

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة - الحراش - الجزائر

Ecole Nationale Supérieure Agronomique – EL- Harrach Alger

THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

SUJET:

**Relations plantes hôtes –cochenilles diaspinés sur les
agrumes (*Citrus spp*) en Algérie : cas de *Parlatoria ziziphi*
(Lucas, 1853) (Homoptera : Diaspididae).**

Présentée par: BELGUENDOZ-BENKHELFA Rachida

Soutenue le 26 juin 2014 devant le Jury :

Président : M^f. DOUMANDJI S.E. Professeur (ENSA - Alger)

Directeur de thèse : M^f. BICHE M. Professeur (ENSA - Alger)

Examineurs : M^f. SI BACHIR A. Professeur (Univ. Batna)

M^{me}. ALLAL-BENFEKIH L. Professeur (Univ. Blida)

M^{me}. BENRIMA-GUENDOZ A. Professeur (Univ. Blida)

M^{me}. MEDJDOUB-BENSAAD F. Professeur (Univ. Tiziouzzou)

Année Universitaire : 2013-2014

Dédicaces

J'aimerais tout d'abord, dédier ce travail durement et patiemment mené durant plusieurs années, à mes très chers défunts parents, qui, de leur vivant, depuis l'école primaire jusqu'à l'université, n'ont jamais cessé de me soutenir, de m'encourager et me prodiguer aides et conseils, partageant aussi mes joies et mes peines, dans l'unique but de poursuivre avec succès mes études supérieures, assurer ma promotion sociale et contribuer par la même, à côté de mes concitoyens et concitoyennes, à l'effort collectif de la construction et le développement de notre pays.

En votre absence aujourd'hui, je tiens vivement, et en cette occasion, à vous exprimer toute ma reconnaissance et l'expression de toute ma gratitude et de mon profond amour tout en priant Dieu, le tout puissant, de vous accueillir dans son vaste paradis « In Chaa Allah ».

Ma profonde reconnaissance à mon époux, pour son soutien sans faille, sa grande indulgence, sa compréhension et surtout sa contribution dans le partage du stress de la recherche et sans qui, une grande part de ce travail n'aurait pas été accomplie. Je suis heureuse de partager cette thèse avec lui.

Je dédie aussi ce travail à ma très chère sœur aînée Fatima, à mon frère Abdelhafid, à mes deux autres sœurs Amina et Khadîdja, ainsi qu'à mon cher neveu Moussa. Je les remercie pour leur soutien et leurs encouragements sans relâche.

A ma belle-famille, plus particulièrement ma belle mère ainsi que mes beaux frères et sœur.

A toute ma famille et à tous mes amis.

Remerciements

Cette thèse est une œuvre collective et sa réalisation n'aurait pas été possible sans la générosité, l'hospitalité et le support de plusieurs personnes. J'ai eu la chance d'avoir, non pas un directeur de thèse, mais un parent, qui s'est impliqué et m'a apporté des aides et connaissances complémentaires précieuses durant tout ce parcours.

Je tiens tout d'abord, à exprimer mes sincères remerciements à monsieur Biche Mohamed, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El-Harrach Alger, sans lui, ce travail n'aurait pas vu le jour. Je lui suis reconnaissante pour le temps qu'il m'a généreusement accordé, pour son soutien scientifique, ces nombreux conseils et encouragements tout au long de cette recherche. Il a su me supporter et me conseiller aux moments opportuns. Je lui adresse ici, toute ma gratitude et ainsi que mon plus profond respect. Mes vifs remerciements vont également à madame ALLAL-BENFEKIH Leila, Professeur à l'Université de Blida, qui a grandement contribué à la réalisation de cette thèse. Sa présence, son écoute et ses conseils avisés m'ont énormément aidé à m'affirmer et à évoluer en tant que chercheur. Je lui adresse ici, toute ma reconnaissance et mon admiration.

Je tiens aussi à exprimer ma profonde gratitude à madame BOULAHBAL Wahiba, responsable du laboratoire d'analyse du sol à l'INRA Baraki Alger et Monsieur BOUCHARBEB Abdelmadjid pour m'avoir accepté et aider dans la réalisation des analyses et coupes histologiques végétales et pour l'accueil qu'ils m'ont toujours réservé. Merci de participer à cette grande aventure. Sans oublier notre ami RALEMI Mohamed biologiste pour son aide dans la réalisation de partie microbiologique. Mes remerciements et mon profond respect vont à monsieur DOUMANDJI Salah- Eddine, doyen des Professeurs à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El-Harrach Alger, d'avoir accepté la charge de présider le jury de cette thèse.

Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements et ma gratitude au membre de jury pour la confiance qu'ils m'ont témoigné et l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de juger ce travail :

Madame GUENDOZ – BENRIMA Atika Professeur et Doyenne de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Saad Dahleb de Blida, qui m'a toujours prodigué son soutien et ses encouragements. Madame MADJDOUB-BENSAAD Ferroudja, Professeur à l'Université de Tizi-Ouzou, qui m'a toujours soutenu et encouragé pour terminer ce travail. Qu'il me soit permis de remercier Madame HOUMANI Zahia, professeur et directrice du laboratoire de plantes médicinales et aromatiques de l'université de Blida, pour son aide et encouragements, ainsi que l'ensemble de mes collègues pour leur soutien pendant les années d'études et sans oublier monsieur DJAZOULI Zahr-Eddine Maître de conférence au département des biotechnologies, pour sa contribution et encouragements.

Je ne peux achever cet avant-propos sans remercier vivement et respectivement les directeurs et personnels de l'ITAF, de l'INPV de Boufarik ainsi que tous les exploitants privés des vergers d'agrumes ayant fait l'objet d'étude, pour leur collaboration notamment d'avoir permis l'accès pour la réalisation sur le terrain des prélèvements dans leurs parcelles et ce, durant plus de trois années consécutives.

Bref, je remercie toutes les personnes que j'ai côtoyées durant ces années et, avec qui, mes rapports furent aussi divers qu'enrichissant.

ملخص: الحشرات القرمزية تتطلب اهتماما خاصا من اجل فهم احتياجاتها الحيوية واللاحيوية ، و هذه المعلومات حتى تسمح لنا بتحديد أسلوب مكافحة الفعالة الملائمة للبيئة . تبين الدراسة الايكولوجية الحيوي لمنطقة متيجة إن أنواع الحشرات : *Lepidosaphes beckii* و *Parlatoria Ziziphi* و *Aonidiella aurantii* تعيش على أشجار الحمضيات وتتبع أسلوب النظام الغذائي *opophage* ، و لكن مع وجود تفضيل لبعض أنواع الحمضيات المضيفة إذ أن *Parlatoria Ziziphi* تظهر أكثر على كليمنتين و *Aonidiella aurantii* على الليمون و *Lepidosaphes beckii* على البرتقال. التغيير في تفضيل المضيف يسببها تغيير الظروف البيئية.

يتم اختيار *P.ziziphi* لكليمنتين في البستان مقارنة بسائر الحمضيات. في البيت البلاستيكي تحول الاختيار إلى شجرة الليمون (40%) أولا، ثم كليمنتين (32%) و أخيرا شجرة البرتقال (28%). هذا الاختيار يرجع لعدم وجود ضوء الشمس وصغر أشجار الحمضيات. تمديد مدة دورة الحياة من 37 يوم على نباتات البستان، إلى حوالي 106 أيام على النباتات المظللة في البيت البلاستيكي. يرتبط عدد الحشرات بعامل موقعها فوق أشجار الحمضيات ($p=0.03$) و عامل مرحلة من مراحل النمو ($F=0.00$). من ناحية أخرى، يعتمد التوزيع الزمني و المكاني على فترة نمو للنباتات ($p=0.011$) ، و مرحلة من مراحل التنمية للحشرات القرمزية ($p=0.000$) و التفاعل بينهما ($F=0.009$). الخصوبة تعتمد اعتمادا كبيرا على عامل الوقت ($p=0.002$) و الموسم ($F=0.000$) ، حيث يحدث الفقس الكثير لـ *P.ziziphi* في فصل الربيع. التوزيع دائم على الأوراق خلال مدة الحياة . و الأفات الحشرية الطفيلية للحشرات القرمزية ليست متمكنة للحد و السيطرة على نقشي مرضها أو تخفيضه على كليمنتين في منطقة متيجة. الحشرة القرمزية الثانية *A.aurantii* أكثر وفرة ثلاث مرات على شجرة الليمون من على شجرة البرتقال. عامل النبات المضيف و المرحلة البيولوجية و التفاعل بينهما و احتياجات التغذية أنشأت تأخير وقت التوزيع الزمني لها ، على شجرة البرتقال نلاحظ (الإناث البالغات/ أكتوبر ، ديسمبر و يناير) في شجرة الليمون (يرقات/ فبراير ، مارس و آب). نوع الاستنساخ هو في الأكثر جنسي، مضمون بظهور أربع رحلات سنوية من الذكور البالغين على شجرة الليمون (74.15%) ضد رحلتين على البرتقال . استطاعت وضع ثلاث أجيال في السنة (في الخريف، الربيع و الصيف) على كلا من النباتات المضيفة، لكن النقشي السنوي أهم على البرتقال (11.49%) في الخريف و على شجرة الليمون (8.95%) في الربيع و الصيف. درجات الحرارة التي تتراوح بين 08.21 و 32.82 درجة مئوية و هطول الأمطار التي تتراوح من 21.13 ملم إلى 70.63 ملم ، هو التعزيز الأمثل لتنمية الحشرة القرمزية *A.aurantii*.

عند *L.beckii* عامل " النبات " له تأثير ايجابي على ارتفاع عدد اليرقات في الصيف خلال شهر يوليو ، خاصة عندما يتراوح متوسط درجات الحرارة بين 22 و 36 درجة مئوية و الأمطار ما بين 0مم و 20 مم ، اللذان لديهما تأثير كبير على الوفرة و التوزيع الزمني للحشرة. الأمطار الغزيرة في سبتمبر و ديسمبر و مارس تؤثر على اليرقات بدون درع ، بسهولة نقلها بواسطة مياه الجريان السطحي على الأوراق . الذكور البالغون و بيض التفريخ يفضلون الظهور في موسم الجفاف الدافئ و الأقل رطوبة. تتميز العلاقة الفيزيائية بأوراق الأشجار للحشرات القرمزية *diaspididae* بإدراج لايوم في الشفة ثم في نسيج أوراق الشجرة ، و تسهيل تسلل القلم، بين، أو من خلال خلايا النسيج المتراص و الأسفنجي مع تجنب الغدد الإفرازية للزيوت العطرية ، حتى وصولها إلى موقع الأغذية المناسبة (النسغ أو السوائل الخلوية و بين الخلايا) لكل مرحلة من مراحل التطور.

نصغ الربيع هو الغذاء الأنسب للتغذية ، غني بالبروتين للذائب في الماء ، يعمل على القدرة الإنجابية. ، البوتاسيوم و الكالسيوم يلعبان دور كافي في التغذية و يحدان من نقشي المرض بـ *P.ziziphi*، الصوديوم يؤثر عكسيا على *Diaspididae* . التي هجماتها تسبب إفراز بوليفينولات و فلاونويدات ، التي كميتها ترتبط بوفرة العدد لـ *P.ziziphi* . لاحظنا وجود بكتيريا تعايشيه من النوع Gram+ دائرية الشكل (العنقوديات: Staphylocoque) و طويلة الشكل تستطيع تحويل المركبات السامة التي يفرزها النبات لصالحها. بينما تشمل الأوراق العصيات من نوع (Enterobacteriaceae) التي تستطيع تحويل المركبات السامة التي يفرزها النبات لصالحها. بينما تشمل الأوراق العصيات من نوع (Gram-) لها دور محتمل في إنتاج العسل. إذا، بكتيريا القرمز و بكتيريا أوراق الحمضيات الموبوءة ليست متشابهة. مما يدل على عدم وجود مرور تلوث و عدوى من الحشرة القرمزية إلى الحمضيات.

الكلمات الرئيسية: *Diaspididae* الحمضيات، العلاقة الفيزيائية، العلاقة الغذائية، علاقة بكتيريا بيولوجية.

Résumé : L'étude de la relation plante hôte diaspiques, montre que les espèces étudiées (*Parlatoria ziziphi*, *Aonideilla aurantii* et *Lepidosaphes beckii*) à régime opophage et vivant sur agrumes n'ayant pas les mêmes préférences d'espèces-hôtes: *P. ziziphi* se développe mieux sur le Clémentinier, *L. beckii* sur l'oranger et *A. aurantii* sur le citronnier.

Le changement des conditions de milieu, induit un changement de préférence de l'hôte. *P. ziziphi* a l'habitude de choisir le clémentinier par rapport aux autres citrus in-situ, ce choix, en absence de lumière solaire, s'est orienté vers le citronnier (40%), ensuite le clémentinier (32%) et enfin l'oranger (28%). La durée de cycle de vie s'est allongée, de 37 jours sur plantes âgées in situ, à environ 106 jours sur jeunes plants sous serre ombrée. Le nombre de génération in-situ, est lié au facteur exposition ($p=0,03$) et au facteur organe ($p=0,00$). Par contre, sa distribution spatiotemporelle dépend de la période phénologique de l'arbre ($p=0,011$), de l'organe ($p=0,000$), de l'âge de l'organe et des expositions ($p= 0.009$). La fertilité est très dépendante du facteur temps ($p= 0,002$) et de la saison ($p=0,000$) où une éclosion massive des œufs de *P. ziziphi* est observée au printemps. La répartition est contagieuse sur les feuilles durant toute la durée de vie. L'incidence parasitaire globale, vue sa répartition spatiale différente de celle de la cochenille, n'a pas pu ni contrôler ni réduire les infestations importantes dans la région de la Mitidja.

Aonideilla aurantii est trois fois plus abondante sur citronnier que sur oranger. Le décalage de sa distribution temporelle dépend de la plante hôte, le stade biologique et leur interaction et les exigences nutritionnelles: sur l'oranger (adultes/octobre+décembre+janvier) sur citronnier (larves/ février+ mars+ aout). Le type de reproduction est principalement sexuée, assurée par quatre vols annuels de males adultes sur citronnier (74,15%) contre deux vols sur oranger. Trois générations annuelles (automnale, printanière, estivale) sont développées sur les deux plantes hôtes, avec trois importantes pullulations annuelles: une automnale sur l'oranger (11,49%) et deux printanière et estivale sur citronnier (8,95%). Les températures variant entre 08,21C° et 32,82C ° additionnée à une pluviométrie de 21,13mm à 70,63 mm, favorisent le développement optimal d'*A. aurantii*.

Par contre, *L. beckii* est plus abondante sur oranger avec l'influence remarquable de la plante hôte « poussées de sève » sur l'élévation du taux de larves et adultes en été durant le mois de juillet. Les températures moyennes variant entre 22C° et 36C° et une pluviométrie située entre 0mm et 20mm, semblent avoir un impacte important sur l'abondance et la distribution temporelle de ces populations. Les pluviométries abondantes du mois de septembre, décembre et mars, affectent les larves dépourvues de bouclier et facile à transporter par les ruissellements de l'eau sur les feuilles. L'émergence des males adultes et l'éclosion des œufs sont favorisés en saison estivale sèche, chaude et moins humide.

La relation physique des diaspiques est caractérisée par l'insertion du labium dans la cuticule puis l'épiderme, facilitant au stylet de se faufiler entre ou à travers les cellules du parenchyme palissadique et lacuneux, tout en évitant les glandes sécrétrices d'essence, jusqu'à l'atteinte du site de nourriture convenable pour chaque stade évolutif (la sève phloémienne ou le liquide intra-cellulaire et intercellulaire). La poussée de sève printanière, riche en protéines hydrosolubles et en calcium, pauvre en potassium sodium et magnésium agit positivement sur les pullulations. L'équilibre K/Ca adéquate joue un rôle limitateur de la pullulation de *P. ziziphi*. Les attaques de diaspiques provoquent la synthèse de poly phénols, notamment, les flavonoïdes, qui est corrélée positivement avec les abondances des populations. Le bactérium de *P. ziziphi*, comprend le type Cocci Gram+ (Staphylocoques) et bacilles Gram+ à rôle nutritionnel ou de transformation de composés toxiques secrétés par la plante pour leur profit. Les feuilles comprennent les bacilles Gram(+) à rôle probable dans la protection contre les composés toxiques de la plante et les bacilles Gram+ (Entérobactériacea) produisant le miellat. Le bactérium de la cochenille et de la feuille de citronnier infestée par *P. ziziphi* non semblables indique l'absence de transmission bactérienne de la cochenille *P. ziziphi* vers la plante hôte et vis- versa.

Mots clés : Diaspididae, Agrumes, Dynamique, relation physique, relation nutritionnelle, bactérium.

Abstract: The insect scales requires special attention in order to understand their vital biotic and abiotic requirements, in order to we will allow determining a method of effective and appropriate fight to the environment. The bioecologic study shows that the species studied (*Parlatoria ziziphi*, *Aonideilla aurantii* and *Lepidosaphes beckii*) with mode opophages diet, living on citrus but not having the same preferences for the same host species: *P. Ziziphi* appears more on Clementine, *L. beckii* on the orange and *A.aurantii* on the lemon tree. The change of the environmental conditions induces a change of host preference. *P.ziziphi* is used to choose the Clementine tree compared to other citrus in-situ, this choice, in the absence of sunlight, is oriented towards the lemon tree (40%) in first, then the Clementine tree (32%) and finally the orange tree (28%). The duration of life cycle is lengthened to 37 days on plants in-situ to 106 days on young plants safe from solar light. The number of generations in related on the factor exposure ($p= 0, 03$) and organ factor ($p=0, 00$). However, its spatiotemporal distribution depends on the period of phonology of the tree ($p=0, 01$), of the stage of developpement ($p= 0,000$) and cardinals exhibition ($p= 0,009$). Fertility is very dependent on the time factor ($p= 0,002$) and on the season ($p= 0,000$) where an important eggs hatching of *P. ziziphi* is observed in the spring. The distribution is contagious on the leaves during all the life time. The total parasitic incidence could neither to control not to reduce the important infestations on Clementine tree in the area of Mitidja. *Aonideilla aurantii* is three time more abundant on lemon tree than on orange tree. The host plant, biological stage and their interaction, and the nutritional requirements create a shift of temporal distribution of *A.aurantii* population: on the orange tree (adult/october+ December +January) on lemon tree (larvea/ February+march+ august). The type of production is mainly sexed and secured by four annual flights of adult mal on lemon tree (74, 15%) against two flighnts on orange. This scale insect develops 3 annual generations (autumnal, spring and summer) on both of hosts. But with three important annual infections: autumnal on the orange tree (11, 49%) and two in spring and summer on lemon tree (8, 95%). The temperature varying between 8, 21°C and 32, 82°C added to rainfall located between 21,13mm at 70,63mm, insure the optimal development of *A.aurantii*. On *L. beckii*, the factor « host plant » has a positive influence on the rise of the rate of larvae in summer, during the month of July. The average temperatures varying from 22°C to 36°C and rainfall located between 0 mm and 20 mm seem to have an important impact on temporal abundance and distribution of these populations. The abundant rainfall of September, December and March, affect first stage of larvae, easy to transport by run off water on the leaves, and deprived of a shield. The emergence of adult males and the blossoming of eggs are favoured in dry, warm and less humid season. The physical relationship of the diaspines is characterized by the insertion of labium in the cuticule then the skin, facilitating the way of stylet to thread enters or through the cells of the palisade and lacunars parenchyma cells, while avoiding the secretory glands of essential oil, until the arrival to the site of suitable food for each evolutionary stage (the sap phloemienne or cellular and intercellular cytoplasm). Nutrition belonging to the pushes of spring, rich in protein water-soluble, acts on the capacity of reproduction, on the adequate nutrition potassic and calcic which play a limiter part of the *P. ziziphi* population, on the sodium which influences the diaspines conversely. The attacks of Diaspididae cause the synthesis of polyphenols, in particular the flavonoids, which is positively correlated with the abundance of populations. The bacterium of *P.ziziphi* contains the Cocci Gram+ (Staph) and bacilli Gram+, who have a nutritional role or toxic compounds transformation, secreted by the plant for their profit. The leaves contain bacilli Gram+ with probable role in protection against the plant toxic compounds and the bacilli Gram+ (Enterobacteriaceae) producing honey dew. Therefore, the bacterium cochenineal and the leaves of citrus infested with this pest are not similar. What indicates that it is not there bacterial transmission between cochineals to the host-plant.

Keywords : Diaspididae, citrus, Dynamic, Physical relation, Nutritional relation, Bacterium.

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1: Principaux parasites de diaspiques.....	56
Tableau.2 : Quelques champignons utilisés dans la lutte contre les cochenilles diaspiques.....	56
Tableau 3: Evolution des superficies et des productions d'agrumes	68
Tableau 4: Evolution de la culture d'agrumes dans la wilaya de Blida.....	71
Tableau 5: Distance de plantation.....	77
Tableau 6 : La composition idéale d'un sol agrumicole en éléments.....	78
Tableau 7: Structure d'âge du verger agrumicole algérien.....	84
Tableau 8: Principaux ravageurs de cochenilles des agrumes.....	89
Tableau 9: Autres principaux ravageurs d'agrumes.....	90
Tableau 10 : Type de répartition de <i>P.ziziphi</i> sur les feuilles âgées et les jeunes feuilles du citronnier à la station expérimentale de Boufarik.....	113
Tableau 11: Type de répartition de <i>P.ziziphi</i> sur les feuilles âgées et les jeunes feuilles du clémentinier à la station expérimentale de Boufarik.....	113
Tableau 12: Degré d'infestation de <i>P.ziziphi</i> sur les deux variétés d'agrumes.....	116
Tableau 13: Degré d'infestation de <i>P.ziziphi</i> en fonction de l'âge des feuilles.....	117
Tableau 14: Fécondité moyenne de <i>P. ziziphi</i> en fonction du temps et des orientations sur les feuilles du clémentinier.....	120
Tableau 15: Incidence parasitaire de <i>Parlatoria ziziphi</i> selon les directions cardinales et le centre.....	122
Tableau 16: La durée du passage d'un stade évolutif à un autre chez <i>P. ziziphi</i> selon la plante hôte.....	125
Tableau 17: Analyse de la variance de l'évolution temporelle des stades évolutifs de <i>P.ziziphi</i> en fonction de ses plantes hôtes.....	126
Tableau 18: Analyse de la variance de l'évolution temporelle des stades évolutifs de <i>L.beckii</i> en fonction de ses plantes hôtes.....	172
Tableau 19: Analyse de variance, de l'évolution de l'abondance des stades évolutifs de <i>L.beckii</i> en fonction de ses plantes hôtes.....	172
Tableau 20: Étude du choix de l'hôte de <i>L.beckii</i> (Barycentre).....	173
Tableau 21: Variation de l'abondance saisonnière de <i>L. beckii</i>	175
Tableau 22: Variation temporelle de la période des vols des males de <i>L. beckii</i>	177
Tableau 23: Variation de la fécondité en fonction de la période de l'année, la plante hôte et l'abondance des males et des femelles.....	178
Tableau 24: Analyse des corrélations existantes entre les facteurs climatiques et la variation de la population de <i>L. beckii</i> , par le Test de corrélation linéaire.	180
Tableau 25: Préparation de la courbe d'étalon d'ovalbumine: (Voir annexe III).....	199
Tableau 26 : Préparation de la gamme étalon de Ninhydrine (Voir annexe III)	200
Tableau 27: Préparation de la gamme étalon d'acide gallique (Voir annexe IV).....	202
Tableau 28: Résultats de l'analyse de variance: Potassium (K).....	205
Tableau 29: Classement des moyennes pour le facteur 1: Temps.....	206
Tableau 30: Classement des moyennes pour le facteur 2: Variété.....	206
Tableau 31: Classement des moyennes pour le facteur 3: Age.....	206
Tableau 32: Analyse de variance: Sodium.....	209
Tableau 33: Classement des moyennes pour le facteur 1 : Temps	209
Tableau 34: Classement des moyennes pour le facteur 2 : Variété.....	210
Tableau 35: Analyse de variance: Calcium	212
Tableau 36: Classement des moyennes pour le facteur 1 : Temps.....	212
Tableau 37: Classement des moyennes pour le facteur 2 : Variété.....	213
Tableau 38 : Classement des moyennes pour le facteur 3 : Age	213
Tableau 39: Analyse de variance : Magnésium.....	216
Tableau 40: Classement des moyennes pour le facteur 1 : Temps.....	216
Tableau 41 : Classement des moyennes pour le facteur 2 : Variété.....	217
Tableau 42 : Classement des moyennes pour le facteur 3 : Age.....	217

Tableau 43 : Analyse de variance : Fer.....	219
Tableau 44: Classement des moyennes pour le facteur 1 : Temps.....	220
Tableau 45 : Classement des moyennes pour le facteur 2 : Variété	220
Tableau 46 : Analyse de variance : Cuivre	222
Tableau 47 : Résultats des tests biochimiques.....	251

Liste des figures	Pages
Figure 1: Différentes formes de Diaspididae.....	08
Figure 2: (a) Stade L ₁ mobile, (b) femelle adulte (c) exuvies imbriquées sur le (d) bouclier.....	11
Figure 3 : Vue du dessus du bouclier avec la vue de profil.....	12
Figure 4: Morphologie du corps du genre <i>Parlatoria</i> , <i>Lepidosaphes</i> et <i>Aonidiella</i>	13
Figure 5: Pygidium et palettes des diaspines (L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄) (<i>Mycetaspis juveninae</i>)...	14
Figure 6: Présentation du stylet.....	14
Figure 7: Male adulte de cochenille diaspine.....	15
Figure 8: Classification des Hémiptères.....	16
Figure 9: Cycle de vie des diaspididae.....	22
Figure 10 : Relation physique plantes diaspines	24
Figure 11: Coupe transversale et longitudinale montrant le trajet du stylet.....	27
Figure 12 : Photo de la femelle adulte et la prénymphe du mâle de <i>P. ziziphi</i>	36
Figure 13: Pygidium de la femelle de <i>P. ziziphi</i>	37
Figure 14: Répartition géographique mondiale de <i>P. ziziphi</i>	38
Figure 15: Pygidium d' <i>A. aurantii</i>	39
Figure 16: Carte de distribution géographique du pou rouge de Californie <i>A. aurantii</i> dans le monde.....	41
Figure 17: Pygidium de <i>L. beckii</i>	43
Figure 18: Répartition de <i>L. beckii</i> dans le monde.....	45
Figure 19: Répartition des trois diaspines inféodées aux agrumes en Algérie.....	48
Figure 20: <i>Cheletogenes ornatus</i>	54
Figure 21: Cocon de <i>Coniopteryx sp.</i>	54
Figure 22: Origine et extension des agrumes dans le monde.....	58
Figure 23: Principaux pays producteurs d'agrumes dans le monde.	59
Figure 24: Répartition géographique de la production mondiale d'agrumes (Moyenne sur la période 2009-2010).....	60
Figure 25: Diagramme de l'évolution de la production mondiale d'agrumes totale ainsi que par produit de 1961 à 2010 en tonnes. (http://fr.wikipedia.org/wiki/Agrum).....	62
Figure 26: Répartition des vergers d'agrumes en Algérie par zone.....	65
Figure 27: Répartition des vergers d'agrumes en Algérie par wilaya.....	66
Figure 28. Evolution de la production de 4 agrumes en Algérie en quintaux de 1996 à 2006.....	67
Figure 29: Évolution de la production globale agrumicole en Algérie en quintaux de 1996 à 2006.....	67
Figure 30: Distribution géographique des superficies complantées en Algérie par Wilaya en 2010.....	69
Figure 31: Situation géographique de la Mitidja (Source: Programme d'aménagement côtier).....	92
Figure 32: Localisation de Blida dans le Climagramme d'Emberger.....	94
Figure 33: Situation géographique des sites d'étude dans la plaine de la Mitidja	96
Figure 34: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région d'étude (a : 1998 à 2008, b : 2008).....	97
Figure 35: Présentation du verger de clémentinier situé dans la région de Boufarik.....	98
Figure 36: Présentation des parcelles d'étude de la région de Boufarik (clémentinier).....	99
Figure 37: Présentation de la région d'étude de Rouiba.....	100
Figure 38: Présentation des parcelles d'étude de la région de Rouiba (a: oranger, b: citronnier).....	101
Figure 39: Présentation des plants des trois espèces d'agrumes: a. (<i>Citrus limon</i>), b. (<i>Citrus Washington Navel</i>) et c. (<i>Citrus clementina</i>).....	101
Figure 40: Présentation de la méthode d'infestation des plants sains par les larves mobiles de	

<i>ziziphi</i>	102
Figure41: Fluctuations globales et temporelles de la dynamique de la population de <i>P.ziziphi</i>	104
Figure 42: Fluctuations globales selon les orientations.....	105
Figure 43: Fluctuation globale des populations de <i>P. ziziphi</i> en fonction des organes végétaux (feuilles et rameaux).....	105
Figure 44: Fluctuations globale et temporelle des populations de <i>P. ziziphi</i> (Test: G.L.M).....	106
Figure 45:Fluctuations des populations de <i>P. ziziphi</i> en fonction des orientations dans région de la Mitidja (Test:G.L.M).....	107
Figure 46: Analyse comparative des populations de <i>Parlatoria ziziphi</i> sur (feuilles et rameaux) stG.L.M).....	107
Figure 47: Dynamique comparée de <i>P. ziziphi</i> au nord de l'arbre en fonction des supports (feuilles et rameaux).....	109
Figure 48: Dynamique comparée de <i>P. ziziphi</i> au sud de l'arbre en fonction des supports (feuilles et rameaux).....	110
Figure 49: Dynamique comparée de <i>P. ziziphi</i> à l'est de l'arbre en fonction des supports (feuilles et rameaux).....	111
Figure 50:Dynamique comparée de <i>P.ziziphi</i> à l'ouest de l'arbre en fonction des supports (feuilles et rameaux).....	112
Figure 51: Fluctuations comparées des larves et adultes au centre de l'arbre en fonction supports (feuilles et rameaux).....	113
Figure 52: Evaluation du taux d'infestation de <i>Pissodes strobi</i>	115
Figure 53: Taux d'infestation par <i>P.ziziphi</i> sur les deux variétés d'agrumes en fonction de l'âge des feuilles.....	117
Figure 54 : Variation des effectifs de <i>P.ziziphi</i> durant la période d'étude sur les deux variétés d'agrumes.....	118
Figure 55: Nombre de générations de <i>P.ziziphi</i> sur les feuilles du clémentinier de Mitidja.....	119
Figure 56: Fécondité moyenne (n=10) de <i>P. ziziphi</i> en fonction des orientations (Test G.L.M).....	121
Figure 57: Fluctuations globale et temporelle du nombre d'œufs de 10 femelles de <i>P. zizi</i> (Tes: G.L.M).....	121
Figure 58: Fluctuations temporelle de l'incidence parasitaire sur <i>P. ziziphi</i> en fonction des directions cardinales (Test: G.L.M).....	123
Figure 59: Variation de l'abondance globale des populations de <i>P. ziziphi</i> .selon les trois plantes hôtes.	125
Figure 60: Variation de l'abondance temporelle de <i>P. ziziphi</i> selon les trois plantes hôte.....	126
Figure 61: L'évolution temporelle des stades évolutifs de <i>P. ziziphi</i> en fonction la plante h (Test: GLM).....	127
Figure 62: Variation de l'abondance des stades de développement de <i>P.ziziphi</i> sur les tr plantes hôtes.....	127
Figure 63: La variabilité de la fécondité selon la plante hôte (a) et la période d'étude. (b).	128
Figure 64:Abondance globale d' <i>A.aurantii</i> sur l'oranger et le citronnier.	134
Figure 65: Analyse de la variance de l'abondance globale selon les stades évolutifs larvaires et adultes d' <i>Aaurantii</i> , en modèle GLM.....	134
Figure 66:Variation temporelle globale de la population d' <i>A.aurantii</i> sur citronnier et oranger.	135
Figure 67:Variation spatiotemporelle du stade larvaire d' <i>A. aurantii</i> sur citronnier et oranger.....	136
Figure 68:Variation spatiotemporelle du stade adulte d' <i>A. aurantii</i> sur citronnier et oranger.....	137
Figure 69:Analyse de la variation temporelle de la population larvaire et adulte selon le model GLMsur les deux plantes hôtes.....	138

