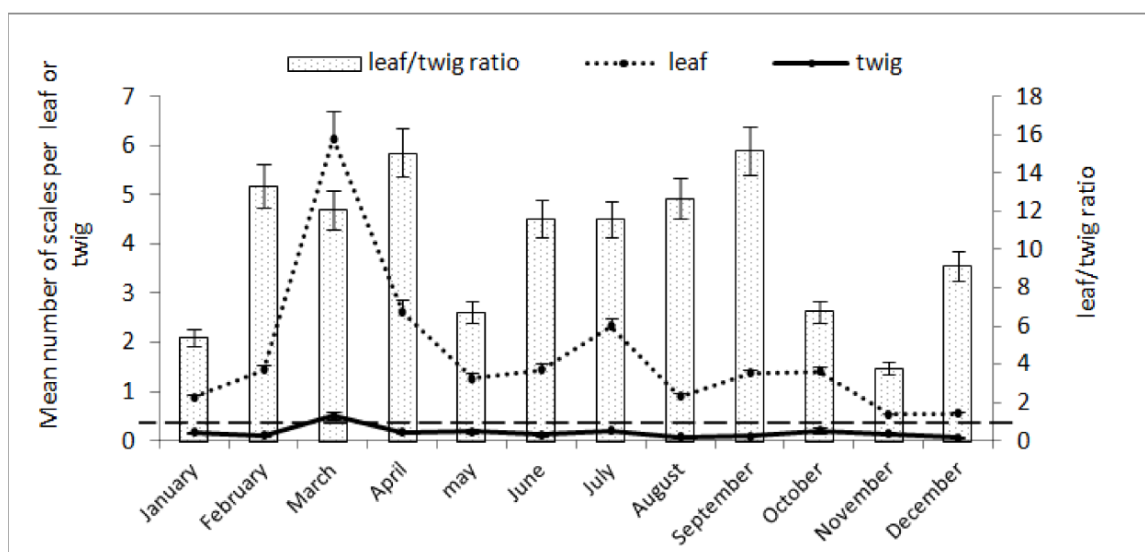
We compared the abundance of living females of *P. ziziphi* among the three organs of the citrus tree we sampled, leaves, twigs and fruits. The comparison of the overall abundance between leaf and twig showed a strong dominance of *P. ziziphi* individuals on the leaves. The average number of *P. ziziphi* per leaf was  $2.44 \pm 0.04$ , while in a twig this average was  $0.233 \pm 0.004$  ( $F = 83.8$ ;  $df = 1, 213$ ;  $P < 0.0001$ ). This represents that on a leaf there is approximately 10 times more population than on a twig. This strong tendency of individuals of *P. ziziphi* to fix on leaves appears in all six citrus orchards studied: the population abundance on leaves oscillates between 7.8 and 11.7 times higher on leaves than on twigs (Table 1). In any case, the average surface area of a leaf (15-25 cm<sup>2</sup>) is 3-5 times larger than that of the twig (5-10 cm<sup>2</sup>).

**Table 1.** Mean ( $\pm$  SEM<sup>1</sup>) population density of *P. ziziphi* on leaves and twigs, expressed as number of live females per leaf or twig

orchard	Leaves		Twigs		Factor (leaf/twig)	P
	Mean	SEM <sup>1</sup>	Mean	SEM <sup>1</sup>		
Lemon-Chabane	2.582	0.064	0.333	0.012	7.8	< 0.0001
Lemon-Irdjen	3.204	0.137	0.274	0.012	11.7	< 0.0001
Clementine-Chamlal	0.850	0.023	0.094	0.006	9.0	< 0.0001
Clementine-Irdjen	3.272	0.129	0.283	0.013	11.6	< 0.0001
Orange-Irdjen	3.327	0.159	0.291	0.014	11.4	< 0.0001
Orange-Chabane	1.548	0.043	0.136	0.006	11.4	< 0.0001
Total	2.44	0.04	0.233	0.004	10.5	< 0.0001

<sup>1</sup>Standard Error of Mean

The population trend of abundance of living females per leaf and twig through the year showed that the differential factor remains during all the months of the year in favor of the leaf. The ratio leaf / twig oscillate through the year with two maxima of up to 15 for the months on April and September (Fig. 1).