Figure 70: Analyse en composantes principale (ACP) sur les variations temporelles selon la plante hôte.....	139
Figure 71: Analyse en composantes principale (ACP) sur les variations temporelles selon la plante hôte.....	139
Figure 72 : Fluctuations tout stade confondus d' <i>A.aurantii</i> sur oranger et citronnier.....	140
Figure 73: Abondance saisonnière du premier stade larvaire (L ₁) d' <i>A. aurantii</i>	141
Figure 74: Analyse en composantes principale(ACP) sur les variations temporelles d' <i>A. aurantii</i> sur citronnier et sur oranger.....	142
Figure 75:Nombre de génération d' <i>A. aurantii</i> sur le citronnier et oranger Mitidja.....	143
Figure 76: Analyse comparative des périodes de vol des mâles sur citronnier et oranger.....	144
Figure 77: Analyse de la variation des abondances du vol des mâles et l'abondance des femelles adultes sur oranger.....	145
Figure 78: Analyse de la variation des abondances du vol des mâles et l'abondance des femelles adultes sur citronnier.....	146
Figure 79: Relation entre les températures minimales et maximales sur l'évolution des populations d' <i>A.aurantii</i> sur citronnier et oranger.....	148
Figure 80: Relation entre les températures minimales et maximales sur l'évolution l'évolution des larves d' <i>A. aurantii</i> sur oranger et citronnier.....	148
Figure 81: Relation entre les températures et l'évolution de la population larvaires d' <i>A. aurantii</i> sur oranger.....	150
Figure 82: Ajustement des fluctuations des températures moyennes, minimal maximales et des abondances des populations larvaires d' <i>A. aurantii</i> au model Motomura.....	150
Figure 83 : Effet des températures minimales et maximales sur l'évolution des adultes d' <i>A.aurantii</i> sur citronnier et oranger.....	151
Figure 84: Ajustement des fluctuations des températures moyennes, minimal maximales et des abondances des populations adultes d' <i>A. aurantii</i> au mo Motomura.....	151
Figure 85: Effet des températures maximales et minimales sur la période de fécondation chez <i>A.aurantii</i> sur citronnier et sur oranger.....	152
Figure 86: Effet des pluviométries sur l'évolution de la population globale d' <i>A.aurantii</i> citronnier et sur oranger.....	153
Figure 87: Ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes et des abondances des populations globales d' <i>A. aurantii</i> au model Motomura sur citronnier et l'oranger.	153
Figure 88: Effet des pluviométries sur l'évolution de la population larvaires d' <i>A. aurantii</i> citronnier.	154
Figure 89: Ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes et des abondances des populations larvaires d' <i>A. aurantii</i> au model Motomura sur citronnier.....	155
Figure 90: Effet des pluviométries sur l'évolution des adultes d' <i>A.aurantii</i> sur le citronnier sur l'oranger	155
Figure 91: Ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes et des abondances des populations adulte d' <i>Aurantii</i> au model Motomura sur le citronnier l'oranger.....	156
Figure 92: Effet de l'hygrométrie sur l'évolution des puparias vides d' <i>A.aurantii</i> sur citronnier et sur l'oranger.....	156
Figure 93:L'Ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes et des abondances des puparias des mâles adultes d' <i>A. aurantii</i> au model Motomura sur le citronnier sur l'oranger.....	157
Figure 94: Abondance de la population globale de <i>L. beckii</i> sur les plantes hôtes.....	168
Figure 95: Variation de l'abondance globale des populations des adultes et des larves	

<i>L.beckii</i> sur deux plantes hôtes.....	168
Figure 96: Représentation des courbes de synthèse pour la variation temporelle de population globale de <i>L.beckii</i> sur plantes hôtes.....	169
Figure 97: Variation de l'abondance temporelle des adultes de <i>L. beckii</i> sur les deux plantes hôte.	170
Figure 98 Variation de l'abondance temporelle des larves de <i>L.beckii</i> sur les deux plantes hôte.	171
Figure 99: L'évolution de l'abondance totale de <i>L. beckii</i> et des stades évolutifs selon la plante hôte et la période de l'année.....	172
Figure 100: L'évolution saisonnière des larves de <i>L.beckii</i> selon la plante hôte.	174
Figure 101: L'évolution saisonnière des adultes de <i>L.beckii</i> selon la plante hôte.....	174
Figure 102: Ajustement de l'évolution saisonnière des mâles de <i>L.beckii</i> selon la plante hôte (model Motomura).....	175
Figure 103: Variation de l'abondance globale saisonnière de <i>L. beckii</i>	175
Figure 104: Variation de l'abondance saisonnière du stade larvaire et adulte de <i>L.beckii</i> sur les deux plantes hôtes.....	176
Figure 105: Variation temporelle de la période de fécondation.....	176
Figure 106: Présentation de la variation temporelle de l'abondance des puparias vides de <i>L. beckii</i> sur les deux plantes hôtes.....	177
Figure 107: Evolution des populations globales, larvaires et adultes de <i>L.beckii</i> en fonction des températures et de la pluviométrie (2009-2010).....	179
Figure 108: Préparation de feuilles sectionnées.....	187
Figure 109: Réalisation des coupes histologiques au microtome.....	189
Figure 110: Relation physique de la cochenille <i>Parlatoria ziziphi</i> avec sa plante hôte...	
Figure 111: Vue globale d'une feuille de clémentinier infestée par <i>P. ziziphi</i>	190
Figure 112: Point d'insertion et trajet du stylet de <i>P. ziziphi</i> , la lyse de cellule de la feuille de clémentinier et son trajet entrepris (Gr : 10×).....	191
Figure 113: Trajet du stylet dans le parenchyme lacuneux (Gr : 40× et 100×).....	192
Figure 114: Trajet du stylet dans le parenchyme palissadique (Gr : 40× et 100×).....	193
Figure 115: Trajet du stylet dans les nervures (xylème (Xy) et phloème (Phl)) de feuilles de clémentinier.....	193
Figure 116: Vue générale sur l'évitement du stylet pour la glande sécrétrice d'huile essentielle.....	195
Figure 117: Evitement de la glande sécrétrice d'huile essentielle par le stylet (40×).....	195
Figure 118: Préparation de la courbe d'étalon d'ovalbumine (Voir annexe III).....	199
Figure 119 : Préparation de la gamme étalon de Ninhydrine (Voir annexe III).....	200
Figure 120a : Extraits polyphénoliques de feuilles d'agrumes.....	201
Figure 120b _{1,2} : Préparation de la gamme étalon d'acide gallique et de Quercitine (voir annexe IV).....	202
Figure 121 : Méthode d'extraction des flavonoides.....	203
Figure 122 : Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction des taux du potassium sur le citronnier.....	208
Figure 123 : Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction des taux du potassium sur le clémentinier.....	208
Figure 124 : Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction des taux du sodium sur le citronnier.....	210
Figure 125 : Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction des taux du sodium sur le clémentinier.....	211
Figure 126: Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux de Calcium sur le citronnier.....	215
Figure 127: Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux de Calcium sur le clémentinier.....	215
Figure 128: Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux de magnésium sur le citronnier.....	218
Figure 129: Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux de magnésium	

sur le clémentinier.....	219
Figure 130: Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux du fer sur le citronnier.....	221
Figure131: Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux du fer sur le clémentinier.....	221
Figure 132: Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux du cuivre sur le citronnier.....	223
Figure 133: Fluctuations des populations de <i>P.ziziphi</i> en fonction du taux du cuivre sur le clémentinier.....	223
Figure 134: La concentration de protéines dans les feuilles saines et les feuilles infectées du citronnier (<i>Citrus limon</i>).....	224
Figure 135: la concentration des acides aminés dans les feuilles saines et les feuilles infectées du citronnier (<i>Citrus Limon</i>).....	225
Figure 136: Fluctuations des polyphénols et des abondances des populations d' <i>A. aurantii</i> selon la teneur en polyphénols des feuilles de citronnier.....	227
Figure 137: Variation des flavonoïdes en relation avec la pullulation de <i>A. aurantiii</i> dans les feuilles d'oranger.....	227
Figure 138: Variation des flavonoïdes en relation avec la pullulation d' <i>A. aurantiii</i> dans le feuilles de citronnier.....	228
Figure 139: Variation des flavonoïdes en relation avec la pullulation d' <i>A. aurantiii</i> dans le feuilles de l'oranger.....	228
Figure 140: Variation de la densité et rendement des flavonoides en relation avec pullulation d' <i>P. ziziphi</i> dans les feuilles de clémentinier.....	228
Figure 141: Les différentes dilutions et cultures du broyat de la cochenille.....	234
Figure 142: Les différentes dilutions du broyat de feuilles de citronnier infestées.....	234
Figure 143 : Les différentes dilutions de la culture du bactérium de la cochenille.....	235
Figure 144: Aspect du milieu Chapman avant et après utilisation par les bactéries.....	237
Figure 145: Aspect des milieux : Hektoen avant et après utilisation par les bactéries.....	238
Figure 146: Méthode d'ensemencement bactérienne.....	238
Figure 147: Test de catalase.	240
Figure 148: Réaction VP.....	241
Figure 149: Explication de la réaction RM.	242
Figure 150: Voie de fermentation de mannitol.....	242
Figure 151: Les différents cas d'utilisation des sucres de TSI.	244
Figure 152: Citrate de Simmons.....	245
Figure 153: Les cultures des différentes dilutions du broyat de la cochenille.....	246
Figure 154: Les cultures des différentes dilutions des broyats des feuilles.....	247
Figure 155 : Les bactéries isolées: - du broyat de la cochenille et du broyat des feuilles de citronnier infestées par <i>P.ziziphi</i>	248
Figure 156 : Ensemencement de broyat de la cochenille dans le milieu Hektoen.....	149
Figure 157 : Ensemencement de broyat de la cochenille dans le milieu Chapman.....	249
Figure 158: Aspect du milieu Chapman et Hektoen après l'ensemencement de broyat de feuilles de citronnier infectées.....	250

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

PARTIE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

<i>Chapitre I : Données générales sur les Diaspididae</i>	Page
1. Caractéristiques générales	7
2.1. Caractères macroscopiques.....	7
2.2. Caractères microscopiques.....	11
2. Position taxonomique	16
3. Biologie de reproduction	16
3.1. Mode de reproduction des diaspines.....	17
4. Relation diaspines-plantes hôtes.....	22
4-1. Relation physique.....	24
4-2. Relation chimique.....	29
4-2-1. Relation Nutritionnelle et défensive.....	29
4.2.2. Composés allélochimiques.....	30
4.2.3. Effets des composés allélochimiques sur l'insecte.....	33
5. Relation plante hôte diaspines.....	35
6. Description des trois diaspines inféodées aux agrumes en Algérie.....	35
6-1. <i>Parlatoria ziziphi</i>	35
6-2. <i>Aonidiella aurantii</i>	39
6-3. <i>Lepidosaphes beckii</i>	42
7. Répartition géographique des diaspines inféodées aux agrumes en Algérie.....	47
8. Dégâts et importance économique des diaspines.....	48
9. Facteurs de pullulations.....	51
9-1. Facteurs abiotiques.....	51
9.2 – Facteurs biotiques.....	52
9.2.1. Les ennemis naturels des diaspines.....	52

Chapitre II: Présentation de la plante hôte: les agrumes

1. Origine et histoire de la propagation des agrumes.....	57
2. Répartition des agrumes	59
3. Importance économique des agrumes.....	60
3.1 - Dans le monde.....	60
3.2 - En Algérie.....	64
4. Phénologie des agrumes	72
5. Les exigences des agrumes.....	73
5.1. Exigences agro-pédoclimatiques.....	73
5.1.1. Le climat.....	73
5.1.2. Le sol.....	76
6. Etat des vergers agrumicoles Algériens	84
6. 1. Le vieillissement du verger d'agrumes	84
6.2. Etat sanitaire du verger agrumicole en Algérie.....	84
6.3. Les accidents physiologiques.....	85
6.4. Les problèmes phytosanitaires.....	85
6.4.1. Les maladie.....	85
6.4.2. Les principaux ravageurs des agrumes.....	87

PARTIE 2: RECHERCHE EXPERIMENTALE

Chapitre III : Dynamique des populations des trois espèces de cochenilles in-situ.....	91
1.-.Présentation de la Mitidja.....	91
1.1.-. Situation géographique	91
1.2. Caractéristiques climatiques de la Mitidja	92
1.3.-. Position climatique de la région.....	93
1.4.-.Paramètres édaphiques.....	94
2.-. Dispositif expérimental/Description des sites d'étude.....	95
2.1.-. Choix des sites d'étude.....	95
2.2.-. Situation actuelle des vergers d'étude	95
2.3.-.Situation des vergers expérimentaux étudiés.....	97
3.-. Dynamique des populations de <i>Parlatoria ziziphi</i> in-situ.....	102
3.1.- Méthode d'échantillonnage et de dénombrement des diaspines.....	102
3.2.-. Résultats.....	103
3.2.1.-. Dynamique comparée de <i>P. ziziphi</i> au champ.....	104
3.2.2.-. Dynamique des stades biologiques larvaires et adultes sur clémentinier.....	108
3.2.3.-. Comparaison de la dynamique de <i>P. ziziphi</i> sur clémentinier et citronnier.....	113 119
3.2.4.-. Détermination du nombre de génération sur clémentinier.....	119
3.2.5.-. Fécondité de <i>P.ziziphi</i> sur clémentinier.....	121
3.2.6.-. Incidence parasitaire global sur <i>P. ziziphi</i> sur clémentinier.....	123
3.2.7.-.Influence de la lumière sur le développement de <i>P. ziziphi</i> sur clémentinier, citronnier et oranger sous serre ombrée.....	124
3.2.7.1. Influence sur la longévité (durée de cycle).....	125
3.2.7.2 Influence sur le développement de la population globale.....	126
3.2.7.3 Influence sur le développement des populations des stades évolutifs de <i>P. ziziphi</i> selon la plante hôte.....	127
3.2.7.4 Influence sur la fécondité.....	128
3.3. Discussion.....	131
3.4. Conclusion.....	132

4- Etude de la relation entre <i>Aonideilla aurantii</i> et sa plante hôte.....	133
4.1. Résultats.....	133
4.1.1. Analyse de la variation des abondances globales <i>d'A. aurantii</i>	136
4.1.2. Analyse de la variation des abondances temporelles globales des stades biologiques sur les deux plantes hôtes.....	138
4.1.3. Analyse en composante principale (ACP) sur les variations temporelles <i>d'A. aurantii</i> sur citronnier et sur oranger.....	140
4.1.4. Détermination du nombre de génération.....	143
4.1.5. Détermination de la période de fécondation <i>D'A.aurantii</i>	144
4.1.6. Etude de type de reproduction <i>d'A ;aurantii</i>	146
4.1.7. Etude de l'influence des facteurs climatiques (Température et pluviométrie) sur la bio écologie <i>d'A.aurantii</i>	157
4.2. Discussion.....	165
4.3. Conclusion.....	168
5- Etude de la relation entre <i>Lepidosaphes. beckii</i> et sa plante hôte.....	168
5.1. Résultats.....	168
5.1.1. Analyse de la variation des abondances globale de <i>L. beckii</i>	170
5.1.2. Analyse de la variation des abondances temporelles globale des stades biologiques	173
5.1.3. Etude du choix de l'hôte par <i>L. beckii</i>	173
5.1.4. Etude de la variation des abondances de la population de <i>L. beckii</i> selon les saisons.....	176
5.1.5. Etude de la période de reproduction.....	178
5.1.6. Etude de la variation de la période de reproduction.....	178
5.1.7. Etude de l'influence des facteurs climatiques sur l'abondance et la distribution des populations de <i>L. beckii</i>	180
5.2. discussion.....	182
5.3. Conclusion.....	183
 Chapitre IV: Relations nutritionnelles cochenilles diaspines plantes hôtes	
Généralité.....	185
1- Relation physique diaspine-plante hôte.....	186
1.1.- Matériels et méthode.....	188

1.2.- Résultats et discussion.....	188
1.2.1 - Reconnaissance de site de nourriture.....	189
1.2.2 - Relation physique.....	196
1.3.- Conclusion.....	
2.- Relation chimique plante hôte-diaspine.....	196
2.1.- Matériel et méthodes.....	196
2.1.1.- Préparation des poudres végétales.....	196
2.1.2.- Dosage de la fraction minérale.....	197
2.1.3.- Dosage de la fraction organique	198
2.1.3.1. Les protéines totales hydrosolubles.....	199
2.1.3.2. Les acides aminés.....	199
2.1.4.-Dosage des composés polyphénoliques.....	200
2.1.4.1 – Dosages des polyphénols totaux.....	200
2.1.4.2 - Dosage des flavonoïdes totaux.....	203
2.2. Résultats.....	204
2.2.1- Fluctuations des populations de <i>P. ziziphi</i> selon les taux d'éléments minéraux dans les feuilles.....	204
2.2.1.1 - Potassium (K).....	205
2.2.1.2- Sodium.....	209
2.2.1.3- Calcium.....	212
2.2.1.4- Magnesium.....	216
2.2.1.5- Fer.....	219
2.2.1.6. Cuivre.....	222
2.2.2 - Relation biochimique.....	224
2.2.2.1 - Relation avec les protéines totales.....	224
2.2.2.2.- Relation avec les acides aminés.....	224
2.2.3 - Relation diaspines-composés polyphénoliques	226
2.3.- Conclusion.....	230
3 - Relation microbiologique diaspines /plante hôte.....	195
3.1.- Matériel et Méthode de travail.....	231
3.1.1. Identification du bactérium de <i>P.ziziphi</i>	232
3.1.1.1 - Identification morphologique bactérienne de <i>P.ziziphi</i>	235
3.1.1.2.-. Étude biochimique.....	239
3.2 - Résultats et discussion.....	246
3.3 – Conclusion.....	254
CONCLUSION GENERALE.....	255
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	262
ANNEXES	
PUBLICATIONS	

Introduction générale

L'Algérie, dont la population augmente d'une année à l'autre (près de 37.900.000 habitants selon les chiffres ONS 2013), souffre d'un déficit en denrées alimentaires, notamment les agrumes. Durant ces dernières années surtout, la production d'agrumes n'arrive guère à satisfaire les besoins de consommation locale, ni à dégager un surplus destiné à l'exportation, ni en mesure par voie de conséquence, de préserver les emplois existants, ni d'en créer d'autres nouveaux et assurer ainsi un niveau de revenus suffisant pour le maintien et l'entretien de la population active.

Le terme "agrumes" recouvre différents types de fruits d'une grande importance d'une part, pour leur nature pérenne, qui les caractérise d'éléments de restauration des équilibres écologiques après la déforestation (Westphal *et al*, 1985), d'autre part, parce qu'ils constituent des sources de revenus pour ceux qui les produisent et d'apports nutritionnels de qualité, notamment, pour leur richesse en éléments minéraux, en vitamines, en fibres (Economos & Clay, 1998) et en sucre nécessaire à la production de l'énergie dont le corps humain a besoin. La consommation d'agrumes est aussi très appréciée pour leur composés bénéfiques pour les défenses immunitaires, le système veineux, la vision, la nervosité, la digestion (Virbel-alonso, 2011). Les scientifiques pensent que les agrumes renferment des antioxydants (vitamine C), des flavonoïdes qui jouent un rôle dans la prévention et la limitation du développement de certains cancers (Surh, 2003; Virbel-Alonso, 2011), des polyphénols à rôle d'antiseptique, antibactérien, antifongique, anti vieillissement cellulaire, ou dégénératives, anti-cancer, anti-arthrite et aussi contre l'ostéoporose et le diabète (type II) etc. (Amarowicz, Dykes et Pegg, (2008) ; Aslam, *et al.* (2006); Bafi-Yebo, Arnason, Baker et Smith (2005); Fukai, Kaitou et Terada (2005) ; Federico, *et al.* (2007); Ammar, *et al.* (2009); Atmani, *et al.* (2009); Goetz (2007); Halliwell (1996), ainsi que leurs fibres et leur grande teneur en eau (80 à 85%).

La région méditerranéenne joue un rôle prédominant en tant qu'exportatrice d'agrumes frais, avec près de 7363.9 millions de tonnes du volume global (FAO, 2012). L'Algérie, par sa situation géographique, son climat et la qualité de sa production, peut à juste titre prétendre occuper sur les places mondiales une position de choix. En effet l'Algérie faisait partie des grand pays producteurs d'agrumes du bassin méditerranéen. En 1960, les agrumes entraient dans 20% dans la valeur de la production agricole (Mutin, 1977). En 2010-2011, la production totale des agrumes a atteint 571 millions de tonnes dont 97% destinés à la consommation en

frais. (FAO, 2012). Cependant, malgré la hausse en surfaces cultivées des agrumes, la production agrumicole algérienne se trouve confrontée à plusieurs contraintes dont l'apparition des problèmes liés essentiellement au vieillissement des vergers, aux techniques culturales inadéquates et surtout les problèmes d'ordre phytosanitaire provoqués par de nombreux bio-agresseurs qui peuvent également être des vecteurs de maladies bactériennes (greening) ou virales (tristeza). Les principaux insectes ravageurs des agrumes sont la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae), les pucerons (*Aphis gossypii* et *Toxoptera aurantii*), les cochenilles diaspines (*Aonidiella aurantii*, *Parlatoria ziziphi* et *Lepidosaphes beckii*) et les psylles (*Diaphorina citri*, *Tryoza erytrae*) (Aubert, 1992 ; Mariau, 1999 ; Tamesse *et al*, 2002). *Elsinoe spp.* et la gommose (*Phytophthora spp.*) sont des affections dues aux champignons sur agrumes et dont les dégâts peuvent être considérables.

Les symptômes dus aux différentes attaques et infestations rendent les fruits impropres à la consommation, à la conservation et à l'exportation privant ainsi le pays de recettes en devises. Afin de faire face à ces contraintes de baisse de rendements, plusieurs moyens de lutte basés sur l'utilisation des produits chimiques sont proposés. Or, leur emploi immodéré et non réfléchi se traduit finalement par des pullulations insolites et anormales non seulement de populations d'insectes ravageurs notamment, dont les cochenilles, les pucerons, les thrips mais aussi les acariens et même l'apparition de nouveaux ravageurs appartenant à des espèces normalement peu agressives (Balachowsky, 1962).

Les cochenilles diaspines se placent comme le principal problème en culture d'agrumes. Les dégâts directs et indirects que ces insectes ravageurs provoquent sont liés à leur mode d'alimentation. En effet, comme tous les Homoptères, ces membres de la famille des *Diaspididae* sont des piqueurs-suceurs qui se nourrissent de la sève élaborée issue du phloème de leurs hôtes (Chinery, 2005). Leurs piqûres peuvent provoquer des lésions chlorotiques mais engendrent surtout une réduction de la croissance des jeunes pousses voire de la plante, ainsi que des crispations du feuillage liées à leur salive toxique (Brachet, 2011 ; Lecoq *et al.*, 2012). Par ailleurs, la présence de ces nuisibles engendre d'importants dégâts indirects. Le miellat excrété par ceux ci sert de substrat à des champignons saprophytes, les fumagines, qui se développent sur les feuilles les rameaux et les fruits, limitant ainsi la

photosynthèse de la plante et vont jusqu'à l'étouffer (Leroy *et al.*, 2009). Trois éléments majeurs font des cochenilles Diaspines des bioagresseurs difficilement contrôlables en culture : leur mode de reproduction parthénogénétique, couplé à un chevauchement des générations où la formation des embryons d'un individu s'effectue alors qu'il se trouve encore à l'intérieur de sa mère (Dixon, 1992), et leur développement rapide.

Selon Biche (2013), les cochenilles diaspines (cochenilles à bouclier) sont l'un des groupes d'insectes qui constitue les agresseurs les plus importants sur de nombreuses essences fruitières et forestières, occasionnant des dégâts et des pertes économiques énormes, surtout aux agrumes. Beaucoup d'espèces de Diaspididae sont également des organismes de quarantaine, préoccupants, qui exigent la programmation d'actions de prévention afin de limiter leur propagation par l'exportation de produits (Gullar, 2001; Miller, 2005; Miller *et al.*, 2005), tel que le Pou noir *Parlatoria ziziphi* spécifique aux *Citrus* (Anthony, Catllin et Smith, sd; Miller & Davidson, 1990), qualifié de " cochenille la plus difficile à combattre" par Praloran (1971) et déclaré comme organisme de quarantaine aux USA et au Chili , aux annexes DOM (Quilici, 2003).

Quatre espèces de la famille des Diaspididae (Hemiptera) demeurent des ravageurs redoutables pour l'arboriculture fruitière, notamment l'agrumiculture, considérés comme des cochenilles les plus fréquemment rencontrées sur agrumes (EPPO/OEPP, 2001) et que nous avons classées selon nos observations par ordre de leur virulence, *Parlatoria ziziphi* Lucas espèce spécifique aux agrumes, *Aonidiella aurantii* Maskell espèce très polyphage attaque toutes les variétés d'agrumes sur lesquelles provoque des dommages importants dans le monde, *Lepidosaphes beckii* Newman qui est rarement rencontré sur d'autres plantes que le Citrus et *Cryosomphalus dictyospermi* Morgan qui est cosmopolite et polyphage. Quoique les agrumes exigent un niveau d'humidité élevé favorisant ainsi l'installation de ces redoutables ravageurs. Ces espèces sont envahissantes, nuisibles souvent difficiles à discerner, repérables seulement quand le niveau des dégâts est très important.

De nombreux travaux ont été entrepris sur la biosystématique des cochenilles diaspines en Algérie (Saighi et Doumanji, 1998 et Belguendouz et Biche, 2006) et la bioécologie de

quelques diaspines ravageurs des agrumes, notamment, *Parlataria ziziphi* (Balachowsky et Mesnil 1935; Ouzzani, 1984; Zellat, 1989; Lasnami, 1992; Zekri, 1993; Biche et Sellami, 2002; Meziane, 2007), *Lepidosaphes beckii* (Jefjaf, 1978; *Khoudour*, 1980; Mouandza, 1990; Chouchaoui, 1991) et *Aonidiella aurantii* (Kihel, 1992; Nebri, 1994; *Haddar en 2002*; Biche *et al.*, 2012; Belguendouz *et al.*, 2013).

D'une façon générale, les dégâts économiques causés par ces cochenilles sont souvent particulièrement difficiles à quantifier (Kosztarab, 1990). Les producteurs algériens d'agrumes rencontrent des difficultés dans la gestion phytosanitaire des vergers agrumicoles, surtout contre les attaques causées par des espèces de la famille des diaspines, ce qui présente une problématique importante pour l'efficacité des traitements. Cette difficulté est liée à la non compréhension de la relation bio-physicochimique et nutritionnelle de ces ravageurs avec leur plantes hôtes et le milieu. Schvester (1959) considère que la plante hôte intervient comme un véritable facteur écologique, dont l'action se superpose à celle des facteurs climatiques. Mac Arthur (1972) signale par ailleurs, qu'il existe d'étroites relations entre la qualité et la diversité des ressources alimentaires disponibles, l'abondance et la distribution des communautés animales.

En Algérie, l'apport de connaissances sur la biologie des cochenilles diaspines des agrumes en relation avec leur milieu et les méthodes de lutte pratiquées, reste très limité. Jusqu'à présent, aucun groupe de recherche n'a initié une recherche approfondie de nature analytique sur la relation cochenilles diaspines-plante hôtes. Cette dernière, est une donnée fondamentale dans l'interprétation des mécanismes de variation d'abondance et de distribution temporelle du ravageur dans son habitat naturel, afin de comprendre l'impact du facteur plante hôte, de température et d'hygrométrie sur le développement de la cochenille. Ainsi, cette connaissance est un moyen d'envisager des stratégies d'intervention de lutte efficaces au moment opportun, dans le but d'améliorer les rendements et de protéger les productions agrumicoles surtout avant la maturité des fruits afin de les rendre propre à la consommation et acceptable à la commercialisation.

Le but poursuivi dans ce travail de thèse de doctorat, consiste à étudier **les interactions plantes hôtes-cochenilles Diaspines** (Homoptera: Diaspididae) :

le Pou noir de l'oranger (*Parlatoria ziziphi*), le Pou rouge (*Aonidiella aurantii*) et la cochenille virgule (*Lepidosaphes beckii*) dans trois vergers d'agrumes de la Mitidja Centrale.

Les études réalisées dans cette thèse répondent à trois questions principales:

Comment se répartissent les trois espèces de Diaspines spatialement et temporellement, à l'échelle de la parcelle?

Quelle relation y a-t-il entre les facteurs physiques, nutritionnels et climatiques et le flux potentiel des trois espèces sur les cultures agrumicoles ciblées.

Comment se présentent les infestations comparées sur les trois espèces d'agrumes étudiées (clémentinier, oranger, citronnier).

Cette thèse gravite autour de cinq chapitres:

Les chapitres 1 et 2 comportent une revue bibliographique sur les ravageurs diaspines situant le contexte général et particulier de ces cochenilles à bouclier et une présentation des agrumes.

Les chapitres 3 et 4 traitent de l'approche méthodologique de cette étude, des résultats et discussions obtenus sur la dynamique des populations des trois cochenilles diaspines et la relation de leur abondance en fonction des éléments biotiques et abiotiques, et enfin, nous terminons ce travail, par une conclusion générale assortie de perspectives.

Partie 1:
Revue bibliographique

Chapitre I :
Données générales sur les
Diaspididae

Chapitre I: Données générales sur les Diaspididae

Introduction

Les Coccoidea, communément appelés «cochenilles» ou vulgairement «poux de plantes» sont des insectes piqueurs suceurs recouverts soit d'un bouclier, soit d'une carapace cireuse soit d'une sécrétion cotonneuse, soit nues.

Les cochenilles sont regroupées dans différentes familles, parmi lesquelles nous avons les Diaspididae ou diaspines. Cette famille est la plus évoluée des cochenilles (Coccoidea), très homogène et regroupe environ 1700 espèces réparties dans 350 genres (Panis, 1979). Quatre cent (400) espèces sont d'origine néarctique et le reste sont d'origine paléarctique. Actuellement on compte 409 genres et 2504 espèces de Diaspididae (<http://www.scalenet/scalenet.htm>).

Les Diaspididae sont exceptionnelles lorsqu'on les compare aux autres cochenilles, aux hémiptères ou même aux insectes en général. Par exemple, elles fabriquent un bouclier protecteur en dessous duquel elles restent cloîtrées la majeure partie de leur existence et elles ne produisent pas de miellat.

Bien qu'elles causent des dommages aux végétaux, moins de 10% des espèces connues ont des impacts sur les cultures. Leurs boucliers mesurent rarement plus de 3 mm et sont difficiles à observer. Toutefois, leur présence est parfois évidente lorsqu'elles s'établissent en grandes colonies de centaines de sujets. Leur faible capacité à se disperser crée parfois une infestation locale importante, alors que les végétaux voisins sont épargnés.

C'est l'un des groupes d'insectes qui constituent les ravages les plus importants sur de nombreuses espèces fruitières, ornementales et forestières (Cahuzac, 1986). Diverses espèces

figurent sur des listes de quarantaine (*Aonidiella*, *Chrysomphalus*, *Unaspis*, *Parlatoria*...etc.).

Les diaspines sont, le plus souvent polyphages. Elles sont très nuisibles et causent des dégâts importants sur de nombreuses cultures aussi bien fruitières qu'ornementales et même forestières. Certaines produisent du miellat sucré (*P. ziziphi*), un excès de sève qui est élaboré, rejeté sous forme de gouttes chez certaines cochenilles trop gourmandes, miellat qui attire les fourmis commensales mais aussi qui provoque le développement de champignons du type «fumagine». (<http://aramel.free.fr/INSECTES10-2.shtml>).

1 - Caractéristiques générales.

D'après Balachowsky (1950) et INRA (1978), les principaux critères d'identifications sont basés sur les femelles adultes vivantes et sont d'ordre macroscopique et microscopique.

1.1 - Caractères macroscopiques

Ils renferment la forme générale, la taille du corps, la coloration et le revêtement cuticulaire dorsal des individus. Ceux ci sont des caractères importants dans la reconnaissance des espèces.

✓ Morphologie et structure du corps

Morphologiquement, les diaspines sont généralement minuscules et mesurent entre 0,5 et 20 mm de long. La femelle est généralement de forme globuleuse arrondie, ovale ou circulaire et toujours aptère, à tête et thorax fusionnés (Fig. 1) Le mâle est pourvu de deux paires d'ailes dont l'une est sous forme de crochets. Se caractérisent par leur vie fixée. Mais les larves sont mobiles à l'éclosion ainsi que les mâles adultes lors de leur apparition. Elles présentent un revêtement protecteur caractéristique: le bouclier est issu de deux sécrétions complémentaires; l'une est émise par les glandes tégumentaires, sous forme de longs filaments blancs. L'autre d'origine malpighienne, est émise sous forme de substance anale

agglomérant entre eux les filaments. La formation du bouclier débute dès que la cochenille se fixe, et insère ses stylets dans la plante-hôte pour s'alimenter. La forme du bouclier se détermine conformément au corps de la cochenille et par ses mouvements et sa croissance. L'observation périodique du bouclier permet de suivre l'évolution de la cochenille d'une part et d'autre, il permet de distinguer à la fois les stades et les sexes (INRA, 1978).

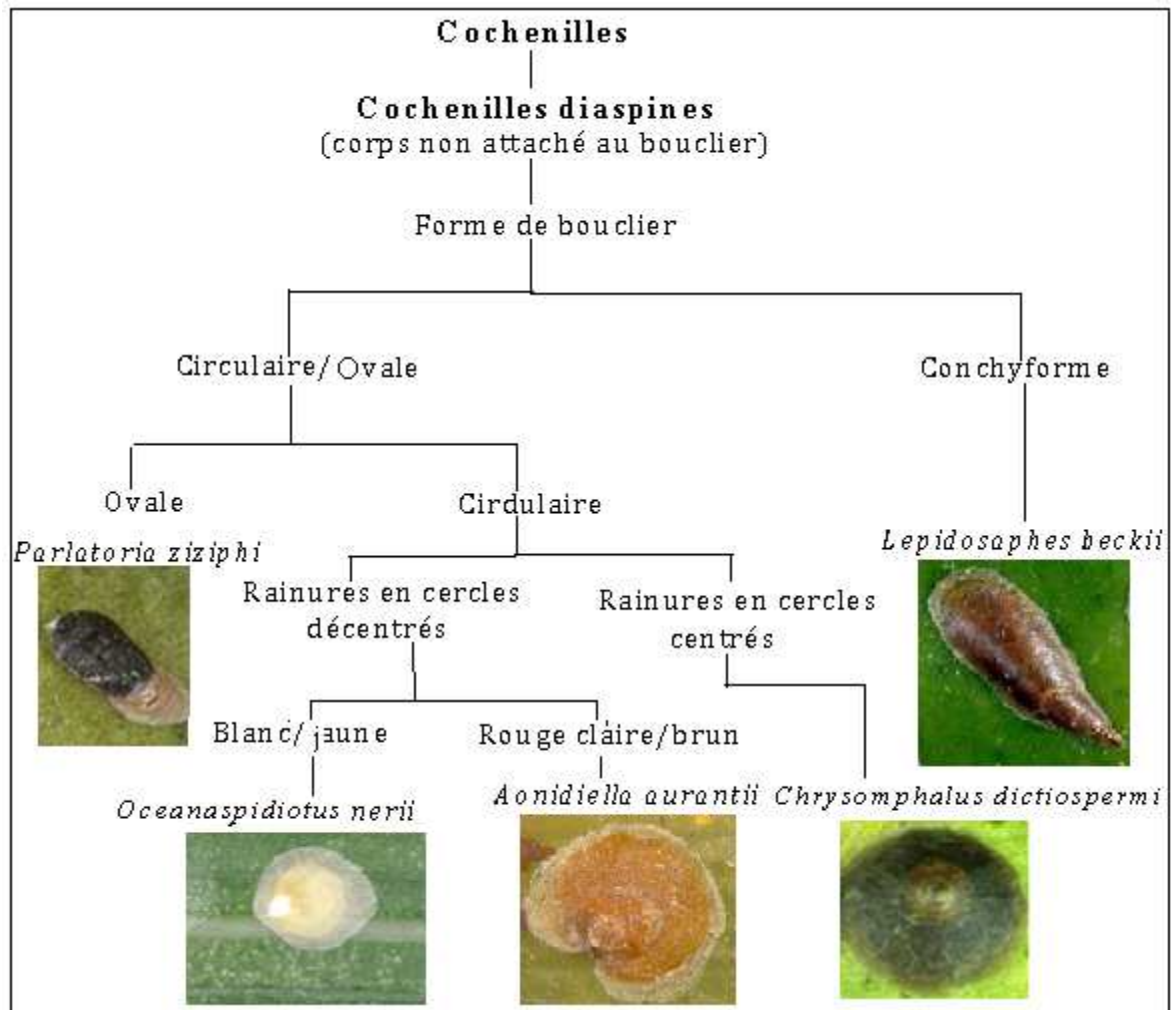


Figure 1: Différentes formes de Diaspididae.

La pompe salivaire des stades larvaires et des femelles adultes aspire la sève. Elle est munie d'un piston obéissant à des muscles puissants qui s'enroulent, au repos, dans une poche ventrale interne appelée «Crumena». Ce piston est absent ou atrophié chez les individus mâles, qui sont ailés ou secondairement aptères, possèdent des pattes, et n'ont pas d'appareil buccal. (Balachowsky, 1937a).

Les diaspines, sont des insectes particuliers qui ont suivi une évolution régressive (atrophie et disparition des pattes et des antennes et une exacerbation de la fonction nutritive). Elles se distinguent par un dimorphisme sexuel très prononcé, la présence du pygidium grâce auquel l'insecte produit et façonne son bouclier protecteur, le système digestif qui n'est pas continu, le fusionnement de la tête et le thorax du mâle adulte et absence du tentorium.

Les femelles sont toujours aptères, avec un corps aplati, et protégé par un vaste bouclier cireux distinct du corps de la cochenille et pourvu de glandes sécrétant de la cire, qui les soude à la plante hôte et qui contribue à le solidifier et à l'imperméabiliser (Fig. 1) (Balachowsky, 1937a).

✓ **Les diverses formes de boucliers**

Les Diaspididae construisent la plus élaborée des protections contre les prédateurs et les produits chimiques appliqués pour les contrôler. Le bouclier est une structure externe, édifiée par l'insecte, composée de filaments cireux, d'une ou deux exuvies et, pour lier le tout, d'un ciment sécrété par la cochenille. On peut donc détacher le bouclier sans blesser l'insecte qui ne survivra toutefois pas à l'exposition à l'air libre et mourra, desséché.

La taille, la forme, la texture et la couleur du bouclier varient selon l'espèce. Certains sont circulaires ou ovales (*A. aurantii*, *P. ziziphi*) et d'autres en forme de virgules (*L. beckii*), rappelant la forme d'un coquillage. En général, bien que cela ne soit pas toujours le cas, la forme du corps de la cochenille, ronde ou allongée, détermine l'allure du bouclier (Fig. 1). Chez certaines espèces, le bouclier dorsal de la femelle peut être accompagné d'un bouclier ventral mince ou épais. Les femelles construisent leur bouclier durant les trois stades du cycle de vie.

Généralement, le bouclier du mâle est différent de celui de la femelle, car il l'érige uniquement durant les deux premiers stades de croissance. Il est plus petit, de forme plus

allongée et comprend une seule exuvie, souvent excentrée. Sa texture peut être lisse comme celui de la femelle ou feutrée. Chez quelques genres, par exemple *Pinnaspis*, *Chionaspis*, *Unaspis* et *Aulacaspis*, on observe toujours une ou trois crêtes longitudinales à la surface du bouclier feutré. Chez d'autres cochenilles mâles à bouclier feutré, on n'observe aucune crête.

✓ **Étapes de fabrication du bouclier (Fig. 2 et 3).**

Des chercheurs ont étudié en détail la fabrication du bouclier circulaire. Ils ont observé que dès qu'il a trouvé un site qu'il juge adéquat, le stade rampant entre ses stylets dans la plante, commence à se nourrir et produit de minces filaments blancs. Les fils s'entremêlent au-dessus de la nymphe et créent une espèce de feutrage. Trente à 40 minutes après le début des sécrétions, l'insecte se met à pivoter autour des stylets, en parcourant des allers-retours de 270° à 315°. C'est ce mouvement oscillatoire, accompagné par la production de sécrétions, qui donne une forme circulaire au bouclier. En 6 à 10 heures, un bouclier blanc, en forme de disque, est formé au-dessus de la cochenille (A). Par la suite, elle produit un liquide anal qui durcit et cimente le disque. Elle continue de croître et de produire des filaments qui étendent le disque (A'). La nymphe passe au second stade en muant. La cuticule se fond le long du corps et la partie dorsale est poussée contre la partie centrale inférieure du bouclier (B). Après la mue, la cochenille est complètement dépourvue de pattes. Les mouvements subséquents sont alors effectués par des contractions du corps. Les microstructures du pygidium (palettes, peignes et soies) jouent le rôle de truelles en étalant les sécrétions. L'insecte continue de croître, de produire des filaments en périphérie du bouclier et de les cimenter (B'). Le bouclier s'élargit et s'aplatit.

La femelle devient adulte au troisième stade en muant de nouveau. L'exuvie est plaquée sur la surface interne centrale du bouclier (C). Des filaments sont présents entre les deux exuvies. La femelle continue de croître en se dépliant et continue d'édifier son bouclier en sécrétant des filaments en bordure du bouclier, pour l'agrandir (C'). De petites particules présentes à la surface de l'hôte peuvent être incorporées au bouclier. Une étude de la composition chimique du bouclier d'*A. aurantii* a démontré qu'il était composé de 45% de cire, 47% de substances protéiniques et de 8% d'exuvies.

Au second stade, le corps du mâle s'allonge et il effectue des oscillations de moindre

ampleur. C'est ce qui donne au bouclier une forme allongée, avec l'exuvie de la première mue décentrée (B'). Le mâle cesse d'édifier le bouclier lorsqu'il passe au troisième stade (prépupal) (Fig. 3). (<http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cochenilles/cochenilles-Diaspididae.html>, 2014).

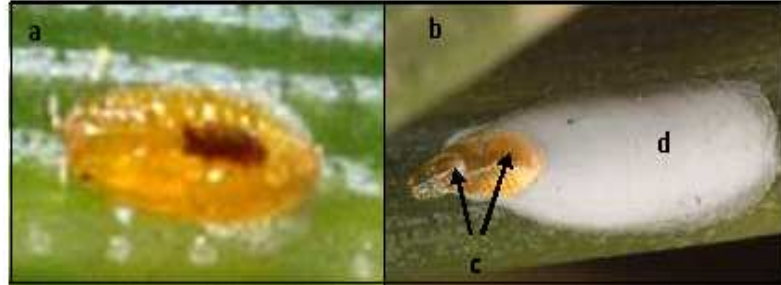


Figure 2: (a) Stade L₁ mobile, (b) femelle adulte (c) exuvies imbriquées sur le (d) bouclier (<http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cochenilles/cochenilles-diaspididae.html>, 2014).

1.2 - Caractères microscopiques

Englobent la forme générale du corps, la présence ou l'absence des stigmates abdominaux, l'aspect des derniers segments abdominaux (pygidium) et leur aspect ultrastructural sont des critères primordiaux dans la reconnaissance des espèces.

L'ornementation cubiculaire: structure des pores glandulaires dorsaux et ventraux et leur distribution, le type de pilosité (forme de soie et des épines et leur distribution générale). La clé de détermination de Balachowsky (1932) est basée sur la morphologie des femelles adultes.

Les mâles adultes, complètement différents des femelles et ne peuvent être observés avec autant de facilité. La morphologie de certains Diaspididae change en fonction de l'endroit où ils s'établissent sur la plante-hôte à un point tel qu'on a cru observer des espèces différentes qui, en fait, appartenaient à la même espèce. Le bouclier ne fait pas partie du corps de l'insecte mais est érigé par lui pour se protéger.

Morphologiquement, les diaspines sont généralement minuscules et mesurent entre 0,5 et 20 mm.

La femelle: La forme des femelles matures varie d'une espèce à l'autre. Elles peuvent être généralement de forme globuleuse arrondie, très allongées et fusiformes, ovale ou circulaires mais, toujours aptère, à tête et thorax fusionnés (Fig. 2).

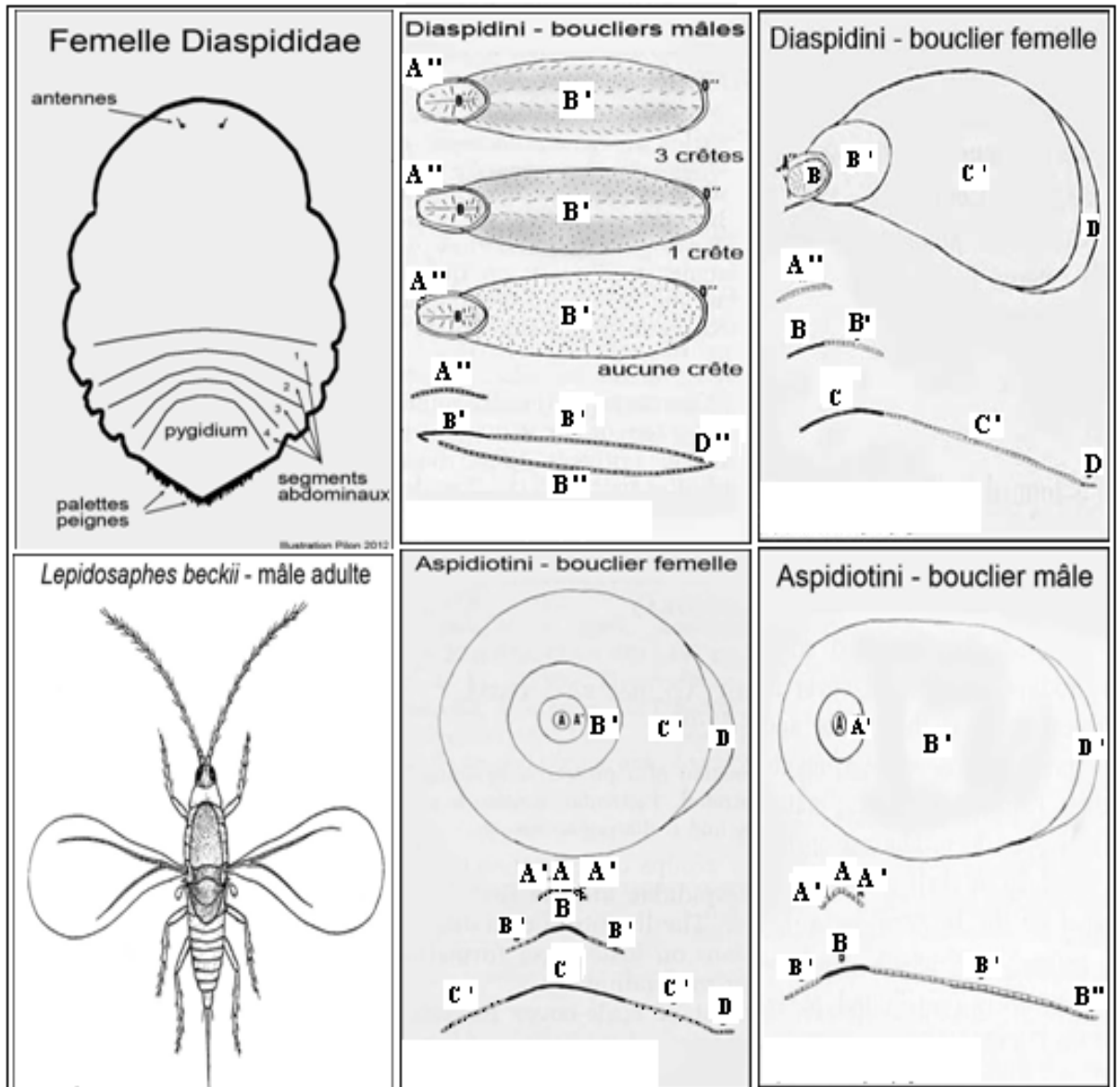


Figure 3 : Vue du dessus du bouclier avec la vue de profil. (**A** = calotte faite de sécrétions du stade un, **A'** =sécrétions du stade un, ajoutées à la calotte,**A''** = sécrétions du stade un, sans calotte, **B** = exuvie du stade un, **B'** = matériel sécrété par le stade deux, **C** =exuvie du stade deux,**C'** =sécrétions du stade trois, **D** =sécrétions du stade trois (femelle adulte) comme clapet de sortie de sa progéniture, au stade rampant, **D'** = sécrétions du stade deux (mâle), comme futur clapet de sortie de l'adulte). (<http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cochenilles/cochenilles-diaspididae.html>)

Au premier stade, la femelle ressemble au mâle. Au second stade, elle n'a plus de pattes, ses antennes se réduisent à un seul article et pas d'ailes et le thorax est fusionné à l'abdomen pour former une sorte de sac aplati. Le stade adulte est similaire au stade deux. On dit que les cochenilles sont néoténiques car, au stade adulte, la femelle conserve les caractères juvéniles du stade précédent (Fig. 4).

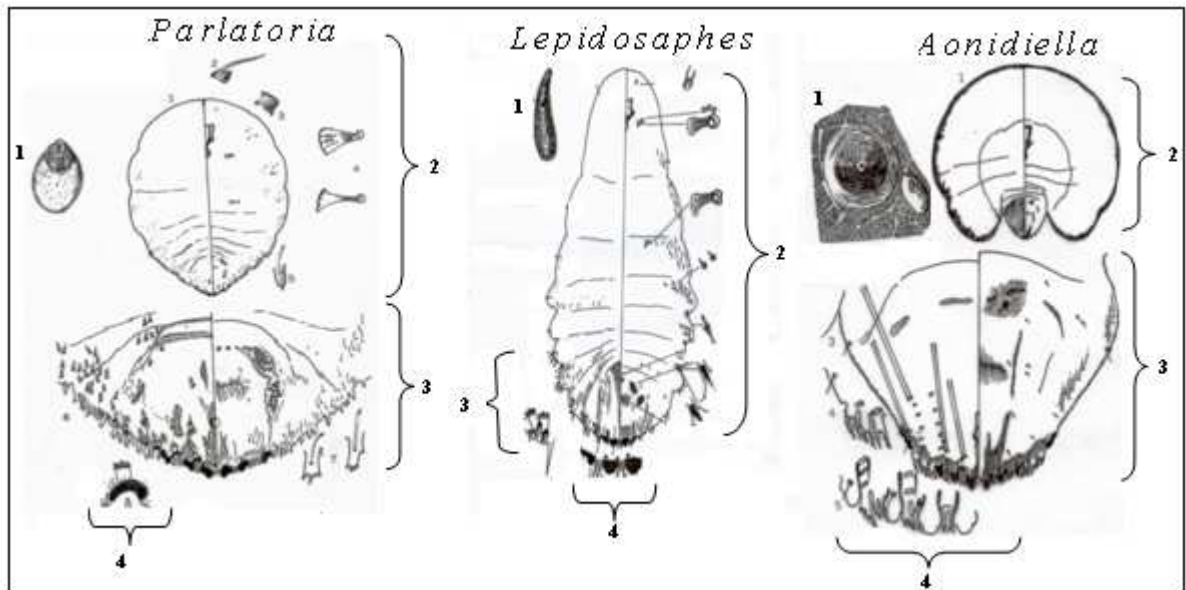


Figure 4: Morphologie du corps du genre *Parlatoria*, *Lepidosaphes* et *Aonidiella*:
(a: Bouclier, 2: corps de la femelle, 3: Pygidium, 4: Palettes et peignes) (Belguendouz, 2006).

Les segments postérieurs de l'abdomen sont fusionnés et forment le pygidium qui porte les microstructures (palettes, peignes) permettant d'ériger un bouclier (Fig. 5). Les stylets mesurent généralement plusieurs fois la longueur du corps de l'insecte et lui permettent d'atteindre sa nourriture malgré le fait qu'il soit immobile durant la presque totalité de son cycle de vie (Fig. 6). À chaque mue, les stylets sont abandonnés dans l'hôte et régénérés à partir de cellules situées à la base du rostre. Fait inhabituel chez les insectes, la femelle continue de croître après avoir mué au stade adulte. Son corps très plissé lui permet de prendre de l'expansion ou même de changer de forme lorsque les «plis» se détendent. La taille de la femelle à pleine maturité mesure entre 1,0 et 1,5 mm, rarement plus de 2 mm. Son bouclier mesure entre 1 et 2 mm de diamètre ou 2 et 3 mm de long (<http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cochenilles/cochenilles-diaspididae.html>).

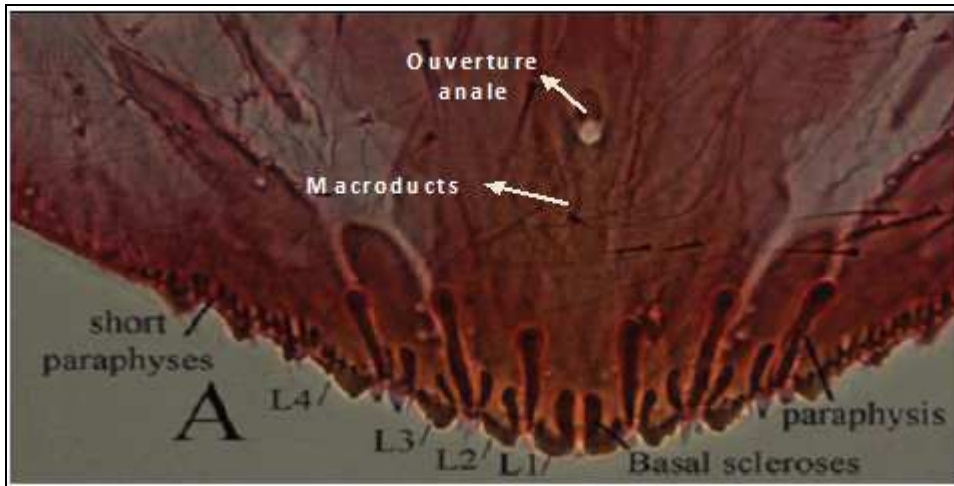


Figure 5: Pygidium et palettes des diaspines (L₁, L₂, L₃, L₄) (*Mycetaspis juveninae*) (Ramón *et al.*, 2011).

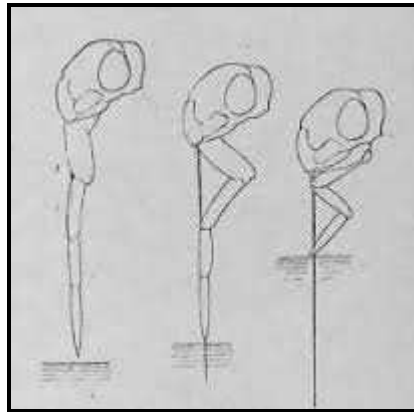


Figure 6: Présentation du stylet (<http://aramel.free.fr>).

Le mâle est pourvu de deux paires d'ailes dont l'une est sous forme de crochets. Se caractérisent par leur vie fixée. Mais les larves sont mobiles à l'éclosion ainsi que les mâles adultes lors de leur apparition. Elles présentent un revêtement protecteur caractéristique: le bouclier est issu de deux sécrétions complémentaires; l'une est émise par les glandes tégumentaires, sous forme de longs filaments blancs. L'autre d'origine malpighienne, est émise sous forme de substance anale agglomérant entre eux les filaments. La formation du bouclier débute dès que la cochenille se fixe, et insère ses stylets dans la plante-hôte pour s'alimenter. La forme du bouclier se détermine conformément au corps de la cochenille et par ses mouvements et sa croissance. L'observation périodique du bouclier permet de suivre l'évolution de la cochenille d'une part et d'autre, il permet de distinguer à la fois les stades et les sexes (INRA, 1978).

La pompe salivaire des stades larvaires et des femelles adultes, qui aspire la sève est munie d'un piston obéissant à des muscles puissants qui s'enroulent, au repos, dans une poche ventrale interne appelée «Crumena». Ce piston est absent ou atrophié chez les individus mâles, qui sont ailés ou secondairement aptères, possèdent des pattes, et n'ont pas d'appareil buccal (Balachowsky, 1937a).

Le mâle: Il mesure rarement plus de 1 mm de long, en excluant l'appareil génital qui, à lui seul, mesure environ la moitié de la longueur du corps. L'adulte est presque toujours ailé. Les ailes antérieures sont longues et atteignent généralement l'extrémité du corps, en excluant l'appareil génital. Elles sont membraneuses et portent deux nervures. Les ailes postérieures sont réduites à deux balanciers. Les six pattes sont longues et fines et se terminent par un tarse d'un ou deux articles et une seule griffe. Le mâle possède deux yeux écartés sur le dessus de la tête et deux yeux étroitement rapprochés sur la zone ventrale de la tête. Certaines espèces ont aussi des ocelles. Les antennes sont bien développées et comportent généralement dix articles mais parfois neuf chez les espèces aptères. Des différences importantes s'observent au sein d'une même espèce. Ces différences morphologiques sont reliées au site d'alimentation (feuille ou écorce) (Fig. 7).



Figure 7: Male adulte de cochenille diaspine (<http://aramel.free.fr>).

2 - Position taxonomique

Selon Balachowsky et Mesnil (1935), les premières classifications des cochenilles datent du 18^{ème} siècle, avec les travaux de Targioni-Tozzetti de 1869 et de Signoret de 1869 à 1876. Du point de vue systématique, les Diaspididae appartiennent à la Classe des insecta (Linnaeus, 1758), Sous classe des Pterygota, Super ordre des Hemiptera (Linnaeus, 1758), sous-ordre des Sternorrhynches, la Superfamille des Coccoidea (Fallen, 1814) et la Famille des Diaspididae qui se subdivisent en deux sous-familles : les Phoenicococcinae et les Diaspidinae. Cette dernière se répartit en 5 tribus à savoir les Odonaspidini, les Diaspidini, les Aspidiotini, les Parlatorini, dont les trois dernières sont représentées en Algérie par plusieurs espèces (Fig. 8).

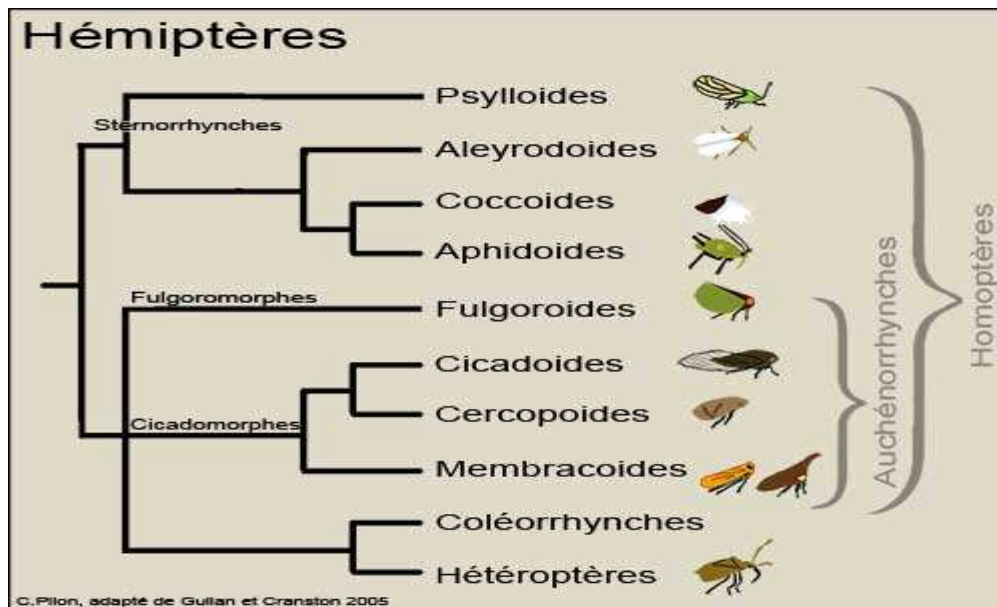


Figure 8: Classification des Hémiptères.

3 - Biologie de reproduction

Cette famille se caractérise par 3 stades femelles et 5 stades mâles. L'histoire de leur vie est très diverse. Les Diaspidinae peuvent avoir de 1 à 6 générations ou plus chaque année et l'hivernation peut être dans n'importe quel stade, sauf le troisième, quatrième ou le stade adulte mâle. Le deuxième stade femelle et les femelles adultes fécondées sont probablement les plus communs. Chez beaucoup d'espèces, le nombre de générations et les étapes

d'hivernation peut varier en fonction de la température. Les œufs ou les larves du premier stade sont portées au dessous du bouclier de la femelle adulte, qui porte une petite fente à l'extrémité postérieure permettant aux larves de sortir à l'extérieur. La formation du bouclier de la cochenille, est un processus intéressant qui implique généralement la participation des exuvies de larves du deuxième stade. La dispersion de l'espèce est effectuée par les larves de premier stade soit passivement par le mouvement de l'air ou activement en rampant. Le premier stade est la seule étape et les mâles adultes sont les seuls stades portant des pattes.

3.1 - Mode de reproduction des diaspines

La reproduction se fait soit par parthénogenèse soit par voie bisexuée. Ce dernier mode existe chez les cochenilles qui constituent le mode de reproduction normal de la plupart des cochenilles. Dans la majorité des cas, la reproduction bisexuée est capable d'assurer une descendance: des expériences précises l'ont prouvée pour *Oceanaspidiotus nerii* et *A. aurantii*.