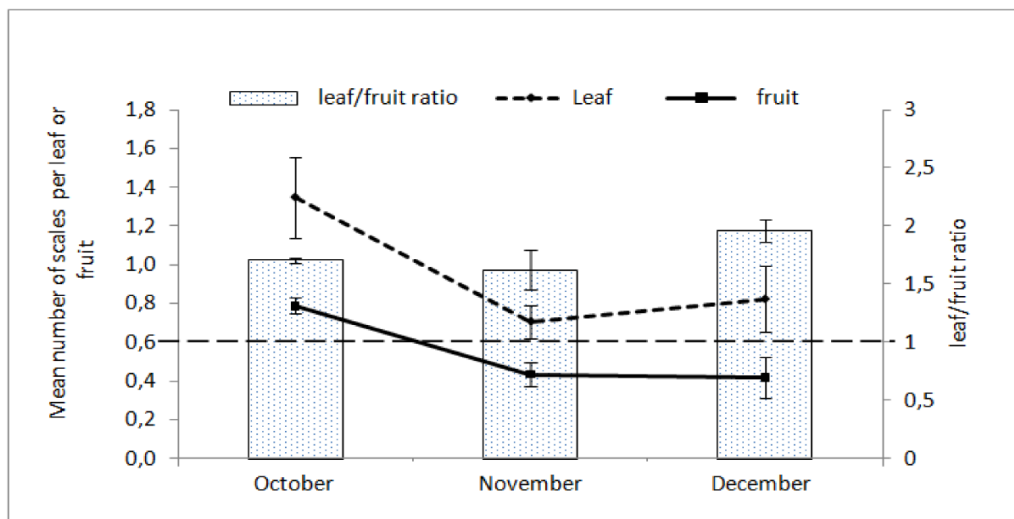
**Fig.1.** Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *P. ziziphi* live female scales on leaves and twigs, the horizontal line represents ratio number 1. Vertical lines represent standard error of the mean

During the three months, October to December, when the mature fruits were present on the trees, we compared the level of infestation per fruit and per leaf. The results show that the population of living females of *P. ziziphi* is always higher on leaves, reaching on average  $0.78 \pm 0.11$  scales per leaf, while fruits harbor only  $0.45 \pm 0.05$  scales per fruit ( $F = 93.79$ ;  $df = 1, 34$ ;  $P < 0.0001$ ) (Fig. 2). This ratio leaf/fruit in *P. ziziphi* population changes with the orchard, but always remains in favor of the leaves (Table 2).

**Table 2.** Mean ( $\pm$  SEM<sup>1</sup>) population density of *P. ziziphi* on leaves and fruits, expressed as number of live females per leaf or fruit

orchard	Leaves		Fruits		Factor (leaf/fruit)	P
	Mean	SEM <sup>1</sup>	Mean	SEM <sup>1</sup>		
Lemon-Chabane	1.256	0.274	0.273	0.103	4.6	< 0.0005
Lemon-Irdjen	1.607	0.463	0.359	0.104	4.5	< 0.0247
Clementine-Chamlal	0.810	0.300	0.284	0.118	2.9	< 0.1618
Clementine-Irdjen	0.954	0.284	0.352	0.110	2.7	< 0.1374
Orange-Irdjen	0.517	0.119	0.264	0.110	2.0	< 0.2269
Orange-Chabane	1.107	0.185	0.173	0.093	6.4	< 0.0028
Total	0.78	0.11	0.45	0.05	1.7	< 0.0001

<sup>1</sup>Standard Error of Mean



**Fig.2.** Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *P. ziziphi* live female scales on leaves and fruits, horizontal line represents ratio number 1, vertical lines represent standard error of the mean

On the upper side of leaves we found an average number of  $1.59 \pm 0.18$  *P. ziziphi* living females, while on the lower side it was only  $0.85 \pm 0.09$  ( $F = 86.53$ ;  $df = 1, 213$ ;  $P < 0.0001$ ). This represents that 65.3% of individuals of *P. ziziphi* are located on the upper face against 34.7% on the underside, or approximately twice as much population of living females on the upper side than on the lower side (Fig. 3). Significantly higher scale population on the upper face of the leaf was also found in five of the six orchards studied (Table 3).