Dès sa sortie du puparium, le mâle est en état de s'accoupler. La rencontre des deux sexes se manifeste lorsque la maturité physiologique est complète. L'attraction du mâle vers la femelle est plus au moins développée selon le cas et peut même faire complètement défaut chez certaines espèces telles que *A. citrina*, où le mâle, dès sa sortie du puparium, ou après un vol de faible amplitude, peut s'accoupler (Nel, 1933). Le mâle meurt juste après l'accouplement qui est de courte durée.

Les cochenilles diaspines sont soit ovovivipares, vivipares, ou ovipares (Balachowsky et Mesnil, 1935). La ponte ne dépasse guère 200-300 œufs, expulsée échelonnée sur une période plus ou moins longue.

Le froid, la température, les mauvaises conditions de développement peuvent influencer la période d'incubation des œufs et même aussi l'arrêter complètement. Donc ils sont susceptibles de jouer un rôle régulateur qui peut être également influencé par l'habitat et les

conditions de nutrition (Bodenheimer, 1951).

✓ **Diapause**

La diapause est l'arrêt du métabolisme qui se manifeste à des stades déterminés de développement. Chez les cochenilles, les diapauses sont embryonnaires, post embryonnaires ou imaginaires (Balachowsky, 1939).

✓ **Biologie**

Les cochenilles se reproduisent par voie normale bisexuée ou par parthénogenèse ou les deux en même temps. Il peut alors apparaître des lignées parthénogénétiques ou bisexuées, qui sont dénommées races biologiques (Balachowsky, 1939). Parfois, on observe chez une même espèce, des populations qui sont d'un type ou de l'autre. Par exemple *L.ulmi*, *O. nerii*, *C.dictyospermi* ou *P.aspidistrae* (<http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cochenilles/cochenilles-diaspididae.html>, 2014).

Chez beaucoup d'espèces, l'accouplement n'a lieu qu'une seule fois. Le mâle déverse une seule fois toute sa réserve spermatique dans le canal ovarien de la femelle, cette réserve doit assurer la fécondation des ovules au fur et à mesure de leur maturation (Nel, 1933). Cette réserve doit être riche en spermatozoïdes pour assurer la fécondation au fur et à mesure de leur maturation.

La fécondation n'a lieu que lorsque la femelle est sexuellement mûre, soit 14 jours environ après la dernière mue. A ce moment, l'ovogenèse est complètement entamée et la plupart des ovocytes sont prêts à être fécondés. Selon Garcia (1973) et (Biche, 1987), les femelles sortent partiellement ou totalement de leur bouclier et demandent à être fécondées. Ce phénomène a lieu à la fin de la phase d'hivernation, pour les femelles ayant atteint la maturation sexuelle.

La plupart des cochenilles sont ovipares, mais on observe fréquemment des cas d'ovoviviparité ou de viviparité qui s'étendent parfois à un groupe, à une tribu ou à un genre. L'importance numérique des œufs est en étroite corrélation avec les conditions climatiques et la plante hôte. Les cochenilles en période d'hivernation et notamment au stade adulte femelle fécondée (*P. oleae*) emmagasinent durant toute la période hivernale beaucoup de réserves nutritifs, ce qui contribue directement au processus de l'ovogenèse et de la multiplication des ovocytes. Ceci a été confirmé lors de la fécondité printanière et la fécondité estivale, (Biche, 1987). D'après le même auteur, il ressort aussi que les températures estivales comprises entre 30 et 35°C diminuent la période d'oviposition et le nombre d'œufs. En effet, Habib *et al.*, (1969), affirment que *P. oleae*, a une durée de pré-oviposition et des périodes d'oviposition qui diminuent avec l'élévation de la température. Bourijate et Bonafonte (1982), estiment de leur côté qu'un accouplement différé provoque une baisse de fécondité dans certaines espèces (genre *Parlatoria*) et une diminution de la période d'oviposition avec une augmentation de la ponte initiale dans les espèces à fécondité inchangée telles que *A. aurantii* et *L. beckii*.

La larve passe par un certain nombre de stades pour aboutir finalement à la forme définitive, où l'insecte est capable de se reproduire, constituant ainsi le stade adulte. La majorité des cochenilles et en particulier les diaspines, présente une lignée femelle qui passe par trois stades évolutifs comprenant deux stades larvaires et un stade adulte. La lignée mâle caractérise par cinq stades larvaires, la prénymphe, la nymphe et le mâle adulte. Chaque stade est séparé par une mue.

Les Diaspididae passent par 3 stades femelles et 5 stades mâles. Le cycle biologique est très divers, il peut y avoir de 1 à 6 générations ou plus chaque année et l'hivernation peut être dans n'importe quel stade, sauf le troisième, quatrième ou le stade adulte male. Le deuxième stade et les femelles adultes fécondées sont probablement les plus communs. Dans beaucoup d'espèces, le nombre de générations et les stades d'hivernation peut varier en fonction de la température. Les œufs ou les larves du premier stade sont portées au dessous du bouclier de la femelle adulte, qui porte une petite fente à l'extrémité postérieure permettant aux larves de sortir à l'extérieur. La formation du bouclier de la cochenille, est un processus intéressant qui

implique généralement la participation des exuvies de larves du deuxième stade. La dispersion de l'espèce est effectuée par les larves de premier stade soit passivement par le mouvement de l'air ou activement en rampant. Le premier stade est la seule étape de la vie qui a des pattes, à l'exception de la troisième, quatrième, et des adultes de sexe masculin. Les mâles incorporent uniquement le voile de la larve pour leur couverture; les exuvies des autres stades sont lancées en arrière dans le bouclier.

Le développement des différents stades évolutifs des diaspidines est comme suit (fig. 9):

Stade œuf: les femelles Diaspididae produisent entre un et 10 œufs par jour. La femelle rétrécit après avoir donné naissance, ce qui fait de la place pour sa progéniture, sous le bouclier. La période de naissance est continue, durant quelques semaines, jusqu'à la mort de la femelle.

Premier stade larvaire (L₁) femelle et mâle: c'est un stade mobile et sans bouclier. Il passe par le stade torpeur quand il reste immobile un certain temps après sa naissance. A ce stade la reconnaissance des deux sexes est très difficile.

Cette larve est responsable de trouver un site acceptable puisqu'elle s'y fixera sans pouvoir en changer. Elle ne se nourrit pas durant la phase de dispersion qui dure quelques heures ou quelques jours. Elles s'établissent généralement à «plusieurs douzaines de cm de leur lieu de naissance ». Elles peuvent aussi être transportées par le vent et ainsi coloniser un nouveau site. Des expériences ont démontré que certaines espèces se font emporter par le vent plus volontiers que d'autres. Après avoir trouvé un site pour se nourrir, la larve ramène ses pattes sous son corps et s'aplatit sur la surface de l'hôte. Elle insère ses stylets dans l'hôte et commence à se nourrir. À partir de ce moment, elle ne se déplacera plus, même pour trouver un meilleur emplacement. Cette dernière commence l'édification d'un bouclier protecteur et la nymphe mue à la fin de ce stade.

Deuxième stade larvaire femelle: la larve poursuit la construction du bouclier exposant l'exuvie du 1^{er} stade. A la fin, la femelle mue au stade adulte en conservant ses caractères juvéniles.

Deuxième stade larvaire mâle: la nymphe poursuit la construction du bouclier avec l'exposition de l'exuvie du stade un. Le corps devient allongé et le bouclier s'allonge de la même façon. Le bouclier atteint sa taille optimale et sa construction se termine au cours du stade deux. Un clapet de sortie est produit. A la fin du stade, le mâle mue pour donner une pronymphe.

Troisième stade femelle: la femelle poursuit la construction du bouclier qui s'agrandit pour recevoir sa progéniture en exposant l'exuvie du stade deux. A maturité la femelle émet des phéromones qui attirent les mâles.

Troisième stade mâle pronymphal: les pronymphes ne s'alimentent pas et donnent à la fin du stade des nymphes. L'exuvie du stade deux est évacuée par le clapet de sortie ou conservée sous le bouclier.

Quatrième stade mâle nymphal: l'exuvie du stade deux est évacuée par le clapet de sortie ou conservée sous le bouclier. Les nymphes ne s'alimentent pas et muent pour passer au stade adulte.

Cinquième stade adulte mâle: ailé, doté de pattes mais sans pièces buccales fonctionnelles, il recherche une femelle pour s'accoupler et vit de un à trois jours.

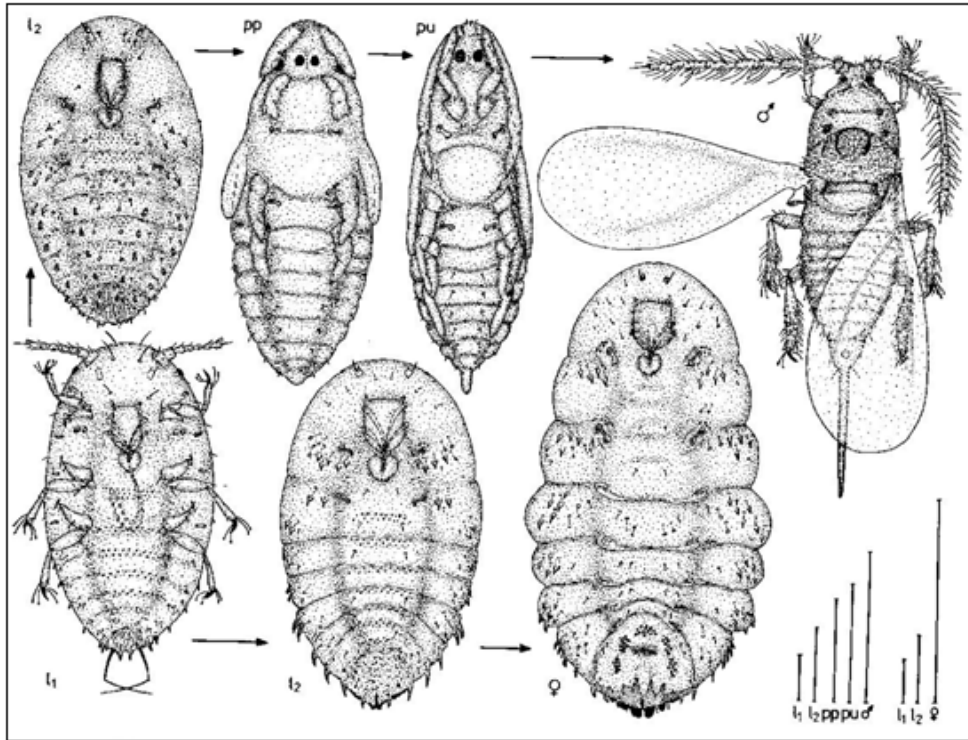


Figure 9: Cycle de vie des diaspididae (l₁: larve du premier stade, l₂: larve de deuxième stade, pp: pronymph, pu: nymphe, ♂: male adulte, ♀: femelle adulte) (Rosen, 1990).

4 - Relation insecte-plantes hôtes

Les relations entre les espèces entomologiques et les plantes hôtes sont conditionnées par différents caractères physiques des végétaux tels que la taille, la forme, la présence de cires épicuticulaires et de trichomes, le stade phénologique et la couleur de la plante (Mangold, 1978; Berenbaum, 1995) mais aussi par des facteurs chimiques tels que la présence de métabolites secondaires (Vet et Dicke, 1992; Harborne 1993). Ces substances chimiques ne participent pas aux processus physiologiques primaires mais jouent un rôle primordial dans les interactions interspécifiques (Berenbaum, 1995).

Au cours de la sélection de la plante hôte par l'insecte, une partie des événements comportementaux qui mènent, soit à la prise de nourriture soit au dépôt de ponte a lieu sur la surface des feuilles. Lorsque l'insecte se déplace sur la surface de la feuille, il se trouve en

contact avec un grand nombre de stimuli, d'ordre visuel, tactile, olfactif et gustatif (Derridj, 1996).

En ce qui concerne les stimuli gustatifs, ils sont essentiellement d'ordre biochimique. Ils peuvent être d'origine exogène (poussières, pollens, miellats d'insectes, produits excrétés par les micro-organismes, substances polluantes de l'atmosphère) et endogène tels que les composés des cires cuticulaires, et les métabolites primaires et secondaires provenant des tissus de la plante. Ceux-ci peuvent à leur tour être métabolisés par les micro-organismes épiphytes. Ces substances sont plus ou moins imbriquées dans les cires et leur détection par l'insecte va dépendre de son comportement, des parties de son corps (pattes, pièces buccales, ovipositeur) en contact avec la surface foliaire, et des sensilles gustatives (type, nombre, localisation) concernées dans la reconnaissance du site (Derridj, 1996).

Il existe plusieurs types de régime alimentaires pour les insectes, des espèces qui se trouve habituellement, sinon toujours ou uniquement, sur telle ou telle espèce de plantes :

- des espèces monophages qui ne vivent que sur une plante bien précise comme le phylloxera de la vigne (*Dactylosphaera vitifoliae*). (Ordre et famille)

- des espèces oligophages qui se nourrissent sur plusieurs espèces ou genres d'une même famille de plante telle que les chenilles de piérides inféodées aux crucifères.

- des espèces réellement polyphages, enfin, exploitent un grand nombre d'espèces végétales, appartenant le plus souvent à des familles différentes : par exemple les acridiens qui mangent aussi bien des graminées, des dicotylédones, des feuilles d'arbustes ou d'arbres (Pesson, 1980).

Les insectes phytophages jouent un rôle important dans l'environnement, en tenant compte de leur position dans la chaîne trophique, la plupart du temps sont qualifiés par les consommateurs primaires, cette position dans l'écosystème les places par ailleurs en compétition avec l'homme puisque chaque année et à travers le monde, un pourcentage considérable des différentes récoltes est détruits par les insectes ravageurs (Cramer, 1967 in Vincent et Doivin, 1986).

Les schémas de la figure 10, nous donnent une idée générale sur la relation physique de la structure interne d'une cochenille diaspine avec sa plante hôte:

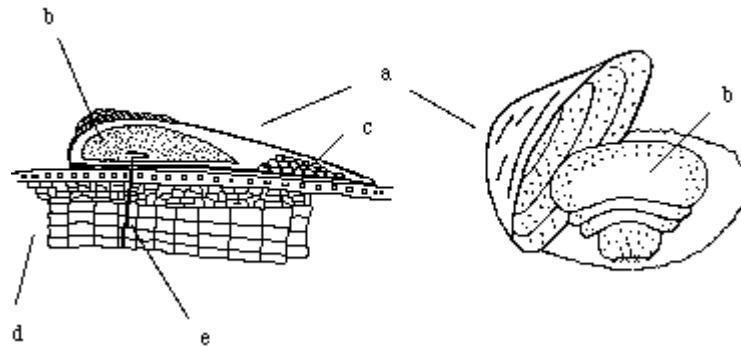


Figure 10 : Relation physique plantes diaspines
(a: Bouclier, b: corps de la femelle, c: œufs, d: tissus végétaux, e: stylets) (INRA, 1979).

4-1. Relation physique

Les caractères de nature physique peuvent fréquemment réduire l'intensité des attaques des phytophages, l'orientation visuelle, pour certains groupes d'insectes, joue un rôle important lors du choix d'un hôte dans l'environnement immédiat (Quirion et Bourbeau, 1994).

Les comportements habituels des insectes, tels que l'oviposition et l'alimentation, peuvent être influencés par la perception des couleurs, la forme de la plante- hôte, l'intensité spectrale ou la réflectivité (Barbosa et Wagner, 1989).

En effet, en 1996 Degen et Stodter ont démontré que la forme de la feuille et sa réflectivité spectrale permet à différentes espèces de mouches phytophages de reconnaître leurs plantes hôtes (Feyereisen, 1999). La phénologie de la plante hôte peut aussi influencer le choix. Chez *Chrysophtharta bimaculata* (Coleoptera: Chrysomelidae) les adultes choisissent leur hôte, l'*Eucalyptus*. Selon la taille de l'arbre et le pourcentage de feuilles rouges qu'il contient. L'abeille domestique *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) est capable de discriminer morphologiquement les inflorescences de la lavande française. Elle choisit dans une plus grande proportion les grosses inflorescences qui contiennent plus de fleurs et une plus grande quantité de nectar (Duffield *et al.* 1993).

Les cochenilles se fixent sur leur hôte par leur appareil buccal du type piqueur-suceur. La protection qu'offre le bouclier explique peut-être l'absence de besoin d'une protection additionnelle. Les galles fabriquées par une trentaine de cochenilles ne recouvrent généralement pas la cochenille. On pense que l'effet de l'alimentation prolongée au même endroit crée une forme de puits similaire à celle créée par les galles.

Le xylème de la plante transporte la sève brute (eau et sels minéraux) qui provient des racines. Le phloème fait circuler la sève transformée par le processus de photosynthèse qui est concentrée en matériaux nécessaires à l'entretien et au développement de la plante. La plus grande partie de l'intérieur d'une feuille, c'est-à-dire entre l'épiderme inférieur et supérieur, est composé de mésophile, un tissu qui joue un rôle très important dans la photosynthèse.

✓ **Mécanisme d'insertion du stylet et l'aspiration de la sève de la plante par les homoptères (Fig.10).**

Très peu de travaux ont été réalisés sur le trajet du stylet de quelques homoptères tel que les pucerons et les cicadelles. Sur les cochenilles, un seul travail est réalisé sur une cochenille du farineuse du manioc "*Phenacoccus manihori*". Le trajet des stylets des cochenilles sur les végétaux est moins bien connu.

Pour mieux comprendre la relation physique et mécanique des insectes suceurs de sève nous avons choisis l'exemple de la cochenille farineuse.

*** Histologie du trajet du stylet**

-Exemple de Pseudococcidae

Le comportement alimentaire des cochenilles a été décrit ou évoqué chez des Coccidae et des Pseudococcidae dans un petit nombre de cas comparativement aux *Aphididae* (Smith, 1926, Heriot, 1934, Pesson, 1944, Albrigo et Brooks, 1977, Yasuda, 1979, Campbell, 1990, et Molyneux et *al.*, 1990 in Catalayud, 1994). Sur la base d'observations histologiques et de la production du miellat, tous ces auteurs rapportent un comportement phloémophage de l'insecte. Ce comportement a également été décrit chez des Diaspididae (Smith, 1926, Rosen, 1990), qui ont signalé en revanche, l'existence de quelques Diaspididae présentant une alimentation non phloémienne. La figure 11 (a; b; c; d) montrent le trajet du stylet de la cochenille farineuse *Phenacoccus manihoti* infestant le manioc.

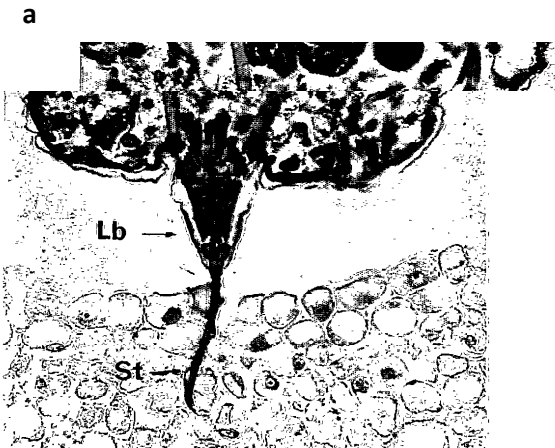


Figure 11a: Vue transversale de la couche épidermique d'un apex de manioc et vue longitudinale du labium (Lb) et des stylets (St) de *Phenacoccus manihoti* (Calatayud, 1994).

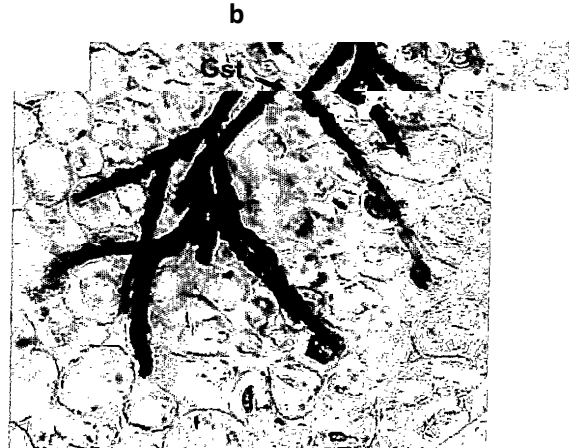


Figure 11b: Coupe transversale du parenchyme montrant un trajet inter et intracellulaire des stylets (Gst : gaine sétale) (Calatayud, 1994).



0 100 μ m
Figure 11c: Coupe transversale du parenchyme montrant un trajet intercellulaire des stylets entourés de la gaine sétale (Calatayud, 1994).

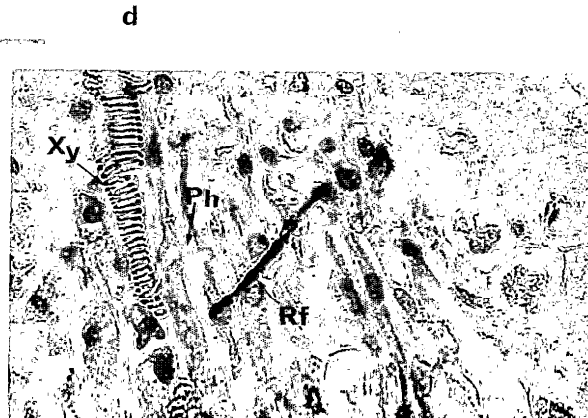


Figure 11d: Coupe longitudinale du parenchyme montrant une pénétration des stylets dans une cellule

le phloémienne (Ph) (Xy: xylème, Rf : renflement correspondant à l'arrêt de progression des stylets) (Calatayud, 1994).

Figure 11: Coupe transversale et longitudinale montrant le trajet du stylet (Calatayud, 1994).

Les coupes longitudinales et transversales de la tête de *Ph. manihoti* présentées sur les figures précédentes, montrent un rapport général du labium et des stylets similaire à celui déjà

observé chez d'autres Pseudococcides où les stylets sont repliés en boucle dans une loge ventrale du labium appelée crumena (Calatayud, 1994).

D'après Calatayud (1994), l'insertion des stylets dans les tissus végétaux s'accompagne du dépôt périodique de substances. Après retrait des stylets, ces substances persistent et constituent une gaine. Le trajet des stylets est visualisé grâce au caractère chromophile de la gaine. Cette gaine, dite parfois nutritive, résiduelle ou plus communément s'étale, a d'abord été considérée comme le produit d'une réaction du végétal à la piqûre.

Mais plusieurs travaux réalisés chez d'autres Homoptères montrent qu'elle provient surtout de l'insecte (Grasse, 1951 in Calatayud, 1994). Le rôle joué par la gaine sétale n'est toujours pas très clair.

Divers auteurs suggèrent que les sécrétions salivaires, dont celles formant la gaine sétale, pourrait jouer un rôle important dans l'interaction Plantes-Homoptères en facilitant l'atteinte et le retrait des stylets du phloème et en véhiculant des enzymes aux fonctions diverses (Miles, 1972, Srivastava, 1989, Rahbe *et al*, 1993 in Calatayud, 1994).

Après avoir pénétré la couche épidermique, les stylets de *Ph. manihoti* suivent principalement un trajet intercellulaire (Calatayud, 1994).

Les plantes supérieures ont beaucoup de stratégies (physiques, chimiques et écologiques) élaborées pour la défense contre l'attaque des ravageurs. La défense chimique de la plante reste cependant la stratégie la plus efficace et la plus utilisée par beaucoup d'espèces végétales (Bell, 1974).

4.2 - Relation chimique

4.2.1 - Nutritionnelle

Les Diaspididae s'établissent surtout sur les arbres et les arbustes mais aussi sur diverses plantes vivaces. Ils peuvent s'alimenter sur différentes parties de leur plante-hôte, c'est-à-dire le tronc, la tige, les feuilles, les fruits et plus rarement, sur les racines. Pour se nourrir, la cochenille injecte de la salive pour prédigérer les tissus du méristème de l'hôte. Le liquide est ensuite prélevé par le bec (rostre).

Le système digestif des Diaspididae est unique chez les cochenilles. Il n'y a pas de lien direct entre l'estomac et l'intestin. Les fluides transitent plutôt via les deux larges tubes de Malpighi. De plus, contrairement à ce qu'on observe chez plusieurs familles phytophages d'Hémiptères, le système digestif ne comporte pas de chambre filtrante. L'anus ne produit pas de miellat mais une sorte de ciment qui maintient ensemble et durcit les filaments produits par des glandes du pygidium. La cochenille doit pourtant absorber une grande quantité de sève de la plante-hôte pour s'alimenter. Il est possible que l'insecte dispose de ses déchets en les retournant à l'hôte. La morphologie des glandes salivaires, qui semblent surdéveloppées pour ne remplir que la fonction d'alimentation, appuierait cette thèse.

Durant leur vie, les cochenilles ne s'alimentent pas de façon continue. Par exemple, durant le premier stade où l'insecte est mobile et cherche l'endroit idéal où s'établir, il ne se nourrit pas et on suppose qu'il ne « goûte » pas les sites explorés. Dès le troisième stade et jusqu'à leur mort, les mâles ne s'alimentent pas. Des expériences effectuées sur *A. aurantii* ont démontré que le premier stade dure environ 11 jours à une température de 28°C et que la cochenille ne s'alimente pas durant la mue qui dure huit jours. L'insecte perd alors près de la moitié de son poids.

La localisation visuelle de l'hôte permet aux insectes de retrouver les plantes intéressantes, mais seulement sur de courtes distances. Pour localiser un hôte sur de très longues distances, la perception de substances chimiques est nécessaire. En plus de contenir les nutriments fondamentaux, la nourriture des insectes doit contenir des stimuli chimiques

pour assurer le succès de l'alimentation. Ces stimuli chimiques sont des composés secondaires (Barbehenn *et al.*, et Gutierrez, 1999) sans valeur nutritionnelle, mais spécifiques de telle espèce, tel genre ou telle famille botanique, qui leur confèrent généralement odeur, saveur, toxicité ou protection diverses.

4.2.2 - Composés allélochimiques

Définition

Les composés allélochimiques sont des composés non nutritifs produits par un organisme et qui sont en mesure d'influencer la croissance, la santé, le comportement ou la biologie des populations d'autres espèces. Les interactions allélochimiques peuvent être entre plante-plante (allelopathie), plante-fungi (production phytoalexine) ou plante-insectes (substance attractive ou répulsive) (Whittaker, 1970).

La majorité des plantes ont la capacité de se défendre face à l'attaque des phytophages qui leur sont inféodés. Certaines toxines sont dangereuses pour tous les animaux, phytophages ou non, d'autres ont des organismes cibles bien spécifiques. La réponse de l'animal varie donc considérablement en fonction de l'espèce considérée. Certains insectes peuvent s'adapter à différentes classes de métabolites secondaires, ils peuvent également s'en servir comme précurseurs de phéromones ou de substance de défense. Les teneurs en ces composés varient souvent en fonction de l'âge de la plante, au cours du jour ou des saisons. Un système d'activation ou de libération des substances secondaires est aussi généralement présent chez les plantes qui produisent ces molécules lorsque le végétal subit des dégâts comme des attaques par des ravageurs phytophages (Berenbaum, 1995).

L'équilibre observé aujourd'hui résulte notamment de l'interaction plantes - insectes qui est dynamique. A chaque instant, la plante ou l'insecte peut acquérir un nouvel avantage.

Les deux types de protagonistes, le ravageur et le végétal, s'adaptent de manière différente aux conditions changeantes. D'autres pressions environnementales (comme le microclimat) peuvent aussi avoir un effet dans ces interactions en influençant les cycles de développement et de croissance tant des ravageurs que des plantes hôtes (Schoonhoven, 1981).

La plante, source de nourriture pour les insectes, a évolué en limitant sa destruction par les phytophages. Le moyen de défense le plus significatif est la présence de composés chimiques dans la plante. La réduction des attaques d'insectes peut être due à une diminution de la valeur nutritive ou à la présence de toxines, de substances répulsives ou d'un goût déplaisant dans les tissus de la plante (Vet et Dicke, 1992 ; Harborne, 1993). Les insectes ont évolué face à ces systèmes de défense chimique végétale. Etant des organismes très spécialisés, l'entomofaune a une large gamme de réponses disponibles. Les insectes peuvent s'adapter biochimiquement en développant des mécanismes de détoxification qui leur permettent de neutraliser la toxicité de certaines substances (Yu, 1984 ; Yu et Hsu, 1993). Des adaptations anatomiques peuvent également être initiées pour assimiler de nouvelles nourritures végétales. Une co-évolution s'est opérée entre les insectes et les plantes auxquelles ils sont inféodés. La plupart des insectes se sont plus ou moins spécialisés à certaines espèces d'une famille botanique.

- **Classification des composés sémiologiques**: regroupent les phéromones et les substances allélochimiques.

Le terme « sémiologique » caractérise de manière générale les substances chimiques, médiateurs des interactions entre organismes (Law et Regnier, 1971).

Les substances sont classées en plusieurs catégories : les allomones, les kairomones, les synomones (Brown, 1968).

- Accumulation dans les plantes

Les composés secondaires des plantes se trouvent localisés dans différents organes (Daaf *et al.*, 1996 in Catalayud) ont montré que les terpénoïdes du cotonnier sont produits dans les cellules parenchymateuses du phloème et du xylème puis excrétés dans les vaisseaux du xylème.

Benhamou *et al.* (1994) ont souligné, que la stimulation du système défensif de la tomate attaquée par *Fusarium oxysporum f. sp. radialis- lycopersici* induit la formation et l'accumulation des terpénoïdes dans le parenchyme cortical racinaire de structures globulaires.

Les flavonoïdes sont aussi bien entendu synthétisés dans le cytoplasme des cellules des tissus infectés. Dans le cas du citronnier deux sites de production des terpénoïdes ont été mis en évidence sur le plan cellulaire: les cellules parenchymateuses du phloème et celles associées aux vaisseaux du xylème (Nicole, 1996).

Dans le cas du riz, les composés anthocyanés sont localisés dans les tissus à l'état juvénile, dans les zones de croissance intense et dans les entre-nœuds (Catalayud et Vercambre, 1996).

D'après Brattsten cité par Rosenthal *et al.* (1979) les glucosides cyanogéniques se trouvent dans de nombreuses espèces et dans différents types d'organes (feuilles, fleurs et graines).

Selon Pesson (1980), les alcaloïdes sont plus abondants dans les tissus jeunes et que les tannins sont isolés du cytoplasme, localisés dans les vacuoles.

4.2.3 - Effets des composés allélochimiques sur l'insecte

L'allélopathie est l'ensemble des interactions biochimiques directes ou Indirectes, positives ou négatives, d'une plante sur une autre (microorganismes inclus) au moyen de métabolites secondaires tels les acides phénoliques, les flavonoïdes, les terpénoïdes et les alcaloïdes. Ces derniers sont libérés dans l'aire ou dans le sol.

De nombreux travaux de recherches se sont orientés vers l'étude de l'utilisation des composés allélopathiques comme herbicides ou pesticides naturels. Ces substances peuvent avoir :

- **un effet phago-stimulant**

Les travaux menés par Catalayud (1993) a montré que la présence exclusive des glucosides cyanogéniques dans les feuilles du manioc joue un rôle phagostimulant vis-à-vis de la cochenille farineuse *Ph. manihoti*. De même Kogan (1977), rapporte que d'autres glucosides (non cyanogéniques), à base de groupement thiols ou autres sont phagostimulants pour beaucoup d'espèces d'insectes tels que dans les modèles Aphididae / Asclepiadaceae / Cruciferae.