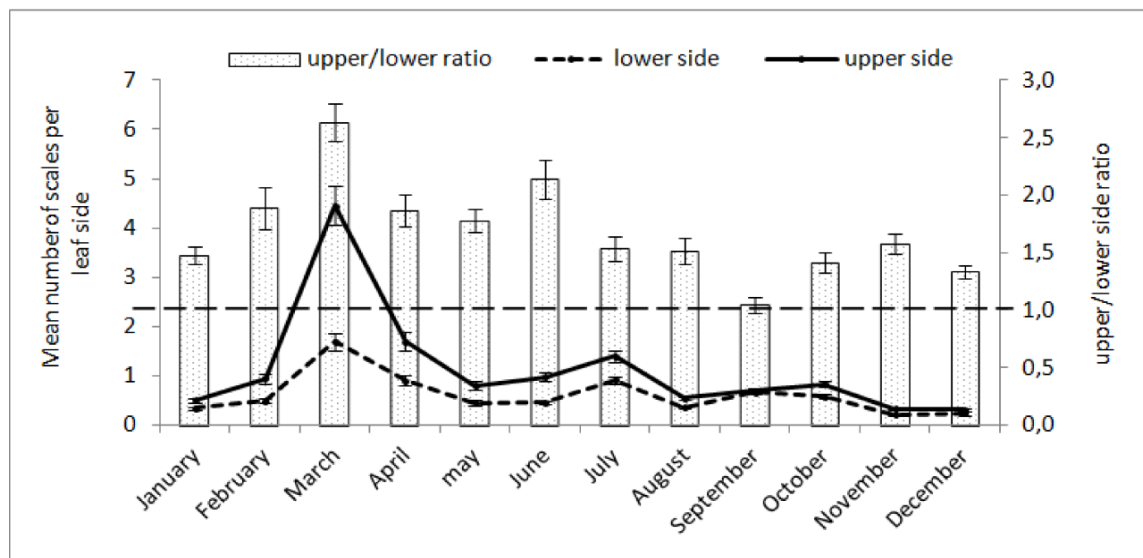
**Table 3.** Mean ( $\pm$  SEM<sup>1</sup>) population density of *P. ziziphi* on upper and lower side of the leaf, expressed as number of living females per leaf side

Orchard	Lower side		Upper side		Factor (upper/lower)	P
	Mean	SEM <sup>1</sup>	Mean	SEM <sup>1</sup>		
Lemon-Chabane	1.804	0.286	0.778	0.110	2.3	< 0.0001
Lemon-Irdjen	1.725	0.511	1.479	0.325	1.2	< 0.1131
Clementine-Chamlal	0.532	0.078	0.318	0.070	1.7	< 0.0004
Clementine-Irdjen	2.197	0.526	1.074	0.267	2.0	< 0.0001
Orange-Irdjen	2.397	0.742	0.930	0.231	2.6	< 0.0001
Orange-Chabane	1.019	0.187	0.529	0.076	1.9	< 0.0002
Total	1.59	0.18	0.85	0.09	2	< 0.0001

<sup>1</sup>Standard Error of Mean

The monthly evolution through the year in the average number of living individuals per leaf

side showed that the preference for the upper side is not constant but oscillates reaching its maximum in March and the lowest value in September, when the abundance of living females of *P. ziziphi* is similar in both sides of the leaf (Fig. 3).



**Fig.3.** Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *P. ziziphi* live female scales on upper and lower side of leaves. The horizontal line represents ratio number 1.

Vertical lines represent standard error of the mean

### 3.2. Inside and outside of the tree

Concerning the abundance of living females of *P. ziziphi* on the interior (center) and exterior (the outer crowns of East, South, North and West orientation) of the tree canopy, the results showed that populations were significantly more abundant at the interior of the tree, averaging  $138.0 \pm 18.4$  individuals per sample unit (one sample unit includes all organs from a particular orientation observed on each sampling date, that is to say, 18 twigs and 36 leaves), whereas in the exterior of the tree we found  $80.5 \pm 5.0$  individuals per sample unit ( $F = 86.53$ ;  $df = 1, 210$ ;  $P < 0.0001$ ). This represents that there is 1.7 times more population in the interior of the tree canopy than at the outside (Fig. 4). This higher density of *P. ziziphi* populations in the interior of citrus trees is not homogeneous in all orchards. In the three orchards of the Chabane and Chamlal regions (which showed the lowest tree density according to shaded surface area of the orchards, see Material and Methods section) the population density of living females of *P. ziziphi* was distributed in a similar way inside and out of the tree canopy, while in the three

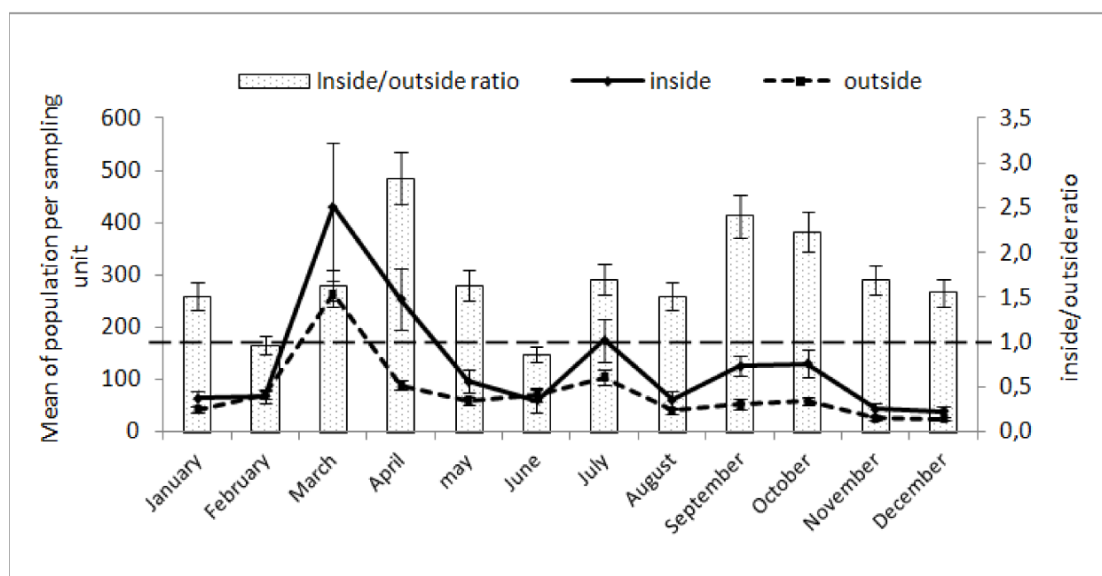
orchards of the Irdjen region (with the most dense vegetation) the abundance of *P. ziziphi* was twice as high inside the tree canopy compared with outside (Table 4).

**Table 4.** Mean ( $\pm$  SEM<sup>1</sup>) population density of *P. ziziphi* inside and outside the citrus tree canopy

Orchard	Interior		Exterior		Factor (interior/exterior)	P
	Mean	SEM <sup>1</sup>	Mean	SEM <sup>1</sup>		
Lemon-Chabane	95.2	16.7	99.9	14.6	0.95	< 0.4782
Lemon-Irdjen	200.6	56.1	100.2	24.8	2.00	< 0.0311
Clementine-Chamlal	32.0	5.4	32.3	5.5	0.99	< 0.3593
Clementine-Irdjen	189.0	40.5	101.5	24.9	1.86	< 0.0001
Orange-Irdjen	255.8	76.2	88.6	26.1	2.89	< 0.0004
Orange-Chabane	55.4	12.0	58.9	10.1	0.94	< 0.9048
Total	138	18.4	80.5	5	1.7	< 0.0001

<sup>1</sup>Standard Error of Mean

When we represented the monthly evolution through the year in the average number of living females of *P. ziziphi* inside and outside of the tree canopy, the density in the interior of the tree changes periodically reaching two maxima, in April and September, while there is a minimum in June when populations are rather similar inside and outside (Fig. 4).



**Fig.4.** Seasonal change through the year in the mean number ( $\pm$  SE) of *P. ziziphi* live female scales at the inside and outside of the tree canopy. The horizontal line represents ratio number 1. Vertical lines represent standard error of the mean