- **un effet anti-appétant**

Les substances azadirachtine, le nimbin et le salannin présentes dans le neem (margousier) agissent efficacement en attaquant l'hormone de croissance Ecdysone spécifique aux insectes. La croissance normale des insectes est freinée et les capacités de reproduction sont interrompues ; l'azadirachtine entraîne aussi des déformations de l'appareil moteur des insectes. Elle diminue l'alimentation larvaire chez *Ostrinia nubilalis* jusqu'à 50% de plus les agents nimbin et salannin ont une action très efficace sur l'inhibition de l'appareil digestif des insectes (Arnason *et al.*1985; Clautier, 1999).

- **un effet défensif**

Tous les herbivores sont sensibles aux composés polyphénoliques, dont les molécules ont une propriété de défense mécanique contre les attaques, tel que les caumarines et les tanins. Les flavonoïdes se sont des phytoœstrogènes, ils ont une action néfaste sur l'activité tissulaire de certains prédateurs. L'herbivore alors les métabolites végétaux à son profit. (Hopkins, 2003).

Chez les Aphides, de nombreux travaux ont pu suggérer ou démontrer l'implication de substances secondaires dans la résistance de plusieurs familles botaniques. C'est notamment le cas, des acides hydroxamiques comme le Dimboa, la Gramine, de divers alcaloïdes et de divers acides phénoliques et flavonoïdes (Corcura *et al.*1985).

Enfin, les plantes renferment certains terpénoïdes qui se révèlent avoir des propriétés comparables à l'hormone juvénile des insectes (Juvabione et Farnesol) qui dans certaines conditions et sur certains insectes peuvent agir par contact et inhiber leur développement imaginal (Beck et Resse, 1976).

- **Le coût énergétique des mécanismes de défense pour la plante.**

La différenciation des réactions de défense sollicite plusieurs métabolismes, souvent au détriment des fonctions physiologiques essentielles de la plante (croissance, photosynthèse, respiration, reproduction, stockage de substances de réserve). La synthèse de nouvelles molécules antimicrobiennes ou la mise en place de mécanismes de cicatrisation exige une consommation d'énergie plus ou moins importante.

Cependant, la production de métabolites secondaires (composés, phénoliques et terpéniques, hormones de croissance etc...), impliqués dans la réponse de la plante à l'agression parasitaire, peut se traduire par une diminution de la biomasse végétale, une réduction des substances de réserve ou une diminution de l'efficacité des processus physiologiques.

D'une manière générale, il est difficile de quantifier de telles perturbations physiologiques en termes de consommation d'énergie car la plante cherche, dans la mesure du possible, à établir la situation d'équilibre énergétique la plus favorable à son développement (Nicole *et al*, 1996).

5 - Relation Plantes hôtes-diaspines

En Algérie d'après nos observations, *L. beckii* est principalement inféodée au genre *Citrus sp.* Elle peut être associée à *P. ziziphi* et *A. aurantii* sur clémentinier, citronnier et oranger.

Par contre *A. aurantii*, est une espèce polyphage. Elle a été observée en Italie sur agrumes, amandier, vigne, poirier, prunier, jujubier, caroubier et rosier. La cochenille passe l'hiver sur le tronc, les branches et les rameaux. A partir du printemps les individus migrent sur feuilles puis sur les fruits. Cette espèce est la plus nuisible aux *Citrus*. Elle vit principalement sur les *Citrus*, auxquels elle cause des dégâts considérables, envahissant le feuillage et les fruits, les rameaux ligneux. Les arbres attaqués se dépouillent et finissent par mourir. Signalée sur plusieurs plantes telles que le Ficus, l'Agave, le Pyrus, le Malus, le Prunus, le Rosa, le Vitis, le Quercus, le Coco et l'Atrocarpus. Elle préfère les parties exposées au soleil de l'arbre chez les *Citrus* (Balachowsky, 1950).

6 - Description des trois diaspines inféodées aux agrumes en Algérie

6.1 - *Parlatoria ziziphi*.

✓ Systématique et classification

La classification retenue pour *P. ziziphi* est celle de Balachowsky (1935) et Roth (1968) ; basé exclusivement sur les caractères morphologiques des femelles. Cette espèce appartient à la tribu des Parlatorini, elle peut être distinguée de toutes les autres espèces de *Parlatoria* par les ornements, marginaux, lobes prosomatiques latéraux des stigmates antérieurs; le bouclier noire rectangulaire et la cire blanche entourant la moitié postérieure du bouclier (Balachowsky et Mesnil, 1935).

La femelle est de forme rectangulaire avec la dépouille larvaire rejetée complètement en avant, d'un noir brillant et pourvu de deux carènes longitudinales. La longueur du bouclier varie de 1,5 à 1,65 mm, sa largeur entre 0,5 et 0,6 mm. Il adhère fortement au substrat ; il est prolongé en arrière et parfois sur les cotés par une membrane blanchâtre débordante qui contraste fortement soit avec la couleur noire du bouclier soit avec le végétal (Fig. 12). La dépouille larvaire est ovale, rejetée à la partie antérieure du bouclier (Balachowsky, 1953). La femelle vivante est de couleur violacée grisâtre, elle n'occupe que le tiers antérieur du bouclier. Le reste de l'espace est rempli par une douzaine d'œufs (Chapot et Delucchi, 1964). Son corps subcirculaire est pourvu de deux tubercules céphaliques latéraux saillants. Le pygidium résulte du durcissement et de la fusion des segments abdominaux. C'est là que débouchent les nombreuses glandes séricigènes dont les orifices sont flanqués d'ornements chitineux très particuliers appelés peignes, palettes et soies, dont la disposition et la forme sont très utilisées en systématique (Grasse, 1951). L'œuf de *P. ziziphi* mesure de 0,18 à 0,25 mm de longueur et 0,12 mm de largeur. Il a une forme ovale de couleur violette dont le chorion est parfaitement lisse, transparent et brillant (Monastero, 1962).



Figure 12 : Photo de la femelle adulte et la prénympe du mâle de *P. ziziphi*

L'ensemble des œufs est rangé transversalement en deux séries parallèles (Chapot et Delucchi, 1964). En effet, chez *P. ziziphi* l'œuf expulsé par la femelle renferme non plus un germe, mais un embryon plus ou moins avancé. L'ovule est fécondé in situ par le spermatozoïde et est expulsé après une incubation plus ou moins longue dans le corps maternel (Balachowsky, 1939).

Pour les larves et d'après Smirnof (1950), il n'est pas possible de différencier entre celles du premier stade futur mâles et futures femelles. Selon Smirnof, (1950), les larves du premier stade futur mâle, après une courte période mobile, se fixent et subissent une première mue larvaire donnant naissance à un individu de second stade reconnaissable à deux masses antérieures céphaliques rouge violacée.

✓ Structure interne

Le pygidium est arrondi, composé de 6-8 segments abdominaux La tête et le thorax presque fusionné, métathorax et segments abdominal 1 à 5 assez bien marquées par des sillons inter-segmentaires. L'orifice anal presque circulaire. Les antennes sont réduites à de petits tubercules avec une soie de gros de long à la base (Fig. 13).

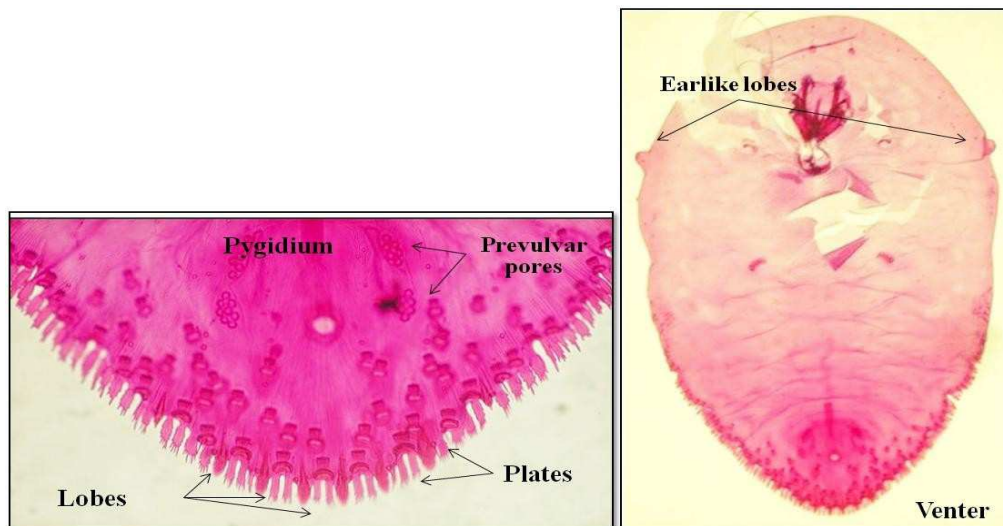


Figure 13: Pygidium de la femelle de *P. ziziphi* (Jendoubi, 2012).

✓ Importance économique et contrôle

Miller et Davidson (1990) cite *P. ziziphi* comme un ravageur redoutable et répandu, qui peut causer les dégâts les plus caractéristique tel que la couverture de l'organe le dépérissement des rameaux, déformation et chute prématurée des fruits et des feuilles, mort des brindilles et de branches et le retard de croissance. Mais il est considéré comme le plus grave en tant que contaminant de fruits (Blackburn et Miller, 1984) et comme l'un des

principaux ravageurs sur agrumes dans certains pays tels que l'Algérie, le Maroc, la Tunisie et la région de l'Asie du Sud (Talhouk ,1975). Il est également énuméré comme étant un causeur de dommages en Grèce, en Italie, en Espagne, en Palestine, en Égypte et en Afrique du Sud. Dans certains autres pays du monde, il ne peut pas être considéré comme un ravageur, mais parfois cause un problème dans des zones localisées. Beardsley et González (1975); Miller et Davidson (1990 et 2005) considèrent qu'il s'agit d'une espèce appartenant au groupe des 43 principales cochenilles à bouclier les plus néfastes.

✓ **Distribution et origine de *P. ziziphi* (Fig. 14).**

Cette diaspine a été signalée par plusieurs auteurs dans plusieurs régions du monde notamment dans la zone Afro-tropicale à partir de 1914 par Lounsbury jusqu'à 1988 par Williams. Au niveau de la zone elle a été signalée d'abord en 1919 par Fletcher et ensuite en 1998 par Colón-Ferrer. En zone Orientale, elle a été observée en premier en 1896b par Maskel à Hong Kong et en 2000 par Hua à Hubei. Dans la zone du Paléarctique, elle a été signalé en Algérie d'abord en 1867 par Boisduval, par la CIE en 1964, par Danzig et Pellizzari en 1998, par Tao en 1999 et par EPPO en 2003 selon AGR-a6 (2003); et en Croatie par Masten Milek en 2008; (<http://198.77.169.79/scalenet/scalenet.htm>) et AGR-a6, 2003). L'ouest Australasien *P. ziziphi* a été signalé par Maskel de 1896-1897 sur citronnier et sur oranger. Dans la zone Nearctique, elle a été signalée par Wilson en 1917, aux Etats Unis d'Amérique par Miller en 2005. Dans la zone Neotropicale,

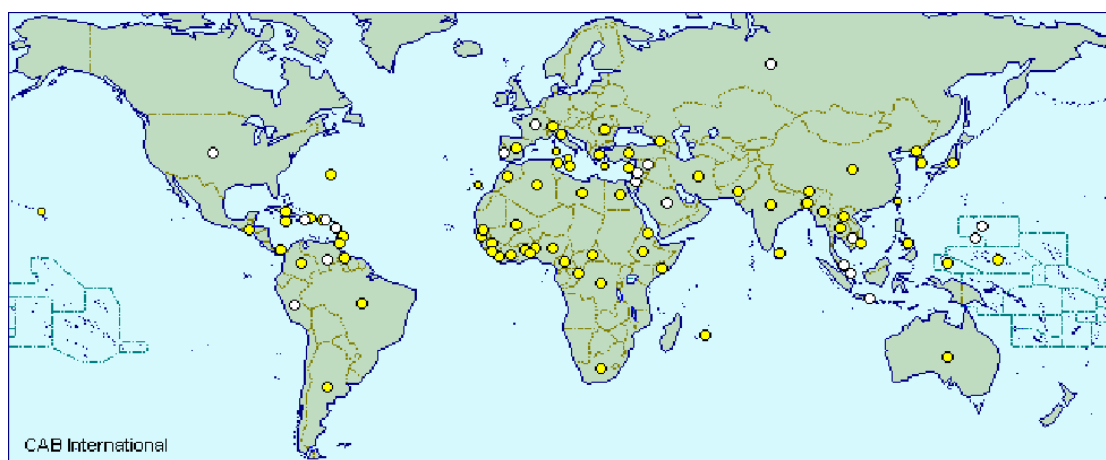


Figure 14: Répartition géographique mondiale de *P. ziziphi*. (Légende : points jaunes = présence sans plus de précision ; blancs = présence restreinte à certaines zones).

6.2 - *Aonidiella aurantii*

✓ **Systematique**

Cette espèce appartient à la tribu des Aspidiotini, sa classification se base sur la morphologie du pygidium (Fig. 15).

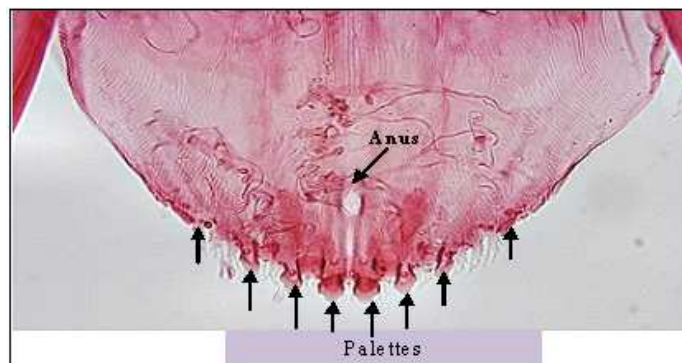


Figure 15: Pygidium d'*A. aurantii*
(<http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5466516>).

✓ **Structure**

La femelle est régulièrement circulaire, très aplati, translucide, ne laissant voir la femelle par transparence, rouge-brun pale fortement sclérifiée. Le male est allongé ovale, de couleur pâle par rapport à la femelle, l'exuvie est rejeté légèrement vers une extrémité (Ferris, 1938a). La femelle adulte a un cephalothorax fortement élargi et débordant latéralement sur les cotés du pygidium à contour fréquemment ondulé. Le pygidium est pourvu de 4 palettes (L_1, L_2, L_3, L_4) : les 3 premières sont développées, les L_4 réduites à une crête dentiforme faiblement saillante et la L_1 est légèrement plus développées que la palette L_2 , cette dernière est sensiblement égale à L_3 . L_1 symétriques aussi larges que longues, à encoches latérales symétriques et régulières. L_2 est légèrement asymétriques, pourvues d'encoches latérales. L_3 est asymétriques, arrondies à marge interne lisse et marge externe serratulée (3-4 denticulations). Présence de 3 forts peignes extérieurs de même taille, à base élargie, a extrémité fourchue, spiniforme et cote externe finement serratulée. Les macropores médians présents, remontant au-dessus du niveau de l'anus. Le deuxième groupe de 5-12 éléments disposés en rangées obliques. Le troisième groupe de 6-18 éléments à disposition identique. Présence sur la face ventrale de trois apophyses pré-génitales marquées sur un fond cuticulaire légèrement réticulé (Fig. 15).

✓ **Biologie**

Le Pou de Californie est bisexué, et peut infester toutes les parties aériennes des plantes hôtes (Ferris, 1938a). Une étude d'évaluation des stimuli gustatifs responsables de l'immobilité de la larve, a montré que ces dernières répondent à diverses solutions artificielles nutritives en sécrétant derrière elles les substances cireuses à travers les membranes formant le bouclier (Walker et Bendar, 1986). La phéromone sexuelle du pou a été identifiée et synthétisée (Roelofs *et al.*, 1978). Millar et Hare (1993) ont isolé et identifié une kairomone du bouclier du Pou, qui fonctionne comme un stimulus de la ponte. Les mâles ont des difficultés à trouver et s'accoupler avec les femelles lorsqu'ils sont exposés à un environnement avec une haute concentration de phéromone sexuelle. Les femelles soumises au traitement de phéromone ont montré un temps de développement plus lent et une faible fécondité de la population que les femelles de contrôle. Le retard dans le développement peut prolonger l'exposition des stades de développement immatures à leurs ennemis naturels, allongeant ainsi le temps pendant lequel ils sont vulnérables. Vanachlocha *et al.*, (2012) rapportent que *A.aurantii* ne montre pas une préférence pour les zones intérieures de la canopée. Les larves montrent un phototropisme positif et ont tendance à s'y rendre pour gagner les fruits et jeunes feuilles. Campos-Rivela *et al.*, (2012) rapportent aussi que, *A. aurantii* semblent montrer une préférence pour les jeunes arbres en bon état végétatif, où les infestations ont tendance à être plus sévères (Bodenheimer, 1951). En se basant sur le nombre d'adultes capturés dans des pièges dans les vergers d'agrumes à Tarragone (Espagne), Campos-Rivela *et al.*, (2012) ont observé quatre vols de mâles d'*A. aurantii*. Presque tous les mâles ont émergé au cours d'une après-midi et étaient morts le lendemain matin (Mendel *et al.*, 2012). Biche *et al.*, (2012) ajoute que cette cochenille manifeste trois générations annuelles et l'hivernation touche essentiellement les femelles adultes fécondées, rarement les larves du deuxième stade.

✓ Distribution et origine dans le monde (Fig. 16).

A.aurantii est signalé comme un important ravageur en Chine (Chen, 1936), en Egypte (Hosny, 1943, Coll et Abd Rabou, 1998), en Libye (Martin, 1954), à Taiwan (Chang Tao, 1963), en Tunisie (Bénassy et Soria, 1964), en Italie (Liotta, 1970), au Nigeria (Boboye, 1971), à Puerto Rico (Cruz et Segarra, 1991) et au Brésil (Gravena *et al.*, 1992).

Dans la zone afro-tropicale, cette cochenille a été signalée pour la première fois en Afrique de sud par Rosen et Debach (1978) ensuite aux îles Maurice par Bedford (1989). Au niveau de la zone australienne, elle a été signalée d'abord au Bonin Islands (Japon) ensuite à l'archipel de Fidji (Océanie: océan Pacifique sud) par Hodgson, et Lagowska en 2011. Dans la zone Néarctique, le pou de Californie a été signalé pour la première fois aux États Unies d'Amérique (Californie) par Comstock en 1881a et dernièrement au Mexique par Myartseva et Ruíz-Cancino en 2000. Dans la zone Neotropicale, elle a été signalée d'abord en Argentine par McKenzie (1937) et dernièrement à Saint Lucia (Antilles) par Malumphy en 2012b. Au niveau de la zone orientale, elle a été signalée d'abord au Sri Lanka par Green (1896) et ensuite au Sri-Lanka par Wong *et al.* (1999). Par contre, dans la région Paléarctique, elle a été signalée au Japon par Kuwana (1902) et par Kaydan *et al* (2007).

En Algérie, ce ravageur a été observé par Belmiloud en 1995, Chouchaoui, en 1991 Kihel en 1992, Chorfa en 1993, Nebri en 1994, Merahi, 2002, Saighi *et al.* en 2005 et Belguendouz en 2006.

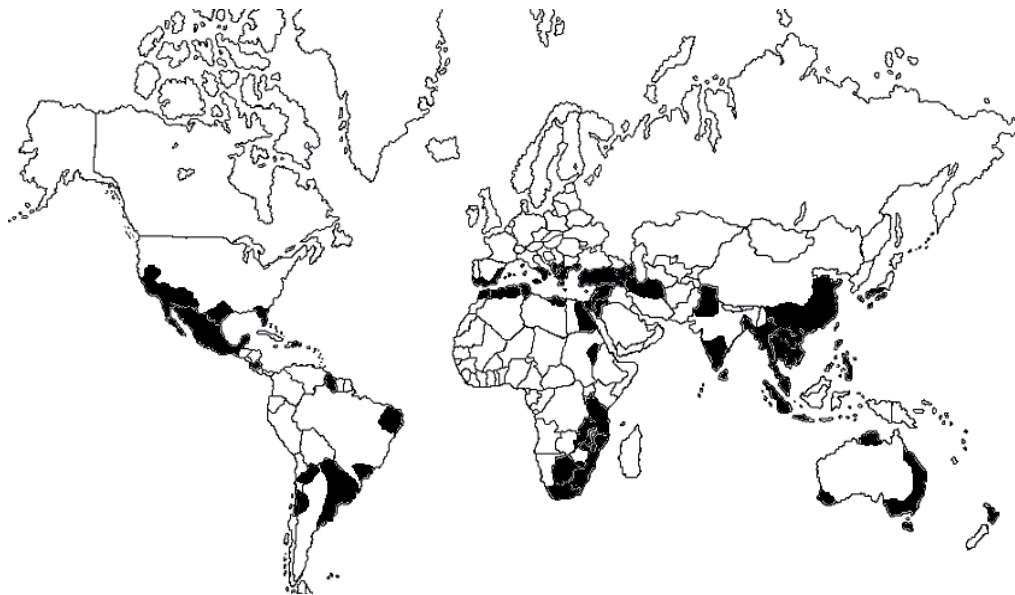


Figure 16: Carte de distribution géographique du pou rouge de Californie *A. aurantii* dans le monde (Flanders, 1971; Viggiani, 1988; Claps *et al.* 2001; Hill, 2008).

✓ **Importance économique et contrôle**

Le pou de Californie, est le plus important des ravageur des agrumes dans la plupart des régions productrices d'agrumes du monde (Quayle, 1911a, 1938a; Bodenheimer, 1951; Ebeling, 1959; Rosen et DeBach, 1978). Outre les recherches approfondies sur la lutte chimique, il y avait des études approfondies sur la lutte biologique contre ce ravageur (Compère, 1961; Rosen et DeBach, 1978).

6.3 - *Lepidosaphes beckii*

✓ **Systematique et classification**

L. beckii appartient à la tribu des Lepidosaphedina, avec un puparium mâle de même structure que le bouclier femelle, plus étroit mais légèrement évasé vers l'apex. Il est généralement plus claire, totalement dépourvu de carènes longitudinales.

Le bouclier de la femelle est allongé, étroit, mytiliforme ou piriforme, de couleur généralement sombre, brun foncé, devenant plus claire (blanchâtre, bistre clair) ou plus sombre (noir intense chez certaines espèces).

Le pygidium de la femelle possède des L_1 parallèles ou subparallèles, jamais conjuguées à la base par une sclérose médiane interne. L'espace médian, dans la grande majorité des cas, pourvu de deux épines glandulaires (manque chez certaines espèces qui n'existent pas chez nous) (Fig.17).

Les glandes margino-dorsales médianes sont toujours absentes. Présence de 2 à 8 macropores margino-dorsaux de grande taille (Mégapores) localisées sur les segments IV à VII du pygidium. Ces derniers exclusivement marginaux, ont une ouverture ovale épaissie dirigée obliquement ou sub-parallèle à l'axe médian du corps de la cochenille. Ils se distinguent à première vue par leur taille et leur forme, des macropores et micropores submarginaux et submédians des segments pygidiaux et prépygidiaux, qui sont de taille plus réduite et disposés en groupements coordonnés plus ou moins denses sur les différents segments (Fig. 17).

Ces caractères peuvent s'atténuer et même manquer chez certaines espèces, mais il est rare qu'ils fassent tous complètement défaut et c'est là un critère suffisant pour différencier les *Lepidosaphedina* des *Diaspidina*. (Balachowsky, 1932)



Figure 17: Pygidium de *L. beckii*

Macroscopiquement, les *Lepidosaphedina* se distinguent par la forme et la couleur de leur bouclier femelle. Celui-ci est généralement étroit, allongé, incurvé ou rectiligne avec un voile ventral blanc complet ou incomplet formant un repli qui retient les œufs, les exuvies larvaires sont toujours rejetées en avant. La coloration de la femelle vivante est variable (blanchâtre, jaune citron, orange, lilacine, verdâtre) mais la pigmentation est vineuse foncée ou jaune intense chez les *Diaspidina*.

✓ **Structure**

La femelle a la forme d'un moule, de 3-4 mm de long, brun clair. Le corps de la femelle adulte est blanc et maintenu au dessous du bouclier par une mince membrane blanche (Smith *et al.*, 1997). Le puparium mâle de même ne structure que le bouclier femelle, plus étroit mais légèrement évasé vers l'apex. Il est généralement plus claire, totalement dépourvu de carènes longitudinales. Le pygidium de la femelle possède des L₁ parallèles ou subparallèles, jamais conjuguées à la base par une sclérose médiane interne. L'espace médian, dans la grande majorité des cas, pourvu de deux épines glandulaires. Le bouclier de la femelle est allongé, étroit, mytiliforme ou piriforme, de couleur généralement sombre, brun foncé, devenant plus claire ou plus sombre. Celui-ci est généralement étroit, allongé, incurvé ou rectiligne avec un voile ventral blanc complet ou incomplet formant un repli qui retient les œufs, les exuvies larvaires sont toujours rejetées en avant. La coloration de la femelle vivante est variable. (Balachowsky, 1932)

✓ **Distribution et origine (Fig. 18).**

L. beckii est une espèce à large distribution mondiale. Elle a été signalée de plusieurs zones géographiques suivantes : de la zone Afrotropicale par Marchal (1909) et au Nigeria (au Cap vert) par Fernan (1999). De la zone australienne par Maxwell de 1902 et en Australie par Miller et Davidson en 2005. De la zone Néarctique: par Comstock (1881) en Californie, par Miller et Davidson (2005) à Missouri, New York, Caroline du Nord, Oklahoma, Pennsylvanie et la Caroline du Sud. De la zone Neotropicale: par Riley et Howard (1893) à l'Antigua, à Barbuda (Jamaïque) par Cockerrell (1893b), à Grenada (Espagne) par Cockerrell (1897g) et Ballou (1912), Dans les zones Orientales, elle a été signalée par Cockerrell (1897g) au Sri Lanka, à l'ouest du Bengale par Nath (1972), au Népal (Takagi, 1975) et au Bangladesh par Malumphy, Halstead, et Salisbury. (2012). De la zone du Palaeoarctique: par Balachowsky en 1930d en Algérie; et en fin par Franco *et al.* en 2011, à Azores (Portugal).

Cette cochenille est le premier ravageur le plus communément introduit en Angleterre et souvent cité comme cochenille, incorrectement, installée en Bretagne (Malumphy *et al.*, 2012).

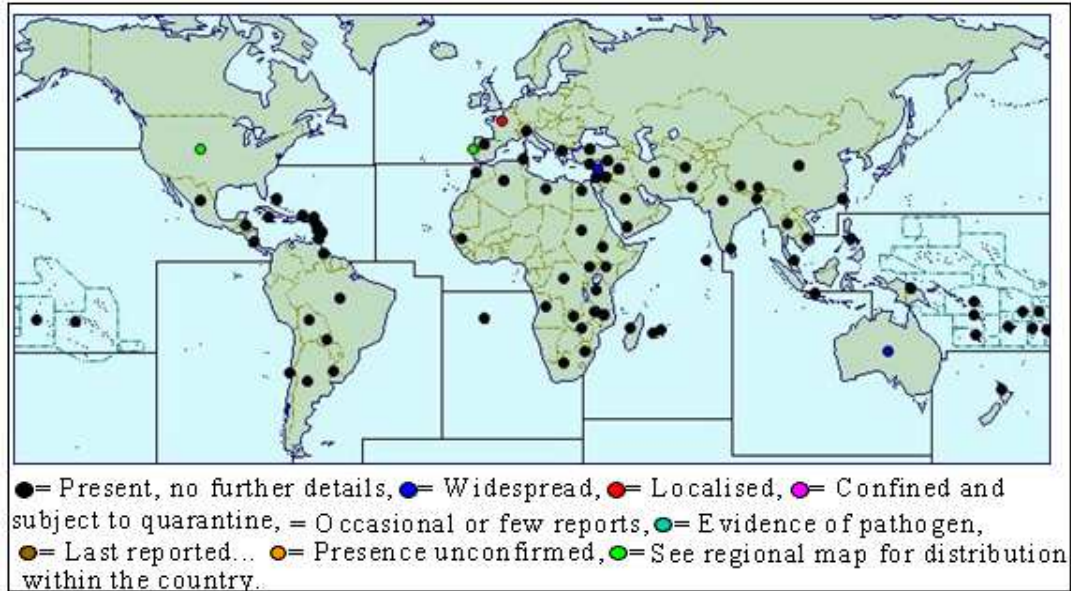


Figure 18: Répartition de *L. beckii* dans le monde (Quilici et CIRAD, 2003).

✓ **Biologie**

Dans le Cap oriental en Afrique du Sud, *L. beckii* développe quatre générations par an (Devilliers, 1998). La femelle dépose 50-100 œufs de couleur nacré en deux rangées sous le bouclier. Les œufs éclosent en deux semaines. Hely et Gellatley (1961) ont constaté que les premiers œufs éclosent sont déposés lorsque la femelle a l'âge est d'environ 90 jours. La première mue survient deux semaines après l'éclosion en été. La deuxième mue nécessite environ 3 semaines en été. L'accouplement a lieu peu de temps après la seconde mue, et les œufs sont pondus environ 15 jours plus tard Hely et Gellatley (1961). Johnson et Lyon (1976) indiquent que les femelles au stade violet pondent 60 à 80 œufs. Lindgren et Dickson (1941) en Californie, n'ont jamais observé de ponte des femelles isolées.

Les larves s'installent dans des sites abrités, sur les vieilles feuilles et fruits sous lobes du calice. Le cycle de vie prend environ 6-8 semaines en Australie (Smith et *al.*, 1997). Ebeling (1959) souligne que la larve néonate préfère les zones humides. En Californie, la cochenille ne se reproduit pas dans les zones intérieures, mais elle devient un ravageur important dans les zones côtières. En Australie, Hely et Gellatley (1961) ont constaté que la cochenille préfère les *Citrus*, mais de fortes infestations ont également eu lieu sur *Ilex*. Le nombre moyen de larves du 1^{er} stade produites par chaque femelle est d'environ 150 au printemps et 70 en automne. Le chimiotropisme est donc déterminant dans le comportement de recherche des Larves mobiles lors de leur fixation au printemps (Benassy, Onillon, Brun, 1983).

Cette cochenille produit 3 générations par an Chili dans la région du nord, 2-3 générations par an dans la région centrale, et une génération par année dans la région du sud (Zuniga, 1971). Bénassy et *al.* (1975) ont rapporté que le pou de Californie a deux générations par an en France (Côte d'Azur), 4 en Italie (Naples), 3 en Egypte et en Tunisie. Smirnoff (1960) a compté 4 générations par an au Maroc.

En Palestine, Avidov et Harpaz (1969) ont signalé que la durée de développement requis en été de la femelle est d'au moins 50 jours (44 jours pour les males) et en hiver, 110 jours ont été nécessaires. Bodenheimer, (1951) a trouvé que la parthénogenèse facultative est commune.

✓ **Importance économique et contrôle**

L. beckii, est considéré parmi les ravageurs les plus répandu et causant des dégâts graves (Miller et Davidson, 1990 et 2005) surtout aux agrumes en Afrique du Sud (Bedford et Cilliers, 1994) et en Espagne (Rodrigo Garcia et Mari, 1990, Beardsley et González 1975).

Selon Dekle (1976), cette cochenille est un ravageur des agrumes mineur en Floride depuis l'apparition du parasite *Aphytis Lepidosaphes* Compère. Ce parasite semble se répandre beaucoup dans la Floride, en Californie et au Mexique où il a été importé de Chine entre 1948 et 1949. Cette cochenille est plus fréquente dans le sud des États-Unis sur les agrumes. Ebeling (1959) affirme que les attaques à grande échelle gagnent toutes les parties de l'arbre, et les blessures peuvent être graves. En Californie, une défoliation et un dépérissement se produisent généralement sur le côté nord inférieure des arbres. Un niveau d'alimentation élevé provoque des taches jaunes sur les feuilles. Dans les cas similaires, les fruits n'atteignent pas leur couleur normale et restent vertes. La cochenille a été classée comme le quatrième ravageur plus important des agrumes au Texas en 1950 (Ebeling 1950). Il a également noté que, dans certaines régions du Mexique, dans les Antilles, en Amérique centrale, le Pérou, le Chili, le Paraguay, le Brésil, et certaines régions d'Asie du sud-est, qu'il est un ravageur le plus important d'agrumes. Dean (1975) a noté que *L. beckii* est désormais sous contrôle biologique complet par *Aphytis lepidosaphes*.

7 - Répartition géographique des Diaspididae inféodées aux agrumes en Algérie (Fig. 19).

En Algérie, nous avons rencontré quatre espèces de diaspines redoutables pour les agrumes, par ordre de virulence nous citons *P. ziziphi*, *A. aurantii*, *L. beckii* et *Chrysomphalus dictyospermi*.

L'aire de répartition de *P. ziziphi* coïncide partout avec celle de sa plante hôte (Balachowsky, 1932), sa présence à été signalée depuis 1867 par Boisduvalier et, comme un ravageur économique important depuis 1975 par Talhouk et, mentionnée dans diverses régions du pays, même dans les oasis par Ouzzani (1997) et Belguendouz et Biche (2006).

L. beckii a été rencontré en Algérie, dans la région de Boufarik, par Jafjaf (1978), Khoudour (1980), Mouas (1985), Mouandza (1990), Chouchaoui (1991), et signalé pour la première fois par Balachowsky (1930d); Saïghi *et al.* en 2005, et Belguendouz (2006).

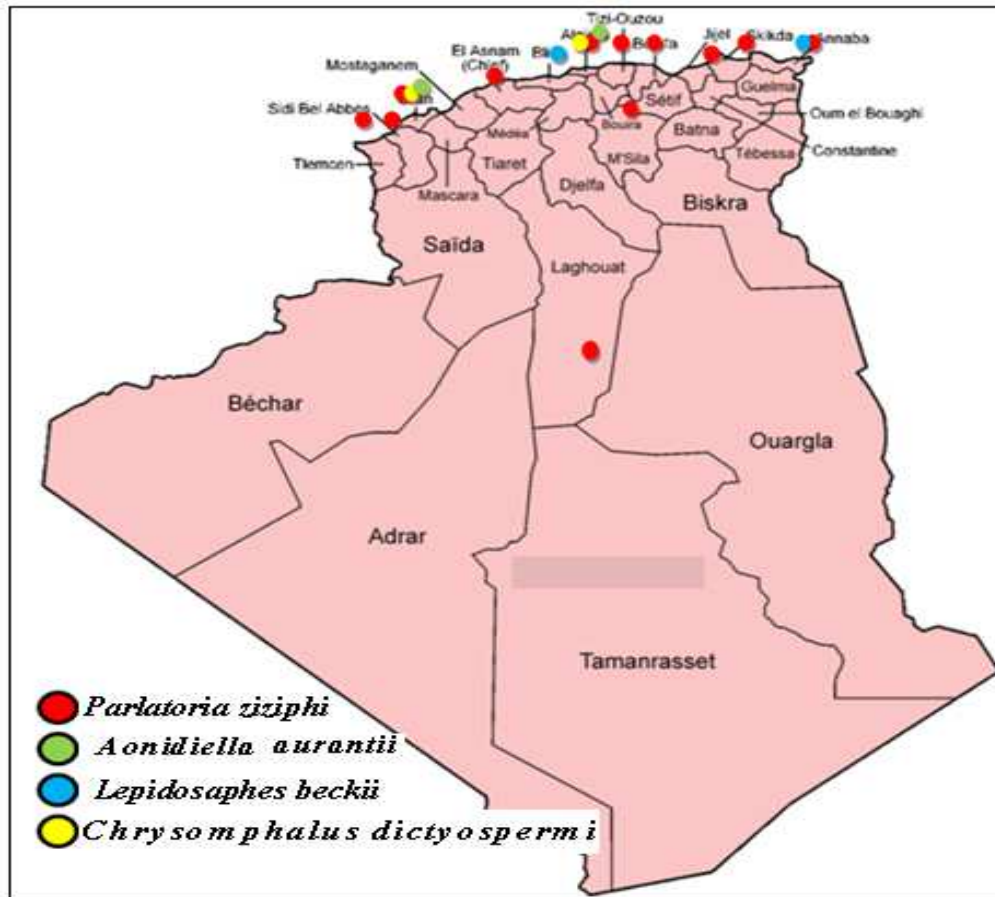


Figure 19: Répartition des trois diaspiques inféodées aux agrumes en Algérie.

8 - Dégâts et importance économique des diaspiques

✓ Importance économique

D'une façon générale, les dégâts économiques causés par les cochenilles diaspiques sont souvent particulièrement difficiles à quantifier (Kosztarab, 1990).

P. ziziphi est considéré comme un ravageur sur *Citrus* (Miller et Davidson, 1990), mais il existe peu de détails sur les pertes économiques causées par l'insecte. En France, Foldi (2001) le mentionne comme un ravageur économiquement important. Il est également cité comme ravageur important sur agrumes en Egypte (Coll et Abd rabou, 1998). Dans l'Est de Java (Indonésie) de sérieux dégâts sont signalés sur les rameaux et les feuilles des variétés de *Citrus nobilis* (Kalshoven, 1981). Praloran (1971) qualifie *P. ziziphi* de « cochenille la plus difficile à combattre ».

Cette espèce produit un impact important sur les productions d'agrumes et les pertes concernent avant tout la production locale, qui n'est toutefois pas négligeable pour l'économie. Elle est mise en quarantaine en France en 2003 (Quilici, 2003).

✓ **Symptômes et dégâts.**

L'injection des toxines contenues dans leur salive, provoque des dégâts, lors de la prise de nourriture. Cette sécrétion salivaire phytotoxique provoque une destruction de la chlorophylle qui a pour conséquence une désorganisation totale des cellules atteintes (Piguet, 1960). Certaines cochenille rejettent également un miellat sucré sur les rameaux, les feuilles et les fruits, les rendant collants et gluants (cas de *P. ziziphi*). Sur ce miellat se développent des champignons qui provoquent de dépôts de la fumagine et l'attraction de certains insectes (Fourmies) qui s'en nourrissent et qui dispersent les œufs sur les feuilles ou les autres organes de la plante.

Les dégâts sont d'ordre quantitatif, chute prématurée des fruits au printemps lors de sévères attaques, et une défoliation partielle, accompagnée d'un dessèchement plus au moins poussé de rameaux, branches charpentiers avec pour effet plus lointain, réduction de la production des années suivantes.

Les dégâts qualitatifs se traduisent par la dépréciation de la valeur marchande du produit. Avant l'éclatement du fruit, il y a déformation suivi d'une sclérisation, un arrêt de croissance, une décoloration des fruits et enfin un dessèchement superficiel de l'écorce (Benassy, 1975).

Les plantes très attaquées s'épuisent, les sarments s'aoutent mal avec une défoliation précoce. Cela peut occasionner des retards au débourrement de 8 sur 15 jours l'année suivante.

Les petites branches, les feuilles et les fruits, sont particulièrement atteints et la cochenille forme le plus souvent à leurs surfaces, une véritable croûte (figure 20). Les arbres très envahis par cette cochenille dépérissent. Les feuilles jaunissent et tombent en grand nombre, les fruits présentent un piqueté noirâtre dû à la présence d'innombrable individus, (Smirnoff, 1950).

D'après Trabut, (1910 in Ouzzani, 1997) les orangers couverts par *P. ziziphi* installés sur les feuilles et les rameaux souffrent, végètent mal et donnent de petits fruits. Lorsque les plantes sont très envahis par *P. ziziphi* par exemple, les fruits perdent partiellement leur jus et reste rabougris, mais en général ce phénomène ne se manifeste que lorsque l'invasion est très virulente (Balachowsky ,1948). Les déformations du zeste causées par le pou noir sont minimales, mais les fruits contaminés sont impropres à la commercialisation, puisque la cochenille adhère si fortement au substrat qu'elle ne peut être enlevée ni par lavage, ni par brossage (Chapot et Delluchi, 1964).

Par contre, *A.aurantii* et *L.beckii* provoquent surtout des problèmes d'affaiblissements des arbres fortement attaqués du fait des prises alimentaires notamment sur les feuilles, les jeunes rameaux et les fruits. Les encroûtements peuvent aussi perturber la photosynthèse.

Sur fruits, les boucliers et les prises alimentaires entraînent des déformations du zeste. Les fruits ainsi atteints sont écartés du tri et ne sont pas commercialisés (Fig. 19). (<http://e-phy.agriculture.gouv.fr>).

9 - Facteurs de pullulations

9.1 - Facteurs abiotiques

Selon Faurie *et al.* (1980), le climat d'une région a une importance primordiale parce qu'il joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants.

Le climat, notamment la température et l'hygrométrie sont d'une grande importance dans l'évolution des populations et sur la biologie des ravageurs. En effet, les conditions agissent étroitement sur la rapidité et la croissance des stades larvaires en particulier les larves du premier stade. Elles sont identiques et sensiblement pour les deux sexes, car on n'observe apparemment aucune différence dans l'évolution du premier stade larvaire entre les individus males et femelle (Bodenheimer, 1951)

Pendant l'hiver, *P.ziziphi* mène une vie ralentie, (Rebour, 1945), car les températures peu élevées freinent considérablement son développement, (Chapot et Delucchi, 1964). Il a été remarqué que *P.ziziphi*, supporte un peu mieux les températures et une faible humidité relative de l'air que les autres diaspines, *L.beckii* et *Ch.dictyospermi*. (Ouzzani, 1997).

D'après Benassy, (1975), l'influence climatique se traduit par un décalage de la date d'apparition des diverses générations dans le temps et par un échelonnement plus grand des périodes d'éclosions. En effet, des écarts de quelques degrés de température, l'humidité relative de l'air, une insolation trop intense, un vent trop brusque, sont susceptibles de déterminer, chez toutes les espèces, une mortalité importante et d'anéantir des générations entières (Balachowsky, 1939).

9.2 - Facteurs biotiques

9.2.1 - Les ennemis naturels des diaspines

Les cochenilles, en général, causent d'importants dégâts sur les cultures en dépit de nombreux ennemis naturels qui sont susceptibles de limiter leur pullulation. Seuls les prédateurs et les parasitoïdes ont été matières à plusieurs investigations (Benassy, 1975; Guyot et Quilici, 1987).

✓ Les prédateurs

Parmi les prédateurs s'attaquant aux cochenilles diaspines, les coccinelles tiennent une place de choix sur les plans quantitatifs et qualitatifs (Doumandji-Mitiche et Doumandji (1988).

Les plus efficaces dans la lutte contre les diaspines sont essentiellement les Coléoptères (Coccinelles), les Héteroïptères (Punaises), les Névroptères (Chrysopes) et les Arachnides (acariens et araignées). Il est à noter que c'est la larve qui est la plus vorace, et donc la plus efficace. L'adulte ayant un régime alimentaire varié (insectes, nectar, pollen etc.) est peu vorace. L'action des prédateurs est rapide, directe et non spécifique.

***Les coccinelles : (Coleoptera, Coccinellidae)**

En Algérie, Saharaoui (1994 et 1998) a pu recenser 12 et 4 coccidiphages respectivement dans l'algérois et la Mitidja. La plupart se nourrissent de cochenilles inféodées aux strates arbustives.

- □ *Chilocorus bipustulatus*
- *Brumus quadripustulatus*
- □ *Brumus quadripustulatus* var. *floralis*
- □ *Rodolia (Novius) cardinalis*
- □ *Scymnus (Pullus) suturalis*
- □ *Scymnus (Mimopullus) fulvicollis*
- □ *Scymnus (Mimopullus) mediterraneus*
- □ *Nephus peyerimboffi*
- □ *Nephus quadrimaculatus*
- □ *Pharoscymnus setulosus*
- □ *Pharoscymnus nimidicus*
- □ *Pharoscymnus ovoideus*
- □ *Exochomus (Parexochomus) anchorifer*
- □ *Exochomus nigripennis*
- □ *Pullus fluvicollis*

D'après Smirnoff (1950), la mortalité naturelle due aux ennemis du Pou noir de l'oranger atteint par des endroits des proportions importantes. Elle est produite par l'attaque de Coléoptères prédateurs de la famille des Coccinellidae, *Chilocorus bipustulatus*, *Lindorus lophantae*, d'acariens prédateurs d'œufs et des insectes parasites, surtout des hyménoptères chalcidiens.

* Les acariens

Hemisarcoptus malus : prédateur de *Lepidosaphes beckii* (Balachowsky, 1954 ; Smirnoff, 1951) et de *Parlatoria oleae* (Biche, 1987). *Cheletogenes ornatus* prédateur de *Parlatoria oleae* à Cap djinet (Biche, 1987) (Fig. 20).



Figure 20: *Cheletogenes ornatus*

* Les Nevroptera

Coniopteryx sp. vit sur différentes espèces de cochenilles diaspines principalement celles vivant sur les agrumes (Ouzzani, 1984, Adda, 2006, Gherbi, 2006, Haddoum, 2006 et Agagna, 2009) (Fig. 21).



Figure 21: Cocon de *Coniopteryx sp*

✓ Les parasites et les parasitoïdes

Ce sont généralement des microhyménoptères ou des diptères (Moucheron, mouches, petites guêpes). Ces parasites sont divisés en deux groupes : Les ectoparasites et les endoparasites. Les ectoparasites pondent leurs œufs à proximité de l'hôte tandis que les endoparasites les déposent dans le corps de l'hôte.

***Les hyménoptères**

Les principaux parasites hyménoptères connus des cochenilles diaspines sont:

Les *Aphytis* (Aphelinidae): Le genre *Aphytis* ectoparasites du stade adulte (Howard, 1900) comptait 38 espèces en 1965 (Ferriere, 1985) auxquelles on a rajouté 52 parasites supplémentaires, en 15 ans plus tard (Rosen et De Bach, 1979). Actuellement on compte 130 espèces connues dans le monde (<http://internt.nhm.ac.uk/jdsml/perth/chalcidoids/index.dsml>).

En Algérie, les parasites des diaspines rencontrés sont au nombre de 23 appartenant au genre *Aphytis* et *Aspidiotiphagus* et *Prospaltella* et *Encarsia*. Ces parasites ont pu parasiter 28 diaspines dans les conditions Algérienne (Belguendouz et Biche, 2006).

Les microhyménoptères Aphelinidae qui appartiennent à la superfamille des Chalcididae. Les Aphelinidae appartenant à différents genres: *Aphytis*, *Encarsia*, *Marietta*, *Coccophagus*, *Azotus*, *Physcus* et *Coccophagoides* (Ferriere, 1985) (Tab.1).

Tableau 1: Principaux parasites de diaspidines

Principaux parasites de diaspididae		
Aphelinidae		Chalcidoidea
Dans le monde	En Algérie/Belguendouz (2006)	
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Aphytis mytilaspidis</i> - <i>A phytis lignanensis</i> - <i>Aphytis lepidosaphes</i> Compere, 1955 <ul style="list-style-type: none"> - <i>Aphytis coheni</i> De Bach, 1960 - <i>Aphytis chrysomphali</i> Mercet. 1912 - <i>Aphytis melinus</i> De Bach, 1959 - <i>Aphytis hispanicus</i> Mercet, 1912 - <i>Aphytis maculicornis</i> Masi, 1911 - <i>Aphytis chilensis</i> Howard, 1900 - <i>Aphytis aonidae</i> Mercet 1911- - <i>Aphytis proclia</i> Walker, 1839 	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Aphytis aonidia</i> qui parasite 4 diaspidines. -<i>Aphytis hispanicus</i> qui parasite 6 diaspidines. -<i>Aphytis chrysomphali</i> qui parasite 6 diaspidines. -<i>Aphytis mytilaspidis</i> qui parasite 5 diaspidines -<i>Aphytis sp</i> qui parasite 5 diaspidines. -<i>Apphytis maculocornis</i> qui parasite 4 diaspidines. -<i>Aspidiotiphagus citrinus</i> qui parasite 8 diaspidines. -<i>Prospaltella perniciosus</i> qui parasite 3 diaspidines 	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Encarsia lounsburyi</i> -<i>Encarsia citrinus</i> -<i>Encarsia inquirenda</i> -<i>Encarsia perniciosi</i> -<i>Encarsia citrinus</i> Craw, 1891

Tableau.2 : Quelques champignons utilisés dans la lutte contre les cochenilles diaspidines.

	Diaspidines	<i>P. ziziphi</i> (Balachowsky <i>et al.</i> , 1948)		<i>A.aurantii</i> (Mouandza, 1990) et Kihel ,1992)
1. Champignons	- <i>Fusarium larvarum.</i>	<u>Ascomycètes:</u>	<u>Champignons:</u>	- <i>Aspergillus sp</i>
	- <i>Fusarium coccophilum</i>	- <i>Hypocrella aleyrodis</i>	<u>imparfaits</u>	- <i>Cladosporium sp</i>
	- <i>Fusarium jurnanum</i>	- <i>Nectaria aurantiicola</i>	- <i>Aschersonia marginata</i>	
		- <i>Nectaria flamea</i>	- <i>Fusarium juruanum</i>	
		- <i>Podonectria aurantii</i>	- <i>Verticilium lecanii</i>	
		- <i>Sphaerostibe furikuroi</i>	- <i>Verticilium parlatoriae</i>	

Chapitre II :
Présentation de
la plante hôte: les agrumes

Chapitre II : Présentation de la plante hôte : les agrumes

1 - Origine et histoire de la propagation des agrumes dans le monde

Les agrumes, sont presque tous originaires de Chine et d'Inde où ils étaient connus il y a 3000 ans, cultivés d'abord pour leurs parfums, puis pour leurs fruits (Legrand, sd; Loussert, 1985). De tous temps, ils ont été appréciés pour leurs qualités décoratives dont la beauté du feuillage, des fleurs et des fruits. S'ajoutent à la fragrance de la floraison, leurs parfums, leurs vertus médicinales, leurs goûts, leur richesse en glucides (8,5 à 12%), la vitamine C (40 à 80 mg/100g), le calcium (40mg%) et les autres éléments minéraux (5 à 15 mg%), les oligoéléments, les fibres, les acides organiques, autres composants énergétiques (protéines), les substances aromatiques et les pigments (Lesne, Régine, 1999).

Ces agrumes ont été rapportés par la suite en Syrie et en Italie du Nord par des croisés et en Espagne islamisée du 7^e siècle. Le connétable de Bourbon (1490-1527) aurait apporté à Chantilly le 1^{er} oranger vu au nord de la Loire, qui est devenu à la mode sous Louis XIV. Les fleurs distillées, donnent de l'essence dite néroli ou de l'eau de fleur (connue au 16^e siècle, utilisée en 1680 comme parfum par la duchesse de Néroli) (Anonyme¹, 2005). A partir de cette ère, la diffusion des agrumes dans le monde fait son chemin (Praloran, 1971).

Le bassin Méditerranéen est considéré comme le tremplin de la diffusion de la culture des agrumes à travers le monde. Le Cédrat fut le premier agrume qui a été introduit par les Juifs durant le premier siècle après Jésus-Christ. Ce fut ensuite le tour du citronnier au XII^{ème} siècle, transporté par les caravanes arabes depuis la Perse où il été connu depuis des années. Quatre siècles plus tard, l'orange et le bigarade furent introduit au début du XVI^{ème} siècle, directement de Chine ou d'Inde par des marchands de Gènes ou du Portugal. En Occident, ce sont les Arabes qui l'introduisirent en le plantant en Espagne vers le 10^{ème} siècle, lieu de propagation vers l'Amérique à travers les îles Caraïbes par Christophe Colombos, ensuite du Brésil vers l'Australie en 1788 (Jacquemond *et al.* 2013).

Pour la catégorie des petits agrumes, leur introduction en Europe a été faite qu'au début du 19^{ème} siècle. Le dernier agrume introduit fut le pomelo, originaire des Caraïbes, au cours du 20^{ème} siècle (Anonyme, 2005). Au Moyen-Orient, les agrumes auraient été diffusés et cultivés dès le IV^e millénaire av. J-C, puis dans les pays méditerranéens, par les échanges commerciaux de l'antiquité jusqu'à nos jours. C'est ainsi, jusqu'à la fin du 16^{ème} siècle, les agrumes à l'exception du mandarinier, s'étaient répandus dans presque toutes les régions tropicales et subtropicales (Parfonry, 2001) (Fig.1). Les agrumes sont aujourd'hui distribués dans toutes les parties du monde comprises entre l'équateur et des latitudes légèrement supérieures à 40° (Fabrice et Le Bellec , 2007; Camille *et al*, 2009). (Fig.1).

Cette diffusion de la culture des agrumes, qui s'étend sur des zones tempérées chaudes aux zones tropicales, a été favorisée par les conditions climatiques avec une répartition qui s'est faite progressivement et en parallèle avec le développement des moyens de transport. Le climat favorable des régions: méditerranéenne, australienne, mexicaine et de l'Asie du sud, a offert les exigences écologiques, qui ont contribué à son implantation et son développement.

La carte présentée dans la figure 22, montre l'influence des échanges commerciaux dans la large distribution des agrumes dans le monde.

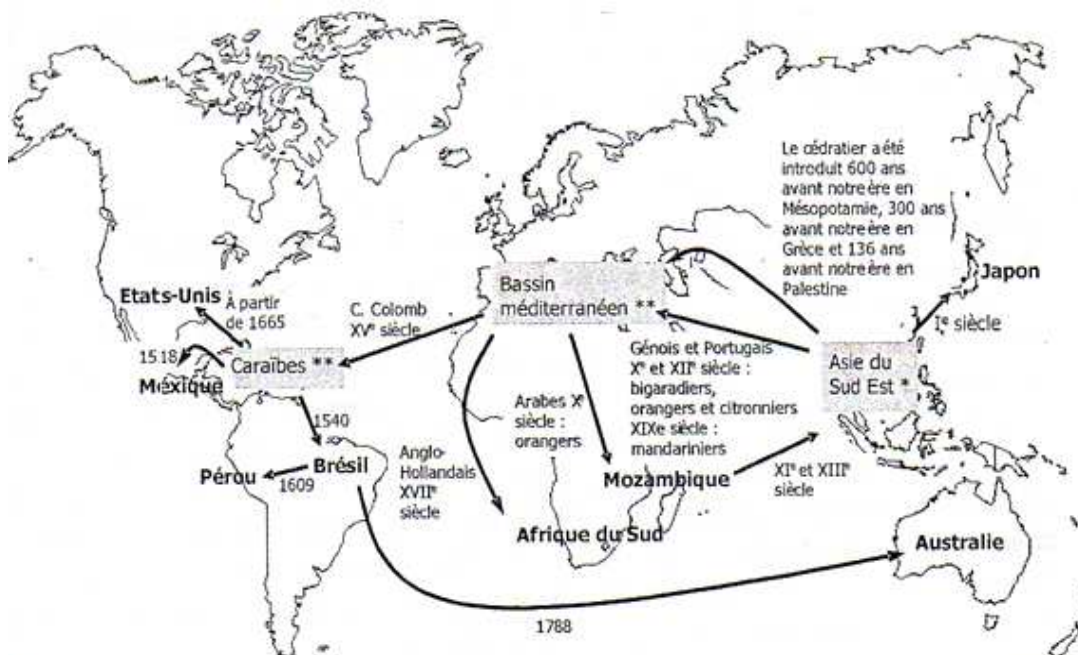


Figure 22: Origine et extension des agrumes dans le monde (Camille *et al*, 2009).

2 - Répartition des agrumes dans le monde

La production des agrumes est très répandue autour du globe. Selon les données statistiques de la FAO, en 2009-2010, plus de 142 pays produisaient des agrumes. Cependant, la majeure partie de la production se concentre dans certaines zones géographiques. La plupart sont cultivés dans l'Hémisphère Nord, comptant pour environ 70% de la production mondiale. Pour les différents types d'agrumes, la superficie totale plantée est évaluée à plus de 3 millions d'hectares, répartie sur une aire très large située approximativement entre les 40° de latitude Nord et Sud autour du Monde (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Agrume>) (Fig. 20). Les principaux pays producteurs d'agrumes sont les pays du bassin méditerranéen, qui constituent la première région productrice de fruits frais, la Chine, le Brésil et les Etats-Unis. La plupart des agrumes sont consommés à l'intérieur des pays producteurs; seulement 11% vont au commerce international (Anonyme, 2002) (Fig. 23).

Cette répartition concorde avec celle des trois espèces de cochenilles diaspines étudiées, ce qui montre leur préférence pour les agrumes.

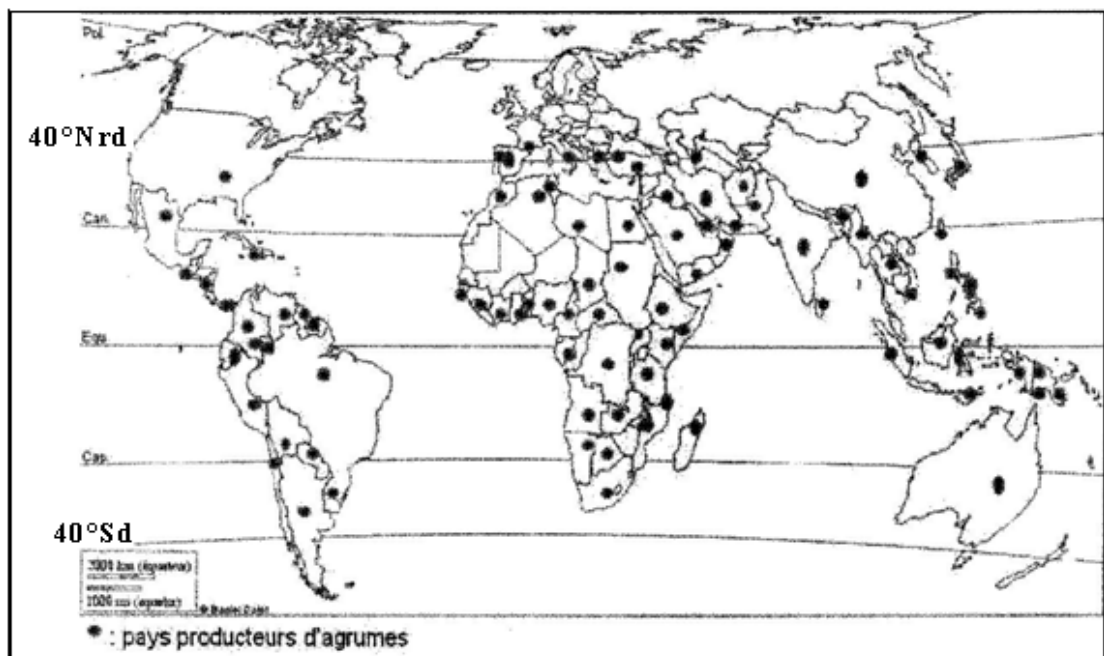


Figure 23: Principaux pays producteurs d'agrumes dans le monde

(Polèse, 2008 et Anonyme, 2010).

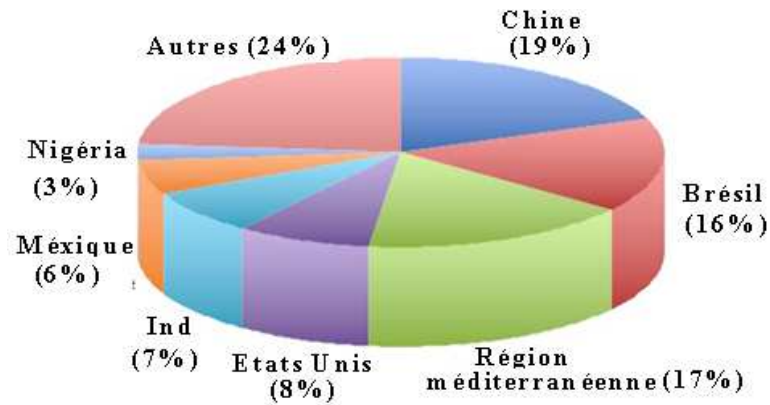


Figure 24: Répartition géographique de la production mondiale d'agrumes (Moyenne sur la période 2009-2010) (Anonyme, 2006a).

3 - Importance économique des agrumes

3.1 - Dans le monde

Les agrumes constituent un produit agricole essentiel assurant les sources nationales de revenus et d'emplois dans les zones rurales et périurbaines. Comme se sont des plantes ornementales, ils contribuent à la création d'agro écosystèmes plus stables et à la protection de l'environnement (Anonyme, 2012). Le succès du marché concurrentiel des agrumes est dû à leurs fruits, mais aussi à leurs parfums. Ce marché passe d'une structure gérée par les producteurs à un marché orienté vers les attentes des consommateurs. (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Agrium>).

Cette culture présente une importance économique considérable en tant que culture de rapport dans de nombreux pays, en tant que produit d'exportation dans la plupart d'entre eux et enfin comme source d'emploi et d'activité économique. (Ferhat *et al*, 2010). Les agrumes représentent le groupe de fruit le plus important du commerce international. Il existe deux marchés clairement différenciés : le marché du frais, avec une forte présence des oranges et le marché des produits transformés, principalement le jus d'orange. Un des développements majeurs survenus au cours des deux dernières décennies du 20^{ème} siècle a été la croissance des

échanges de la catégorie des petits agrumes, qui inclut les mandarines, les clémentines et les Satsumas, aux dépens des oranges fraîches (Anonyme, 2006a).

Cependant, la production et la consommation mondiales d'agrumes ont connu une période de forte croissance depuis le milieu des années 80. Ces niveaux de production ont permis l'augmentation de la consommation d'agrumes totale et par habitant. Cette augmentation est liée à la prise de conscience de l'homme des effets positifs de la consommation des fruits d'agrumes sur la santé humaine, démontrés par plusieurs études, notamment sur le citron, qui serait spécifiquement liée à la prévention de certains types de cancers (Loussert, (1985) ; Paillard, (1999); Loussert, (1989); Spreen et Thomas, (2001)) comme le cancer de la bouche, du pharynx, de l'œsophage, le cancer de l'estomac, ou encore le cancer du colon. Ainsi qu'un apport régulier en flavonoïdes provenant d'agrumes pouvait être associé à une diminution du risque de maladies cardiovasculaires (Meziane, 2007).

Les produits à base d'agrumes ont même connu une croissance continue avec le développement des transports et d'emballages, qui ont réduit les coûts et amélioré la qualité.