### 3.3. Cardinal points differences in abundance

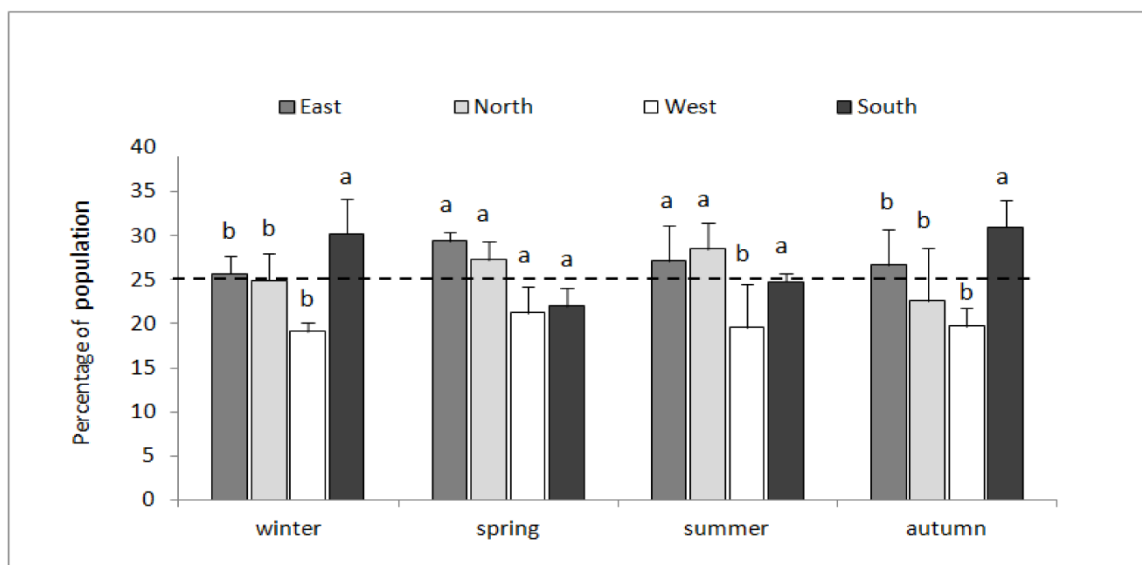
The average number of living female per sample unit on the four compass orientations showed a mean value of  $89.1 \pm 11.1$  scales in the East,  $85.3 \pm 9.8$  in the South,  $81.2 \pm 8.6$  in the North, and  $66.3 \pm 8.2$  in the West. Thus, the East orientation has the highest abundance of living females of *P. ziziphi* with a percentage of 27.7%, South and North are close by with 26.5% and 25.2% respectively, while the West contains the lowest population with 20.6% ( $F = 14.30$ ;  $df = 1, 166$ ;  $P < 0.0001$ ). However, the distribution on the four cardinal directions of the tree canopy varies according to the orchard. In four of the six orchards sampled there were no significant differences among the orientations (Table 5).

**Table 5.** Mean ( $\pm$  SEM<sup>1</sup>) population density of *P. ziziphi* on the four cardinal directions of the tree

Orchard	East		North		West		South		P
	Mean	SEM <sup>1</sup>	Mean	SEM <sup>1</sup>	Mean	SEM <sup>1</sup>	Mean	SEM <sup>1</sup>	
Lemon-Chabane	96.6	15.6	98.9	15.7	63.4	10.2	140.6	24.1	< 0.1216
Lemon-Irdjen	137.4	46.3	121.9	30.1	82.7	24.3	58.7	15.9	< 0.0021
Clementine-Chamlal	38.1	8.0	37.4	9.4	25.3	5.0	28.5	6.6	< 0.2572
Clementine-Irdjen	106.8	31.8	108.2	29.3	80.4	24.1	110.6	27.0	< 0.0450
Orange-Irdjen	95.1	27.1	64.9	17.9	93.1	30.5	101.1	35.8	< 0.1742
Orange-Chabane	59.5	10.3	54.4	11.1	51.1	9.9	70.6	18.0	< 0.0871
Total	89.1	11.1	81.2	8.6	66.3	8.2	85.3	9.8	< 0.0001

<sup>1</sup>Standard Error of Mean

The distribution on the four compass points in the population density of living females of *P. ziziphi* changes with the season of the year (Fig. 5). We found that the South direction is the most favorable during the autumn and winter seasons (autumn:  $F = 4.74$  ;  $df = 3, 53$  ;  $P = 0.0034$ , winter:  $F = 1.17$  ;  $df = 3, 53$  ;  $P = 0.0123$ ), while East, North and South are preferred during the summer ( $F = 5.76$  ;  $df = 3, 53$  ;  $P = 0.0009$ ), with no differences in the spring ( $F = 0.86$  ;  $df = 3, 75$ ;  $P = 0.4620$ ). The West orientation remains the least preferred throughout the four seasons of the year.