La croissance de la production mondiale des agrumes a été relativement linéaire au cours des dernières décennies du 20^{ème} siècle. La production annuelle totale d'agrumes s'est élevée à plus de 123 millions de tonnes sur la période 2009-2010; les oranges constituent la majeure partie de la production d'agrumes avec plus de la moitié (55%) durant cette même période. Les agrumes occupent les premières places en productions fruitières dans le monde, dont 60% d'Oranges, 18% de Petits agrumes (Mandarines et Clémentines), 11% de Citrons et Limes, et 5% de Pomelos) (Anonyme, 2012) (Fig. 25). L'augmentation temporelle linéaire de ces productions grâce aux développements majeurs survenus au cours des deux dernières décennies du 20^{ème} siècle, est encouragée, d'une part, par la croissance des échanges de la catégorie des petits agrumes, qui inclut les mandarines, les clémentines, et les Satsumas, aux dépens des oranges fraîches. Ceci s'explique par le fait de l'évolution des préférences des consommateurs (Thomas et Spreen, 2010.) et par la croissance des terres cultivées consacrées aux agrumes.

La production mondiale d'oranges (64 millions de tonnes) qui était la plus importante par rapport aux autres variétés, est ralenti en 2010, en raison de sa confrontation à deux principaux problèmes liés à des maladies, tels que le chancre des agrumes et la chlorose mouchetée des agrumes (*Citrus variegated chlorosis*, ou CVC), le virus de la *Tristeza* des agrumes et également le ralentissement de nouvelles plantations au Brésil et en Floride. 35,7 millions de tonnes de cette production sont utilisés en frais et 28,3 millions en transformés (Thomas et Spreen, 2010).

L'amélioration de la production d'agrumes de 1961 à 2010 est due principalement à la croissance des terres cultivées consacrées à cette culture, mais également à un changement de comportement de la part des consommateurs dont le revenu progresse et dont les préférences s'orientent de plus en plus vers des produits sains et pratiques.

Le diagramme suivant présente l'évolution de la production mondiale d'agrumes : (Source: Secrétariat de la CNUCED d'après les données statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).

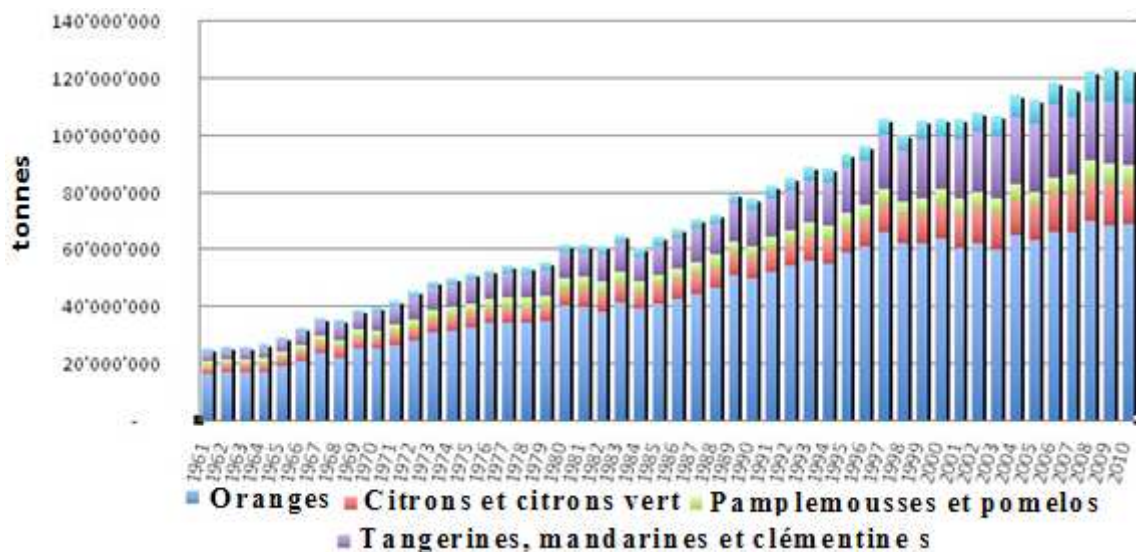


Figure 25: Diagramme de l'évolution de la production mondiale d'agrumes totale ainsi que par produit de 1961 à 2010 en tonnes. (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Agrum>).

Dans la région méditerranéenne, 16 à 17 millions de tonnes sont produites par les 12 pays membres du Comité de Liaison des Agrumes Méditerranéens (CLAM) (Fabrice *et al*, 2007 et Lebdi Grissa, 2010). Les premières places pour la production d'agrumes sont occupées par l'Espagne, la Palestine occupée et le Maroc. Les 75% des agrumes frais sont exportés de la région méditerranéenne (Anonyme, 2002).

Il est à noter que, la consommation de produits à base d'orange reste concentrée dans les pays développés d'Amérique du Nord et d'Europe, alors que la consommation d'oranges fraîches est accrue dans de nombreux pays en voie de développement (Thomas et Spreen, 2010).

Les petits agrumes diffèrent des oranges car presque toute leur production est destinée au marché du frais. Les grands producteurs de clémentines tangerines sont la Chine, l'Espagne (clémentines sans pépins) et le Japon, suivis par le Brésil, la Corée, le Pakistan, l'Italie, la Turquie, l'Égypte, les États-Unis, le Maroc et l'Argentine. L'Espagne représente plus de 50% des exportations mondiales de clémentines tangerines fraîches. Les autres grands exportateurs sont le Maroc et la Chine. La production nationale alimente également une consommation importante de clémentines tangerines en Algérie, au Maroc, en Palestine, en Australie, en Argentine, au Paraguay, en Bolivie, à Chypre, en Jordanie, au Liban, en Corée et aux États-Unis. La production mondiale de clémentines tangerines devrait atteindre 15,4 millions de tonnes en 2010 (Thomas et Spreen, 2010).

Les citrons diffèrent d'autres variétés d'agrumes, ils sont habituellement consommés en association avec d'autres aliments. Les citrons sont généralement produits sous des climats plus froids, ou adaptés à des climats secs, ou cultivés sous des climats tropicaux. Les grands pays producteurs sont le Mexique et le Brésil. En 1996-98, la production de citrons et de limes était de 9,25 millions de tonnes. La production mondiale de citrons et limes devrait atteindre 10,6 millions de tonnes en 2010, (Thomas et Spreen, 2010).

3.2 - En Algérie

La culture des agrumes revêt une importance stratégique pour l'Algérie comme source d'approvisionnement en fruits et des débouchés sur le marché international des produits agrumicoles. Les terres utilisées pour la culture des agrumes sont parmi les plus riches du pays. Les terres sont en général à pH élevé, supérieur à 7,5 à l'Ouest, entre 7,2 et 7,5 au centre et moins élevé à l'Est entre 6,5-7.

Durant les années 70 où la culture des agrumes ne représentait que 42.000 ha, a connue une progression en l'an 2000 jusqu'à 46.000 ha, suivi d'une importante période de reprise des plantations en 2006 (62.902 ha). Cette culture se localise dans les régions suivantes (Fig. 26):

- **La zone de l'Ouest** dans les périmètres irrigués, les agrumes occupent 30,1% (soient 11658 ha) dans l'Oranie avec les régions de Tlemcen, le périmètre de l'Habra (Mohammadia) et la région de Mostaganem.

- **La zone du Centre** où un bon pourcentage est concentré hors des périmètres irrigués : 55,4% (soient 28243 ha) de superficie sont réservés aux agrumes dans le périmètre du haut et moyen Chellif, Oued Fodda, Djendel et la plaine de la Mitidja qui est la région la plus importante en production des agrumes.

- **La zone de l'Est** : 14,16% (4811 ha) de superficie sont réservés aux agrumes dans le constantinois avec la région de Skikda et de Bounamoussa, région relativement favorable à l'agrumiculture par leur climat à hiver doux et leur forte pluviométrie (700 à 1000mm).

En 1950, la Mitidja comptait 8500 ha de vergers et 14000 ha en 1969 (Mutin, 1969). Une évolution des productions de 6,11% à 12,47%, avec un rendement de 148,4 q/ha 2006 a été enregistrée de 1996 à 2006. Cette augmentation est due à l'extension des superficies

réelles des agrumes. Néanmoins, le verger algérien d'agrumes (surtout constitué d'oranges 69,54%, d'un peu de citrons 7,56%, de clémentines 17,56%, et de très peu de mandarines 5,34% et de pomelos) est estimé à 65 000 ha, dont plus de 50% sont localisés dans la Mitidja.

Cette dernière est la principale zone productrice d'agrumes (43% au total sont cultivés dans la plaine de la Mitidja, 27% dans la région du Chélif et 7% à Mascara). Le verger est localisé sur des terres les plus riches et irriguées, de constitution assez lourde, à pH élevé sauf pour les zones Est du pays et avec un taux d'éléments fins dépassant les 60% (Bellabas, sd).

Les superficies agrumicoles algériennes sont concentrées au centre et à l'ouest du pays sur quinze wilayates. Blida a toujours été la plus importante avec 16 583 ha, plus de 5000 ha pour les wilayates de Chlef et Alger, plus de 4 000 ha pour Relizane, Mostaganem et Mascara, plus de 3 000 ha pour Tipaza. Les sept wilayates qui disposent d'un verger de plus de 2000 hectares sont : Bejaia, Tlemcen, Skikda, Boumerdes, Taraf et Ain-Defla. Les autres wilayates disposent d'un verger de 500 à 1 500 hectares (Belabbas, 2012) (Fig. 27).

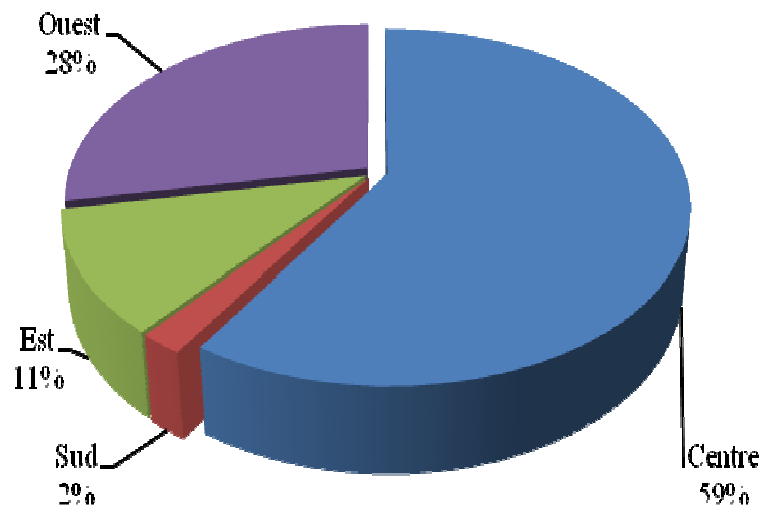


Figure 26: Répartition des vergers d'agrumes en Algérie par zone (Anonyme, 2006 a).

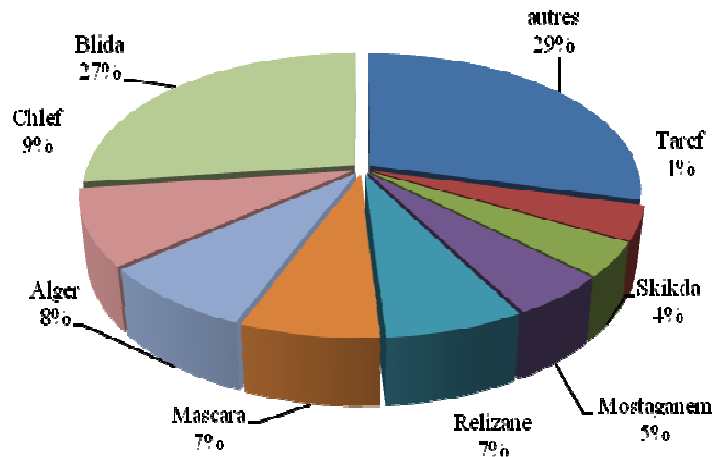


Figure 27: Répartition des vergers d'agrumes en Algérie par wilaya (Anonyme, 2006a).

Les figure 28 et 29 montrent que depuis les années 96, la production agrumicole n'a cessé d'augmenter en Algérie progressivement jusqu'à l'an 2000, où on assiste à une légère diminution. Mais, elle reprend sa progression jusqu'au 2006 où elle a atteint 6803 450 qx.

La production agrumicole moyenne de 2005 à 2009 était de 6.157.257 qx. Le rendement moyen enregistré durant 2005-2009 était de 11,6 qx/ha avec une évolution de l'ordre de 1,3 qx/ha. Cette évolution jugée significative est due particulièrement à deux principaux facteurs:

- 1- L'entretien des vergers plus ou moins approprié;
- 2- L'entrée en production des jeunes vergers réalisés dans le cadre du FNRDA courant des années 2000 à 2002 (Anonyme, 2003).

La nouvelle dynamique du ministère de l'Agriculture pour la rénovation du verger agrumicole s'est traduite par l'augmentation des superficies et par l'amélioration des niveaux de production et des rendements. Nous constatons que malgré cette évolution positive des rendements (12,6 qx/ha), cependant, ils restent toujours loin de la norme moyenne mondiale des productions d'agrumes, avec un meilleur taux de production des oranges suivie de celui des clémentines.

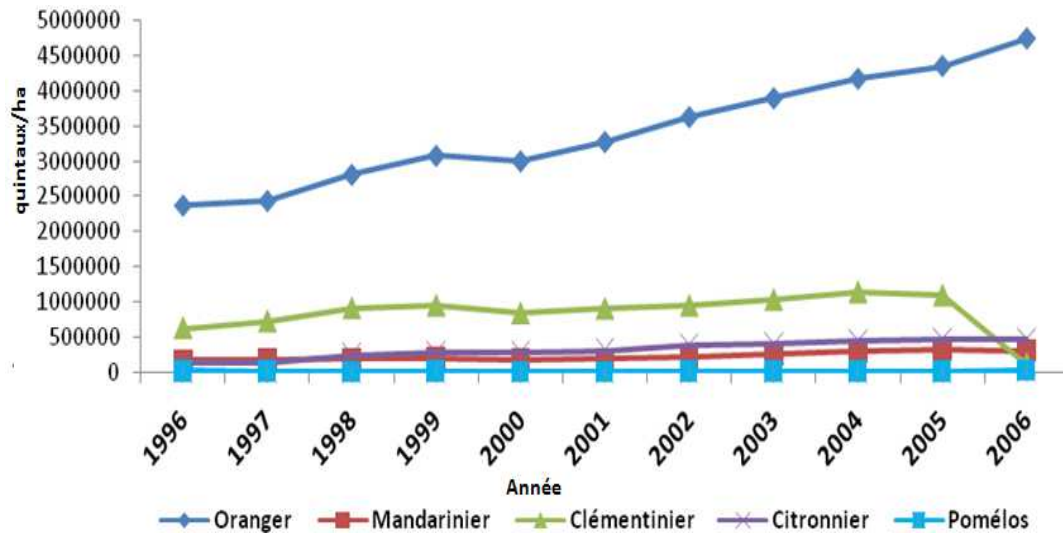


Figure 28. Evolution de la production de 4 agrumes en Algérie en quintaux de 1996 à 2006 (Statistique agricole, 2006^b).

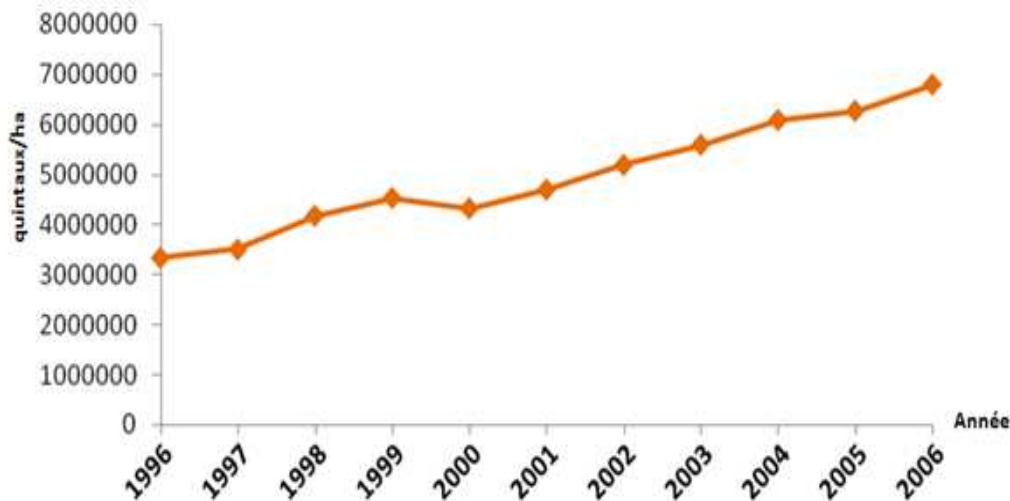


Figure 29: Évolution de la production globale agrumicole en Algérie en quintaux de 1996 à 2006 (Statistique agricole, 2006^b).

Cependant, les superficies agrumicoles ont connu également une extension progressive de l'année 2000 à 2005, suivi d'une diminution en 2006, due à l'arrachage des vieux vergers. L'agrumiculture occupe 11% de la surface totale des arbres fruitiers. Nous signalons que la période 2000/2005 est marquée par la mise en place du programme national de développement agricole (PNDA) qui a pour objectif de promouvoir l'agriculture algérienne. C'est grâce à ce programme que les superficies destinées, non seulement aux agrumes, mais à l'arboriculture fruitière en général, ont augmenté (Tab.3).

Tableau 3: Evolution des superficies et des productions d'agrumes (source : Ministère de l'agriculture). (<http://www.agroligne.com>. Consulté le 11 mars 2014).

Année	Superficie en hectares			Production en tonnes		
	2000	2005	2012	2000	2005	2012
Oranges	nd	45492	47732	nd	454 900	802 517
Clémentines	nd	10096	10727	nd	109 892	170 780
Mandarines	nd	1924	2321	nd	33 422	36 730
Citrons	nd	4520	4486	nd	47 305	76 082
Agrumes	46010	62126	65353	470000	627 406	1 087832

Selon l'ITAFV (Institut des Techniques de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne) et l'INPV (Institut National de Protection des Végétaux), 55 000 ha sont en production et 9000 ha sont des jeunes plantations, qui entreront en production en 2014. Il existe un programme d'extension du verger d'agrumes de 12 000 ha. Actuellement, 20% du verger d'oranges ont plus de 45 ans d'âge et seulement 25% de moins de 10 ans. Le verger de clémentinier et de mandarinier est encore plus vieux puisque 40% ont entre 30 et 50 ans d'âge et 50% plus de 50 ans (<http://www.agroligne.com>).

Les rendements sont variables et compris entre 6 et 20 t/ha, alors que l'on estime le seuil de rentabilité vers 30qx/ha. De ce fait, les 65 000 ha d'agrumes n'ont produit que 0,78 million de tonnes en 2010 et 1,1 million de tonnes en 2012 (dont $\frac{3}{4}$ d'oranges, avec une majorité de Washington et de Thomson Navel). Grâce à l'entrée en production des jeunes plantations (dont certaines en haute densité), l'Algérie pense arriver à une production de 1,5 million de tonnes en 2014-2015. Les nouvelles plantations concernent notamment les régions de la Soummam, de la Mitidja, de Skikda, Guelma, El Tarf, Chlef et Aïn Defla. Les meilleurs producteurs essaient les plantations de vergers à haute densité.

L'offre d'agrumes est modeste, d'où les prix élevés des agrumes sur le marché national. De plus, la qualité des agrumes algériens est moyenne en raison du manque de technicité des producteurs et du système de vente sur pied qui n'incite pas à produire des fruits de qualité normalisée. Pour ces deux raisons, la filière algérienne exporte très peu d'agrumes.

En 2012, la superficie totale des agrumes est de 65353 ha (47732 oranger, 10727 clémentinier, 2321 mandarinier, 4486 citronnier) avec une production de 1087832 tonnes (802517t d'oranges, 170780t clémentines, 36731t Mandarines, 76082t Citrons), soit un rendement calculé sur la superficie des vergers en production de 16,7 qx/ha est noté (<http://www.agroligne.com>).

En 2010 une superficie de 54 905,81 ha, répartie en 6 grands groupes dont le plus important est celui des Orangers avec 46 426 ha, représentant 72,36 % de la superficie totale suivi du groupe des clémentiniers avec 10 381 ha, soit 16,18 % (Source DSA, 2010).

Les agrumes se cultivent actuellement dans plusieurs régions de l'Algérie et compris à Djanet wilayat de Tamanrasset, et occupent des superficies variables (Fig. 30).

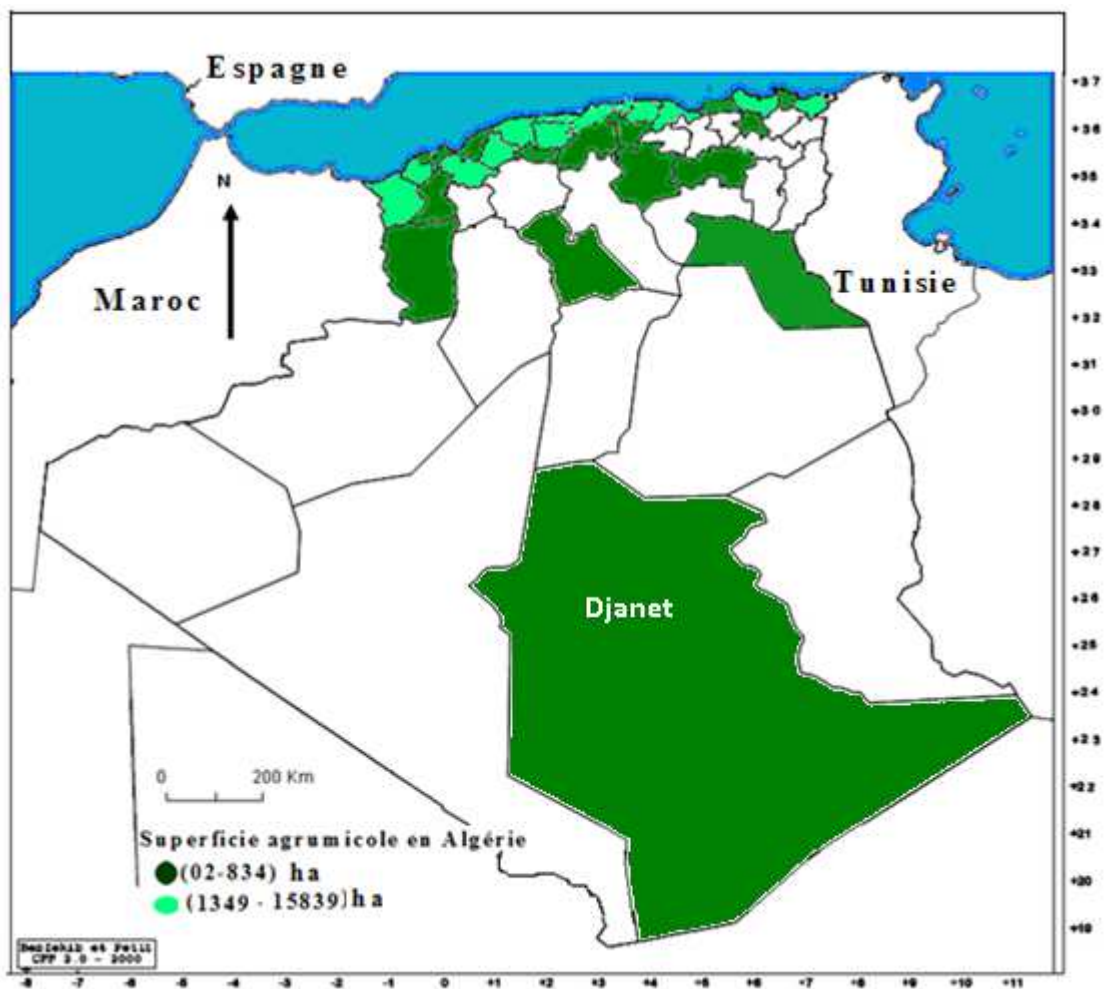


Figure 30: Distribution géographique des superficies complantées en Algérie par Wilaya en 2010.

- **Importance des agrumes en Mitidja**

La Mitidja, berceau de l'agrumiculture algérienne, occupe toujours le premier rang. En effet, les vergers s'y étendent sur plus de 14.000 hectares et représentent environ le tiers du total de la superficie complantée en agrumes, (Ouzzani, 1997).

- **Importance des agrumes dans la wilaya de Blida**

La répartition par wilaya montre que Blida domine largement par rapport aux autres wilayates. Elle représente la plus grande superficie en agrumes, de l'ordre de 15809 ha complantés dont 11811 ha en rapport et 3998 ha en jeunes plantations représentant 27% du total des 8 wilayates. Cette importance est due principalement au climat favorable pour la culture des agrumes dans la Mitidja. Les plantations sont particulièrement denses autour de Boufarik (entre Mouzaia et Larbaa). Les trois communes voisines Chebli, Boufarik et Oued Alleug présentent à elles seules plus de 6000 hectares de vergers.

L'analyse de la situation du verger agrumicole Blidéen de 1996 à 2005, montre que les rendements sont relativement faibles quand on sait que le rendement minimum, économiquement valable pour les agrumes devrait atteindre 200 qx/ha (Ferhat *et al.*, 2010).

La diminution de la production de l'année 2002 à 2005, est observée malgré l'augmentation des superficies complantées. Cette situation peut être expliquée par les plantations, qui souffraient des insuffisances culturales et techniques, provoquant les attaques des ravageurs et maladies. Les conséquences de ces insuffisances n'ont pu être que fâcheuses puisque les rendements à l'hectare, qui étaient de l'ordre de 61,95 qx/ha en 2002, ont chutés en 2005 pour atteindre 29 qx/ha. Ce qui est très bas par rapport à toutes les périodes précédentes (Tab.4).

Tableau 4: Evolution de la culture d'agrumes dans la wilaya de Blida. (DSA, 2005).

Année	Superficie	Superficie en rapport	Production En Qx	Rendement Qx/ha
1993/1994	598	463	16934	36,57
1994/1995	652	528	30410	57,59
1995/1996	663.5	543	31353	57,74
1996/1997	723	572.5	31726	55,42
1997/1998	743	586.5	8183	134,64
1998/1999	720	570	24991	43,84
1999/2000	735	580	27231	46,95
2000/2001	740	600	33139	55,23
2001/2002	887	600	37168	61,95
2002/2003	842	661	33166	50,18
2003/2004	1107	762	30588	40,14
2004/2005	1354	849	24403	29

4 - Phénologie des agrumes

Comme, pour toutes les espèces fruitières à feuilles caduques, les agrumes représentent un cycle annuel dont les étapes sont aussi marquées, où on distingue la croissance végétative, qui se manifeste sur les jeunes ramifications dès que la température atteint 12°C et se poursuit jusqu'à 35°C/36°C au cours des trois périodes (Praloran, 1971; Loussert, 1989):

➤ La première poussée de sève (**PS₁**) se manifeste au printemps de la fin du mois de Février au début du mois de Mai dite poussée de printemps. Les ramifications s'allongent et se développent de jeunes feuilles de coloration claire, très distincte des autres feuilles, plus âgées, colorées en vert sombre. Sur ces nouvelles ramifications, apparaissent en Avril – Mai, les poussées fruitières, qui sont des boutons floraux, puis les fleurs (Loussert, 1989).

➤ En été, dans le courant du mois de Juillet à Août, se développe la poussée d'été qui est la deuxième poussée de sève (**PS₂**). Cette poussée est plus ou moins vigoureuse suivant les températures, les irrigations et la vigueur des arbres. Cette poussée est en général moins importante que les poussées de printemps et d'automne (Loussert, 1989).

➤ La troisième poussée de sève (**PS₃**) se manifeste en automne entre Octobre et la fin Novembre dite poussée d'automne, elle assure en partie le renouvellement du feuillage (Loussert, 1989).

Ces trois poussées sont les résultats de trois flux de sève, qui commandent le développement végétatif de l'arbre, en présence des apports fractionnés d'engrais azotés et d'eau d'irrigation. Elles se traduisent par une intense activité d'absorption au niveau du système racinaire ainsi qu'une intense activité de la synthèse chlorophyllienne au niveau de la frondaison qui est indispensable au soutien équilibré de ces trois poussées (Loussert, 1989).

5 - Les exigences des agrumes

Les agrumes étant originaires du sud-est asiatique caractérisé par un climat chaud et humide, ils ont dû s'adapter à des climats plus secs et plus frais au cours des siècles de culture, lors de leur extension à travers le monde.

5.1 - Exigences agro-pédoclimatiques

5.1.1 - Le climat

✓ La température

En général, les agrumes sont vulnérables aux dégâts du froid à des températures inférieures à -2°C (El Otmani, 2005). Cependant, les moyennes de températures hivernales favorables à la culture des *Citrus* sont de l'ordre de 10°C à 12°C et entre 22 à 24°C pour les moyennes estivales, avec un optimum de végétation oscillant entre 22°C et 26°C . Au-delà de 30°C , on constate un arrêt de végétation des arbres (Loussert, 1985). Les agrumes subissent deux périodes de dormance: (1) une dormance d'été qui se produit en jours longs et chauds. (2) une dormance d'hiver survenant en jours courts et froids (Loudyi *et al.*, 2003).

Le clémentinier est l'espèce la plus sensible au vent par rapport aux autres espèces d'agrumes. Selon Rebour (1950), ce facteur est le plus défavorisant dans une culture d'agrumes, il cause des dégâts inestimables sur les jeunes plantations.

L'Oranger et le Citronnier sont des espèces subtropicales qui se développent dans des zones où le gel est absent. A -3°C , le gel peut affecter dangereusement le feuillage. A -9°C , la charpente est détruite. L'activité de croissance commence à 13°C et se poursuit jusqu'à 36°C . Le zéro de végétation admis est de $12,8^{\circ}\text{C}$ (<http://www.legume-fruit-maroc.com>).

Les *Citrus* peuvent bien se produire sous toute une gamme de température allant de 13 à 39°C. Le seuil de température maximale se situe à 50-52°C tandis que celui de minimum dépend de l'espèce, il est de -9 et 17°C pour le citronnier; 10°C pour les orangers (Nyabyenda, 2006). Les températures favorables à la croissance des *Citrus* sont de l'ordre de 10- 12°C pour les moyennes hivernales 22-24°C pour les moyennes estivales (Loussert, 1985).

Les zones de culture du citronnier se situent entre le 30^{ème} et 40^{ème} degré de latitude nord et sud, en dessous de l'isotherme 9°C de janvier de l'hémisphère nord et surtout en bord de mer. Les moyennes de température sont de 14°C à l'année, 22°C en été et 9°C en hiver, il est l'agrumes le plus sensible au froid. Des gelées de -3°C détruisent les feuilles et les jeunes plants, alors que les pieds âgés résistent à -8°C. La faible résistance au froid semble due à la teneur minimale en amidon des feuilles en hiver (Kasraoui, 2006 et 2009).

✓ **La pluviométrie**

Les *Citrus* comptent parmi les arbres fruitiers les plus exigeants quant à la quantité de pluie. Selon l'ITAFV 2002, les besoins en eau d'un verger d'agrumes adultes couvrant environ 70% de la surface consommée par hectare et par an, est de 7100 m³ d'eau en moyenne à Blida. Dans cette région l'apport d'eau complémentaire s'avère nécessaire si l'on veut atteindre une bonne production. Selon Rebour (1950), les *Citrus* sont le plus souvent sous régime de l'irrigation, la pluviométrie de la région de culture n'a pas une grande importance, et on les trouve même dans les régions les plus arides, en plein désert. Mais les eaux de pluie donnent des récoltes plus intéressantes que les eaux d'irrigation car elles sont chargées de principes fertilisants.