**Fig.5.** Seasonal distribution of the population of live females of *P. ziziphi* on the four cardinal directions of the citrus tree canopy, for each season, values with the same letter do not differ ( $P > 0.05$ ). The horizontal line represents 25% of the population. Vertical lines represent standard error of the mean

In our results, populations of *P. ziziphi* showed a strong dominance on the leaf with a high density on the upper face of the leaf at a rate of 65%. Also, 16,13,29,22 and 30 spoke about the preference of *P. ziziphi* for the leaf, but without giving a precise quantification. Our results are consistent with those of [26] and [30] who point out that most of the *P. ziziphi* population appears on the upper surface of the citrus leaf.

This work also demonstrated that population density of *P. ziziphi* is higher at the interior of the tree canopy compared with the exterior. [16], [10] and [21] also reported a tendency on *P. ziziphi* to fix on the central and shaded branches of trees, with *P. ziziphi* outbreaks being more important in tight and poorly ventilated orchards. Our results revealed that the density of *P. ziziphi* in the center of the tree is not fixed and homogeneous but changes according to the orchard, because several parameters such as orchard layout, tree age and size, pruning system, distance between trees and climatic factors, in particular the high humidity in the center due to poor aeration and the absence of light, may influence the distribution of *P. ziziphi* populations on the tree canopy [10]. Reports that direct exposure to the leaves of the outer crown of the tree can cause significant mortality of first instar larvae of *P. ziziphi*.

---

The cardinal distribution of *P. ziziphi* populations underlined a great variability depending on the season of the year and the orchard, being the most heterogeneous parameter in our study. Overall, we found that the East quadrant had the highest population and West quadrant the lowest. Our results agree with those of [21] who found 24-28% of *P. ziziphi* females in the East quadrant versus 21-22% in the West.

It was clear in our study that the highest population density on leaves compared with branches or fruit is the most constant or stable parameter of the four aspects studied, because it was maintained during the 12 months of the year and in the six the citrus orchards studied. The distribution inside or outside of the tree canopy and on the cardinal orientations was more variable depending on the month of the year and the orchard considered. The higher abundance of *P. ziziphi* on some organs or parts of the tree canopy can be explained on one side by to the choice of a place of fixation by neonate larvae that avoid extreme and unfavorable climatic conditions and on the other to differential mortality that occurs along the period of development of the insect. The mobile larvae (crawlers) of armored scales are known for the very limited duration, a few hours, before they settle permanently on the substrate for the rest of their life [31]. The larva relies on a combination of stimuli to locate the fixation site. This stimuli are initially visual and olfactory [32, 33]. The visual stimulus may be influenced by color perception, shape of the host plant and spectral intensity or reflectivity [34]. Positive phototaxis defines an orientation towards a light source [32]. Light appears to be a major factor influencing the direction of wandering in armored scales. Settling by crawlers may be induced largely by thigmotaxis, or response to a contact or mechanical stimulus from crevices, other surface irregularities or contact surfaces, producing in some cases closely packed aggregations of scales [31]. By tasting, the chemical content of the plant is verified by the insect for continuation of feeding [35-37]. All these stimuli can be strongly conditioned by climatic factors such as humidity, temperature and direct sunlight which negatively influence neonate larvae, and which are responsible for decreasing or increasing the population of *P. ziziphi* on an organ or part of the tree [38] reports that the population density of *P. ziziphi* is negatively influenced by relative humidity and precipitation and positively by temperature. This last climatic factor has a strong influence on the physiological

mechanisms of ectothermic insects [39], and consequently conditions many behavioral strategies [40].

#### 4. CONCLUSION

The information reported by most authors on the distribution of *P. ziziphi* populations on the citrus tree was often based on non-quantified or short-term observations. With this work, we provide new information on the biology and behavior of the black parlatoria scale by determining the changes in its distribution depending on the month of the year and the diversity of citrus orchards. From an applied point of view, the information provided may be applicable to the improvement of the sampling methodology of the black parlatoria scale *P. ziziphi* populations and to define a better strategy of chemical spraying or mechanical pruning for pest management.

#### 5. ACKNOWLEDGEMENTS

My sincere acknowledgments to Pr. Ferran Garcia-Mari (Polytechnic University of Valencia, Spain) for his help in writing the document and for statistical analyzes, to Pr D. Sadoudi who reviewed the manuscript.

#### 6. REFERENCES

- [1] Miller D R., Davidson J A. A list of the armored scale insect pests, 1990, 299-306. In D. Rosen (Ed). Armored scale insects: their biology, natural enemies and control. Word Crop Pests, vol. 4B. Elsevier, Amsterdam The Netherlands.
- [2] Miller D R., Davidson J A. Armored Scale Insect Pests of Trees and Shrubs. Cornell Univ Press Ithaca New York, U.S.A, 2005, pp. 312-350.
- [3] Podsiadlo E, Bugila A. Morphology of the second-instar males of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae). Proceedings of the XI international symposium on scale studies, 2007, 51- 53.
- [4] Ebeling W. Subtropical fruit pest. Univ. California Div Agric Sciences. California, U.S.A, 1959, pp.317-338.

- 
- [5] Coll M, Abd-Rabou S. Effect of oil emulsion sprays on parasitoids of the black parlatoria scale, *Parlatoria ziziphi*, in grapefruit. *BioControl*, 1998, 43 : 29-37.
- [6] Foldi I. Liste des cochenilles de France (Hemiptera, Coccoidea). *Bull Soc entomol de France*, 2001, 303-308.
- [7] Tena A, Garcia-Marí F. Current situation of citrus pests and diseases in the Mediterranean basin. *IOBC/wprs Bull*, 2011, 62: 365-378.
- [8] Talhouk A M S. Citrus pests throughout the world. *Technical Monograph 4*, 1975, 1-21.
- [9] Sigwalt B, Soria F. La lutte chimique contre les Diaspines des agrumes de Tunisie. *C R C A Z' F Tunis*, 1965, 52-57.
- [10] Sigwalt B. Les études de démographies chez les cochenilles diaspines. Applications à trois espèces nuisibles à l'oranger en Tunisie. Cas particulier d'une espèce a générations chevauchantes: *Parlatoria ziziphi*. *Ann Zool Ecol Anim*, 1971, 3: 5-15.
- [11] Balachowsky A S. Note on a Coccidae of the fauna Neotropical recently acclimatized and harmful to the fig tree in Algeria. *Bull Soc. Hist Nat Afr Nord*, 1926, 1: 63-69 [in French].
- [12] Balachowsky A S. Biological study of scale insects of the Western Mediterranean basin. In *Encyclopédie Entomologic XV P. Le chevalier & Fils. Paris, France, 1932*, pp 59-62.
- [13] Blackburn V L, Millert D R. Pests not known to occur in the United States or of limited distribution. N° 44. Black parlatoria scale, 1984.
- [14] Thomsbury S, Romano E. Linking Risk and Economic Assessments in the Analysis of Plant Pest regulations: The Case of U.S. Imports of Argentine Lemons. *G II Working Paper, n°1*, 2007.
- [15] Praloran J C. Les agrumes, techniques agricoles et production tropicale. Ed. *Maisonneuve et Larose Paris France, 1971*, pp. 113-115.
- [16] Gómez-Clemente F. Cochinillas que atacan a los agrios en la región de Levante. *Bol Patol Veg Entomol agric*, 1943, 12: 17-18.
- [17] Monastero S. Le cocciniglie degli agrumi in Sicilia (*Mytilococcus beckii* New, *Parlatoria zizyphus* Lucas, *Coccus hesperidum* L., *Pseudococcus adonidum* L., *Coccus oleae* Bern., *Ceroplastes rusci* L.). *Bollettino dell' Istituto di Entomologia Agraria dell Università di Palermo*, 1962, 4: 65-151.

- 
- [18] Benassy C, Soria F. Observations écologiques sur les cochenilles diaspidines nuisibles aux agrumes en Tunisie. *Annales de l' INRAT*, 1964, 37: 193-222.
- [19] Huang L L, Wang D W , Zhang Q B, Lei HD , Yue B S. Study of bionomics and control of *Parlatoria ziziphus*. *Acta Phytophylactica Sinica*, 1988, 15: 15-21.
- [20] Stathas G J, Eliopoulos P A, Japoshvili G. A study on the biology of the diaspidid scale *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) in Greece. *Proceedings of the XI International Symposium on Scale Insect Studies*, Lisbon, Portugal, 2008, 95-101.
- [21] Adnan Abdel-Fattah E D. Some ecological and behavioral aspects of the black parlatoria scale, *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae) and its parasites on mandarin trees. *Int. J. Entomol. Res*, 2016, 4: 33-38.
- [22] Garcia-Marí F. *Plagas de los cítricos. Gestión integrada en países de clima mediterráneo*. Ed. Phytoma Valencia Spain, 2012.
- [23] Pekas A, Aguilar A, Garcia-Marí F. Host size availability for *Aphytis* parasitoids in field populations of California red scale *Aonidiella aurantii*, in Eastern Spain citrus groves. *Integrated control in citrus fruit crops. IOBC/wprs Bull*, 2008, 38: 34-40.
- [24] Rodrigo E, Garcia-Mari F. Comparación del ciclo biológico de los diaspidinos *Parlatoria pergandii*, *Aonidiella aurantii* y *Lepidosaphes beckii* (Hemiptera, Diaspididae) en cítricos. *Boletín de Sanidad Vegetal*, 1990, 16: 25-35.
- [25] Garcia-Marí F. The scale insects of citrus in Spain: pest status and control, 1994, pp. 47-66. In S. Gravena and L. C. Donadio (Eds), *integrated management on insect and mite pests of citrus. A world overview. Proceedings Third international citrus seminar. Estação experimental de citricultura de Bebedouro. State of Sao Paulo, Brasil*.
- [26] Tawfeek M E, Abu-shall A M H. Seasonal Population Dynamics of *Parlatoria ziziphus* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae) in Menoufia Governorate, Egypt. *Alexandria Science exchange journal*, 2010, 31: 231-237.
- [27] McLure C J. Patterns of temporal and spatial distribution, 1990, pp. 309-311. In D. Rosen (ed), *Armored scale insects their biology, natural enemies and control*, vol. A. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- [28] Statgraphics. *Statgraphics Centurion XVI: User's Manual*. Manugistics Inc Rockville,

---

MD USA, 2010.

[29] Fasulo TR, Brooks R F. Scale pests of florida citrus. University of florida Ifas extensión ENY814; 1997.

[30] Tawfeek M E. Distributions of Armoured Scale Insects Infesting Citrus Trees in Different Localities in Egypt. J Ent, 2012, 9: 429-34.

[31] Beardsley J W, Gonzalez R H . The biology and ecology of armored scales. Annu Rev Entomol, 1975, 20: 47-73.

[32] Quirion P, Bourbeau P. Lexique des sciences biologiques. Faculté des Sciences et Génie. Université Laval. Sainte-Foy Québec, Canada, 1994, pp. 90-95.

[33] Derridj S. Nutrients on the leaf surface, 1996, pp. 348-362. In C. E. Morris, P. C. Nicot and C. Nguyen (eds). Aerial and plant surface microbiology. Plenum Press, New York, U.S.A.

[34] Barbosa P, Wagner M R. Introduction to forest and shade tree insects. Academic Press. San Diego, California, U.S.A, 1989, pp. 108-115.

[35] Vanloon J J A. Chemosensory basis of feeding and oviposition behaviour in herbivorous insects: a glance at the periphery. Entomol Exp Appl, 1996, 80: 7-13.

[36] Jolivet P. Interrelationship between insects and plants. CRC Press. Boca Raton, Florida, U.S.A, 1998.

[37] Barbehenn RV, Reese J C , Hagen K S. Chapter 4: The food of insects, In C. B. Huffaker, and A. P. Gutierrez. 1999, pp. 87-90. Ecological entomology 2nd Ed. John Willey & Sons, New York, U.S.A.

[38] El- Bolok M M, Sweilem S M, Abdel-Aleem R Y. Effect of different levels of trees, different cardinal directions, tree core and leaf surface on the distribution of *Parlatoria ziziphi* (Lucas) in correlation with the year seasons. Bull. Soc. Entomol. d'Egypte, 19984, 65: 289-299.

[39] Sinclair A R E, Mduma S, Brashares J S. Patterns of predation in a diverse predator-prey system. Nature, 2003, 425: 288-90.

[40] Hance T, Van Baaren J, Vernon P, Boivin G. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. Annu Rev Entomol, 2007, 52: 107-126.

**How to cite this article:**

Haddad N, Sadoudi D, Garcia-Mari F. Management of a main citrus pest black parlatoria scale *Parlatoria ziziphi* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae) in the mediterranean basin. J. Fundam. Appl. Sci., 2019, 11(1), 184-199.