En dépit des quantités globales de pluie, la distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'intensité de l'évapotranspiration potentielle jouent un rôle régulateur des activités biologiques (Rebour, 1966; Praloran, 1971). Le cycle végétatif du citronnier subit l'influence de la répartition des pluies. Après une période sèche, les pluies déclenchent la floraison. A l'opposé, la sécheresse peut être utilisée comme facteur de repos de l'arbre. Le citronnier possède une grande faculté d'adaptation lui permettant de s'acclimater dans des régions très diverses. Sa culture est cependant influencée par différents facteurs climatiques (température, vents, pluviométrie) et édaphiques (Kasraoui 2006 et 2009).

Les pluies d'hiver tendent à diminuer la résistance des citrons notamment au transport et à la conservation.

L'eau est donc un véritable facteur de rendement, de par sa quantité mais aussi sa qualité ; en effet, un excès de chlorure, de sodium ou de magnésium dans l'eau, est nocif pour la culture du citronnier (Kasraoui, 2006 et 2009).

La grêle présente exclusivement en hiver, peut atteindre quelques fois des proportions redoutables pour les cultures qui peuvent être fortement endommagés (Seltzer, 1946).

✓ **Humidité**

Une atmosphère humide régularise la température. Ainsi, elle exerce une action bénéfique, mais une très grande humidité favorise la pullulation des cochenilles, et donc le développement de la fumagine et des moisissures (Rebour, 1950). Une humidité atmosphérique pendant la saison chaude peut provoquer des attaques de phytophthora. Elle n'a pas une forte influence sur le comportement des agrumes eux-mêmes. Elle a par contre des incidences sensibles sur le développement de certains ravageurs : Les cochenilles. L'humidité atmosphérique joue aussi son rôle; son excès, en saison chaude, favorise le parasitisme mais réduit aussi la transpiration de l'arbre, donc ses besoins en eau (40 m³/ha/jour en moyenne pendant l'été).

✓ **Le vent**

Il peut provoquer avec sa violence des dégâts mécaniques très importants, il accroît les besoins en eau, en augmentant très sensiblement l'évaporation potentielle du milieu.

Des vents secs l'été amplifient la chute des fruits en mois de juin. Les vents, s'ils sont violents provoquent la chute des fruits et le bris des branches. Selon leurs caractéristiques, les vents peuvent avoir des effets très différents:

- vents faibles, ils sont bénéfiques car ils tempèrent chaleur et froidure.
- vents violents, ils lèsent les fruits et font chuter feuilles, fleurs et branches.
- lorsqu'ils précèdent les grands froids, ils déclenchent une déshydratation partielle de l'arbre, le rendant moins sensible aux gelées, (Kasraoui, 2009).

5.1.2 - Le sol

Les agrumes prospèrent bien dans un sol de consistance moyenne ayant une perméabilité suffisante. Selon Boileau et Giordano (1980), la perméabilité du sol est une qualité physique primordiale du fait que les agrumes redoutent l'eau stagnante, qui entraîne la pourriture des racines, l'asphyxie et la gomme. Les agrumes se développent sur des sols aussi différents que des alluvions peu argileux (Dess), des sols argileux (Hamri), des sols sableux (Rmels) que des sols noirs très argileux (Tirs). En règle générale, il faut éviter les sols trop lourds ou très limoneux. Dans ces types de sol, les orangers présentent des petits fruits, à épiderme grossier, moins juteux et moins sucrés qu'en sols sableux. Le pH idéal serait entre 5,5 et 7,5 (Loudyi *et al.*, 2003).

L'implantation d'une nouvelle parcelle doit respecter au mieux les conditions suivantes:

- Un Sol léger et aéré, d'une texture régulière; dans ces conditions, les racines se développent mieux, le labourage est facilité, les citrons sont plus précoces et à peau plus fine.
- Moyennement perméable (0,10 à 0,20 m³ d'eau infiltrée/h).
- Fertile.
- pH compris de préférence entre 6 et 7,5.
- Exposition chaude présentant un bon ensoleillement sans zone basse mal ventilée où l'air froid pourrait s'accumuler.

Les tufs du bassin méditerranéen sont recherchés pour le forçage des citrons d'été : leur faible profondeur permet de faire subir le régime sec estival aux racines superficielles jusqu'à la reprise des irrigations de fin août - début septembre qui déclencheront la floraison. (Kasraoui, 2009).

✓ **Fertilisant**

Sert à récupérer les quantités d'éléments nutritifs exportées par les agrumes lors de la taille et de la récolte.

Avant plantation, il est nécessaire de bien préparer le sol, de prévoir une ou plusieurs années de culture d'engrais vert, surtout dans le cas d'une replantation suite à un verger d'agrumes (Berger, 2005).

Selon Polèse (2008), l'engrais est donné à l'arbre 3 fois au cours de l'année :

- En mars, après la taille apporter la moitié de la dose de l'azote.
- En mai, apporter un quart de la quantité d'azote.
- Fin aout ou en septembre, apporter le dernier quart de l'azote, ainsi que l'acide phosphorique et le potassium.

La fertilisation consiste alors à restituer au sol ce qu'il a perdu suite aux exportations minérales par les plantes. Les techniques de fertilisation ne se limitent pas aux apports de fumures. Elles visent également à améliorer la structure du sol par un bon drainage, une irrigation bien conduite, des travaux de sol bien conduits, appropriés et effectués dans de bonnes conditions d'humidité du sol. La fertilisation, au sens large du terme, essaie de maintenir ou d'améliorer aussi la capacité de rétention en eau du sol par des apports de matière organique, son potentiel nutritif par des apports de fumures, son pH par le chaulage ou par l'acidification (apport de soufre), sa salinité par le lessivage et sa population microbienne par une bonne aération et un état hydrique convenable et à un niveau satisfaisant.

Les distances de plantation retenues peuvent être celles présentées dans le tableau 5:

Tableau 5: Distance de plantation (Ondet *et al.*, 2005).

Région	Orangers		Clémentiniers	
	Distance	Densité	Distance	Densité
Corse	6 x 5	333	6 x 4	415
Afrique du Nord	6 x 6	276	6 x 5	333
Afrique Tropicale	7 x 7	202	6 x 6	276
USA	7 x 7	202	6 x 6	276

Les caractères de porosité et de perméabilité sont influencés par la nature de la structure et la texture. Cette texture est donnée par le résultat de l'analyse granulométrique. Le tableau 6, illustre la qualité d'un sol idéal pour l'agrumiculture.

Tableau 6: La composition idéale d'un sol agrumicole en éléments (Loussert, 1987).

Eléments de texture	%	%
Argile	5 à 10%	15 à 20%
Limon	20%	15 à 20%
Sable fin	20%	20 à 30%
Sable grossier	50%	30 à 50%

f- Conduite d'un verger d'agrumes adulte

✓ **Travail du sol**

-Éliminer la végétation concurrente du verger par des sarclages répétés.

-Réduire l'évaporation au niveau du sol en y créant et en y maintenant une structure grumeleuse (couche superficielle formée de mottes pour faciliter la circulation de l'eau et l'air).

✓ **Nutrition minérale**

Pour diagnostiquer les besoins des plantes en éléments minéraux et fertilisants, deux voies sont possibles: d'abord l'analyse végétale qui est une pratique déjà très ancienne. En 1862, Weinhold (in Dude, 1978) est le premier à concevoir d'utiliser le végétal pour diagnostiquer les besoins des plantes. En 1924, Lagatu et ses collaborateurs Maume et Dulac in (Dude, 1978), créent la méthode du diagnostic foliaire en travaillant sur la composition minérale des feuilles de vigne. En Algérie, la pratique du diagnostic foliaire est toute récente, les premiers travaux ont portés sur le contrôle de l'état nutritionnel des vergers d'agrumes en Mitidja (Hamdi Pacha, 1976, Khelil et Bentchikou, 1978, Halitim *et al.*, 1978 et Hatatba, 1978). Cette technique permet de "demander à la plante" si le sol et la fumure lui ont fourni suffisamment d'éléments nutritifs et si ces différents éléments dont la plante a besoin se trouvent dans des proportions correctes, la plante nous donnera des informations fiables sur son statut nutritionnel général à la date de prélèvement des échantillons. C'est ainsi qu'elle indique, le cas échéant, ses besoins supplémentaires en engrais (F.A.O., 2003).

Plusieurs auteurs (Matrin Prével *et al.*, 1984; Forestier, 1986 et Gautier, 1987), notent que les paramètres susceptibles de modifier ou d'influencer la composition minérale des feuilles peuvent être dus soit à la feuille, soit à l'arbre, soit aux techniques culturales et aux conditions du milieu voire abiotiques et biotiques. Cette méthode complète l'analyse du sol, qui indique les potentialités de fourniture du sol en éléments nutritifs (Gerard et Germain, 1994) et confirme le diagnostic visuel (Huguet et Coppenet, 1992).

La deuxième méthode est l'analyse du sol, qui est le réservoir à partir duquel la plante pompe tous les éléments dont elle a besoin notamment, les éléments minéraux.

Selon Lousser (1987), la bonne qualité d'un sol agrumicole dépend de :

- Sa teneur en matière organique
- Sa teneur en calcaire actif et le pH
- Sa teneur en P₂O₅ et K₂O assimilables
- Sa teneur en chlorures

➤ **Les éléments indispensables à la vie des plantes** (Skiredj, 2007).

L'analyse des plantes montre qu'elles contiennent, à des proportions différentes, onze éléments en grandes quantités (Azote, Calcium, Carbone, chlore, Hydrogène, Magnésium, Oxygène, Phosphore, Potassium, Sodium, Soufre) et 18 éléments en quantités réduites (Aluminium, Arsenic, Bore, Brome, Cobalt, Cuivre, Etain, Fer, Fluor, Iode, Manganèse, Molybdène, Nickel, Plomb, Silicium, Titane, Vanadium et Zinc). Parmi ces 29 éléments seulement 16 sont indispensables, à savoir:

* **3 éléments organiques** (C, H et O): En moyenne, le carbone représente 44 %, l'oxygène 44 % et l'hydrogène 6 %, soit au total 94 % de la matière sèche d'un végétal, avec une variabilité de 90 à 95 %. Malgré l'importance quantitative et qualitative de ces éléments majeurs organiques, on ne les apporte pas dans une fumure. Les plantes les incorporent dans leurs tissus végétatifs par l'intermédiaire des processus de photosynthèse.

* **6 éléments minéraux majeurs** (N, Ca, Mg, P, K et S): Il y a une grande variabilité dans les teneurs de ces éléments dans les tissus foliaires selon les espèces, variétés et conditions du milieu de culture. Il y a dominance surtout de N et de K.

***7 éléments minéraux mineurs** (Fe, B, Mn, Zn, Cu, Cl et Mo). Les valeurs habituellement relevées dans les analyses de végétaux sont les suivantes: Fer : 40-250 ppm (MS). Bore: 10-500 ppm. Manganèse: 15-400 ppm. Zinc : 5-200 ppm. Cuivre : 5-30 ppm. Chlore : 5-20 ppm et Molybdène : moins de 1 ppm.

Ces 16 éléments minéraux sont appelés éléments nécessaires. Les plantes peuvent contenir d'autres éléments (Na, Co...) qui jouent des rôles bénéfiques dans leur croissance et dans la qualité de leurs produits sans qu'ils soient indispensables; on les appelle éléments accessoires. La plante puise C sous-forme de CO₂ dans l'air, H et O₂ à partir de l'eau du sol et les autres éléments minéraux sous forme d'ions qui se trouvent dans la solution de sol. Cette solution de sol (appelée facteur d'intensité) est alimentée par solubilisation, par les réserves de la phase solide du sol (appelées facteur de capacité).

➤ **Rôle physiologique des éléments minéraux essentiels**

Les agrumes, comme tous les végétaux autotrophes, ont besoin pour leurs croissances et leurs développements, de la présence d'éléments nutritifs, 12 éléments minéraux issus du sol sont indispensables à la croissance des végétaux (Tab.7; annexe 1):

- Les problèmes de carence nutritionnelle en éléments nutritifs:

Le manque d'azote se manifeste par un mauvais état général de l'arbre, un développement réduit et une chlorose des feuilles (Gautier, 1987) et se traduit en général par une végétation active (Coutanceau, 1962). Les perturbations dans la croissance des organes végétatifs de la plante à cause des carences variées; qu'il faut corriger par un apport d'engrais azoté au sol ou par une pulvérisation foliaire à base d'urée (2000 l de solution/ha soit 4,6 à 18,4 kg N/ha), ce qui rend les parasites sensibles.

La carence en Potassium comme l'excès, qui peut survenir dans tous les types de sols, sont nuisibles à la résistance et à la qualité des produits végétaux (Soltner, 1999). Ce qui perturbe la synthèse protéique (Binet et Prunet, 1967). La carence en K provoque le raccourcissement des entre-nœuds des tiges, la réduction de la taille de la plante et le jaunissement de la bordure des feuilles ensuite la nécrose gagne le limbe. La carence peut être vraie, par manque de l'élément dans le milieu nutritif ou induite par antagonisme avec le magnésium ou le calcium ou par excès d'azote. La correction se fait en fonction de la teneur du sol en Ca et Mg par le sulfate de potasse ou de nitrate de potasse (0,5 à 1 kg d'engrais par 100 litres d'eau). Cet élément n'est pas aussi mobile dans le sol que l'azote, mais, dans certains sols, K peut être perdu en quantités appréciables par drainage.

La carence en Phosphore est assez rare (Bretaudeau et Fauré, 1992), quand elle apparaît, elle se manifeste généralement en premier lieu sur les organes les plus âgés (Matrin Prevel *et al.*, 1984). Elle provoque la coloration violacée ou rouge intense des feuilles, la réduction de la croissance des plantes, le retard de la floraison et la perturbation de la fécondation et de la maturité. La carence peut être vraie ou induite par un pH élevé ou trop bas du sol, présence d'aluminium, un excès d'ions nitrate ou sulfate, excès de métaux lourds ou par une température du sol trop basse. La correction se fait par un apport de phosphate d'ammoniaque. On apporte, en général, 2000 L de solution. Cet élément se trouve sous formes diffusible, combinées ou insolubles dans le sol.

La carence du Magnésium provoque une décoloration qui commence entre les nervures de feuilles plus âgées et qui aboutit à la nécrose. Celle-ci peut être vraie ou induite par excès de K, par asphyxie racinaire ou par manque d'eau. La correction se fait par un apport de fumier, par eau de pluie ou par amendement de nitrate de chaux et de magnésie. Les besoins des plantes varient de 12 à 85 kg MgO/ha, qui peuvent se corriger par apports de fumier ou engrais.

Les carences en calcium peuvent être observées en sols très acides ou lorsque la présence d'éléments antagonistes (N₂, potasse) réduisent son assimilation (Bretaudeau et Fauré, 1992). La carence est rare, sauf en culture sur substrat. Elle peut provoquer un flétrissement et mort des bourgeons terminaux, formation de feuilles petites à extrémités enroulées ou recourbées, jaunâtres, devenant brunâtres à rouge et se nécrosant. La correction se fait par des amendements calciques (apport de chaux).

La carence de soufre donne une croissance réduite avec des jeunes feuilles de couleur verte pâle à jaune et des tiges rigides et cassantes. La carence est, en général, vraie. La correction est vite faite par un apport d'engrais à base de sulfate, par la matière organique présente dans le sol et les précipitations atmosphériques.

Le bore peut provoquer l'éclatement des membranes des tissus de fleurs (stérilité), de bourgeons terminaux et de fruits suivis de formation de crevasses rapidement envahies par les bactéries. Les racines se nécrosent à leur extrémité. Cette carence se situe à partir d'une teneur de 0,3 ppm dans le sol. Les carences sont induites par un pH trop alcalin, un chaulage excessif, un rapport Ca/B trop élevé dans le sol, un rapport K/B trop élevé dans le sol, une faible luminosité et par la sécheresse. La correction se fait par un apport de fumier ou d'engrais (Borax, Boracine, Solubor). Les besoins des plantes se situent entre 80 et 200 g B/ha.

La carence de chlore provoque le ralentissement de la croissance. Elle est très rare sauf en culture sans sol. La correction se fait par un apport de chlorure.

Les symptômes de carence de cuivre se confondent avec ceux de la carence azotée car le cuivre joue un rôle dans la nitrate réductase. La carence induite est provoquée par l'alcalinité, l'excès de chaulage, l'excès de Mo, de P et de Zn. Les besoins des plantes varient de 25 à 100 g Cu/ha et le redressement de la fertilité du sol se fait en apportant près de 30 kg de sulfate de cuivre/ha.

Les symptômes de carence de fer apparaissent sur les jeunes feuilles, qui chlorosent entièrement sauf le long des nervures qui restent bien vertes. Les jeunes pousses ont une croissance réduite. La carence en fer est rare sauf chez le fraisier très sensible au manque de

fer. Il s'agit presque toujours de carence induite, rarement une carence vraie. Les causes de la carence sont un sol riche en calcaire actif, un pH de sol trop alcalin, une température trop élevée, un excès de lumière, un excès de métaux lourds et une incorporation de matière organique verte. Les besoins des cultures varient de 300 à 2Kg de Fer/ha.

La carence en manganèse provoque la décoloration inter-nervure diffuse sur feuilles âgées. Se détecte par la teneur en MS des feuilles (16 et 150 ppm). Le Mn est lessivable dans le sol ; sa carence peut donc être vraie. Elle peut être induite suite à un sur-chaulage du sol, une sécheresse excessive ou un pH trop bas du sol. Les besoins des plantes se situent entre 160 et 500 g Mn/ha.

La carence de Molybdène provoque la croissance réduite, un feuillage vert clair et des anomalies sur la partie végétative. La matière sèche végétative contient 0,05 à 10 ppm de Mo. La carence est, en général, induite par un pH de sol acide. La correction se fait par un apport de fumier, les scories et la molybdate d'ammonium ou de sodium (1-2 kg/ha).

La carence en Zinc provoque la nanification des plantes et leur donne un port en rosette ainsi que de mauvaises nouaisons dues à la perturbation du métabolisme du phosphore. Enfin, on observe de fortes décolorations du feuillage. La teneur normale des plantes est de

5100 ppm MS. La carence vraie se trouve surtout dans les sols acides. La carence induite est due à un pH élevé (>7), au sur-chaulage, à l'excès de P (Zn/P) et par temps froid et humide. La correction se fait par un apport de fumier, les fongicides, le sulfate de Zinc, le nitrate de Zn, les composts et les boues. Les besoins des plantes varient de 50 à 500 g Zn/ha.

- Accidents végétatifs divers

Ces accidents sont dus au pH du sol, à la salinité, un excès ou un manque d'eau, un excès ou un manque d'humidité atmosphérique, un tassement du sol, des déséquilibres ioniques du sol et aux intoxications

• Le pH: les éléments nutritifs sont les mieux assimilés dans la gamme de pH suivante:

- * Azote pH : 6-8
- * Acide phosphorique pH : 6,25-7
- * Potasse et soufre pH : 6-8,5
- * Ca et Mg pH : 7-8,5
- * Fe et Mn pH : 4,5-6
- * B, Cu et Zn pH : 5-7
- * Mo pH : 7-8,5

- Salinité: Un excès de salinité provoque un rabougrissement de la plante et une diminution de la grosseur des fruits; flétrissement, nécrose et mort de la plante. Le remède est le lessivage, l'utilisation de goutte à goutte, un labour profond et un apport copieux de matière organique.

- Asphyxie, manque d'eau et autres facteurs: L'asphyxie a lieu soit par excès d'eau, faible drainage ou par une mauvaise structure du sol. Il faut travailler le sol par des outils adaptés. Il faut aussi éviter la dessiccation du sol. Une sécheresse accentuée provoque la salinité et, par conséquent, les accidents physiologiques dus à cette salinité. L'excès provoque la fermeture des stomates et l'arrêt du fonctionnement de la plante.

6 - Etat des vergers agrumicoles algériens

6.1 - Le vieillissement du verger d'agrumes

Les 44,5% des vergers agrumicoles algériens sont vieux de 30 à 50 ans et même plus. Cet état les rend faiblement productifs et sujets de plusieurs maladies et d'attaques de ravageurs, tel est le cas des vergers qui ont fait l'objet de notre travail (Tab. 7).

Tableau7: Structure d'âge du verger agrumicole algérien (Kerboua, sd)

Tranche d'âge	Surface (ha)	%
01 à 10 ans	6.000	13,3
11 à 30 ans	15.000	33,3
31 à 50 ans	20.000	<u>44,5</u>
> 50 ans	4.000	8,9
Total	45000	100

6.2 - Etat sanitaire du verger agrumicole en Algérie

Les activités de contrôle sanitaire (observations visuelles) réalisées sur le verger agrumicole ont révélées la présence de certaines maladies transmissibles par greffage, telles que le Stubborn (*Spiroplasma citri*) sur orangers, et l'exocortis (CEVd) sur clémentinier avec une incidence minime sur le verger. Actuellement une recrudescence d'attaques de plusieurs ravageurs est observées notamment, les cochenilles diaspinés tels que *Parlatoria ziziphi*, *Lepidosaphes beckii* et *Aonidiella aurantii*.

6.3 - Les accidents physiologiques:

Parmi les accidents physiologiques rencontrés nous avons :

Les troubles génétiques tels que: la Panachure sur feuilles et fruits, les fentes des fruits et de l'ombilic et la fasciation des rameaux et des fruits. Aucun traitement curatif ne peut être conseillé. Dans tous les cas, il faut éviter de prélever des greffons sur arbres présentant de ces troubles (Anonyme, 1967).

6.4 - Les problèmes phytosanitaires

Il existe 3 types de problèmes phytosanitaires: Les problèmes phytosanitaires Importants, les problèmes phytosanitaires occasionnels et les problèmes phytosanitaires secondaires.

6.4.1 - Les maladies

La liste des maladies et des ravageurs des agrumes est longue. Dans cette partie, nous évoquerons les principales maladies et ravageurs animaux rencontrés régulièrement par les agrumiculteurs dans leurs vergers et causant très souvent des dommages considérables aux agrumes en détruisant les fruits, en provoquant le ralentissement de la croissance, des nécroses, l'affaiblissement, le flétrissement et le dessèchement général des arbres.

- Les maladies à virus ou viroses

Les viroses déterminent un certain nombre d'effets généraux tels que : les anomalies de la croissance, et les inhibitions de la formation des pigments. (Baillay, 1980). Les maladies virales importantes et qui touchent les agrumes un peu partout dans le monde sont: le Greening qui est transmis par 2 espèces de psylles *Diaphorina citri* et *Trioza erythrae*, le Stubborn, causé par un mycoplasme *Spiroplasma citri* et *Citri vir pertinaciae* qui se propagent par le bois de greffé et des cicadelles, il est présent dans plusieurs pays du bassin méditerranéen, surtout au niveau des régions à températures élevées. L'Exocortis et le Cachexie (xyloporose) causés par des viroïdes, se transmettent par voie mécanique et identifiés dans tous les pays du bassin

méditerranéen, mais les symptômes sont généralement absents en raison de l'utilisation du bigaradier comme porte-greffe tolérant ; le complexe de la Psorose écailleuse sur des arbres âgés de plus de 10 ans, causé par *Citriovir psorosis* ; qui est souvent une maladie latente sur la plupart des espèces des agrumes et répandue dans tous les pays du bassin méditerranéen et se diffuse par greffage ; le Tristeza causé par des insectes vecteurs *Citriovir viatoris* et *Toxoptera citricidus* et le Malssico, qui sont des maladies de quarantaines (Anonyme, 1976; Baillay, 1980; Lebdi Grissa, 2010).

- Les maladies bactériennes ou bactérioses

Parmi les maladies bactériennes les plus importantes, on trouve *Pseudomonas syringae* Vanhall, *Phytophthora citri* Hasse. (Loussert (1989b) et le chancre asiatique des agrumes *Xanthomonas axonopodis* pv. *Citr* *Xanthomonas campestris* pv. *citri* (Chancre bactérien des agrumes, chancre citrique) dont les *Citrus* sont les principales plantes-hôtes d'importance économique, *Xanthomonas campestris* pv. *Citrumelo* (Taches bactériennes), *Xylella fastidiosa* (Chlorose panachée des agrumes ou chlorose variées des agrumes) et *Candidatus Liberibacter asiaticus* et *Candidatus Liberibacter africanus* (Maladie du dragon jaune= verdissement des agrumes) (Timmer et. Menge, 2000).

Les agents de propagation des maladies bactériennes sont nombreux : citons les paramètres atmosphériques, en particulier le vent, l'eau et les semences elles-mêmes (Loussert, 1985).

- Les maladies cryptogamiques

Les maladies d'origine cryptogamiques s'attaquant aux agrumes sont assez nombreuses. Certaines sont économiquement très importantes comme la gommose, la fumagine *Capodium citri* qui prospère sur les excréments des pucerons, des cochenilles ou des aleurodes (Loussert, 1985). Les autres sont économiquement secondaires comme le genre *Phytophthora* ou onze espèces au moins sont capables d'attaquer les agrumes et provoquent la pourriture du pied, du collet ou de la base du tronc (Boccas et Laville, 1978; Graham et Menge, 2000; Khlij1 A. et. Hajlaoui M.R, 2010).

Les principales espèces inféodées aux agrumes sont *P.citrophthora* (Smith and Smith) Leonian et *P. nicotianae* Breda de Haan var. *parasitica* (Dastur) Waterhouse (De Vallavieille, 1983). Nous avons aussi la moisissure verte, la mélanose *Diaporthe citri*, l'antracnose (*Colletotrichum gloeosporoides*), l'alternariose (*Alternaria sp*) et la tache grasseuse (*Mycosphaerella citri*) et la phaeoramulariose qui est la plus dévastatrice sur agrumes en Afrique tropicale (Yesuf, 2002).

6.4.2 – Les principaux ravageurs des agrumes (Tab. 8 et 9)

Dans un verger d'agrume, se développe une faune nuisible, comprenant des mollusques, des vers, des insectes, des acariens, bien que leur nombre s'attaquant aux agrumes soit très faible en comparaison de celui des insectes, les dommages qu'ils provoquent peuvent être importants. Les plus importants sont l'acarien des bourgeons sur citronniers. (*Aceria sheldoni* Ewing), l'acarien tisserand essentiellement sur clémentiniers (*Tetranychus cinnabarinus* Boisduval), l'acarien ravisseur (*Hemitarsonemus latus* Banks) sur l'oranger (Djouidi .Adamou, Hamza et YahiaouI, sd.).

Parmi les principaux insectes ravageurs des agrumes (Tab.9), nous citons les cochenilles illustrées dans le tableau 9 avec leurs dégâts sur agrumes.

✓ Les Cochenilles.

Les cochenilles sont des insectes piqueurs-suceurs recouverts soit d'un bouclier, d'une matière cireuse ou d'une sécrétion cotonneuse. Pendant la nutrition, les cochenilles injectent leur salive qui est plus ou moins toxique, cette salive accélère l'affaiblissement de l'arbre qui se manifeste par le dessèchement de certains organes (Anonyme, 1995).

Selon Praloran (1971), les cochenilles ou coccidés sont les ennemis les plus importants des agrumes tant par les dépréciations qu'elles causent aux fruits que par l'affaiblissement qu'elles entraînent sur les arbres où elles pullulent. Elles apparaissent après la mouche méditerranéenne des fruits, comme l'un des problèmes majeurs des Citrus (Benassy et Soria, 1964). D'importantes destructions des oranges par les cochenilles ont été signalées en

Californie (1868), en Italie (1900); en France (1918, 1920, 1928, 1929); ces destructions ont été enrayerées par le développement de l'élevage des coccinelles.

D'après Loussert (1987a), l'infestation des cochenilles s'accompagne d'une prolifération abondante de fumagine qui se développe sur le miellat excrété. C'est davantage le développement de cette fumagine qui est responsable de la diminution de la vigueur des arbres à savoir:

- **Les dépréciations d'ordre quantitatif**

Elles touchent à la production annuelle ou future des vergers, ce sont les cas des chutes prématurées des fruits enregistrés au printemps lors des sévères attaques d'*Aonidiella aurantii*, de *Saissetia oleae* ou de *Pseudococcus* sp.

- **Les dépréciations d'ordre qualitatif :**

Ces dégâts prennent souvent un caractère explosif et généralisé, qui immédiatement sera observé en station d'emballage et qui constitue pour les producteurs les dégâts à éviter (Benassy et Soria, 1964).

L'agrumiculteur qui n'a pas décelé à temps la présence de ces cochenilles sécrétrices de miellat sur lequel se développe la fumagine, verra une partie de sa récolte déclassée du fait de la difficulté à faire disparaître le noircissement sur les fruits après récolte (Benassy et Soria, 1964, Praloran, 1971).

Tableau 8: Principaux ravageurs de cochenilles des agrumes.


















Ravageurs	Nom		Description
	Scientifique	Commun	
Cochenilles	<i>Aonidiella aurantii</i> (HYPP, 1996)	Poux de Californie	
	<i>Lepidosaphes beckii</i> (PIGUET, 1960)	Cochenille virgule	
	<i>Lepidosaphes glowerii</i> (PIGUET, 1960)	Cochenille serpette	
	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i> (GENDREIR et REBOULET, 1992)	Cochenille dictyosperme	
	<i>Parlatoria ziziphi</i> (PRALORAN, 1971)	Le pou noir de l'oranger	
	<i>Parlatoria pergandei</i>	Pou gris	
	<i>Saissetia oleae</i> (PIGUET, 1960)	Cochenille noire de l'olivier	
	<i>Icerya purshasi</i> (PIGUET, 1960)	Cochenille australienne	
	<i>Coccus hesperidum</i> (PIGUET, 1960)	Pou des Hespérides	
	<i>Ceroplastes sinen</i> (PIGUET, 1960)	Cochenille chinoise	
<i>Pseudococcus citri</i>	Cochenille blanche		

Tableau 9: Autres principaux ravageurs d'agrumes

Ravageurs	Nom	Description	
Pucerons	<i>Aphis spiraeicola</i>	Puceron des spirées	
	<i>Aphis gossypii</i>	Puceron du melon	
	<i>Toxoptera aurantii</i>	Puceron noir de l'oranger	
	<i>Myzus persicae</i>	Puceron vert de pécher	
Aleurodes	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	Aleurode floconneux des citru	
	<i>Dialeurodes citri</i>	Aleurode des citrus	
Trips	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Mineuse des feuilles de citrus	
Mouches	<i>Ceratitis capitata</i>	Mouche des agrumes	
Nématodes	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	Nématodes des agrumes	
Acarie	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Acarie tisserand	
	<i>Hemitarsonemus latus</i>	ravisser des bourgeons	
	<i>Aceria sheldoni</i>	Acarie des bourgeons	

PARTIE 2:
RECHERCHE
EXPERIMENTALE

Chapitre III :
Dynamique des populations
des trois espèces de cochenilles
in-situ

Chapitre III: *Dynamique des populations des trois espèces de cochenilles in situ.*

1.- Présentation de la Mitidja

1.1.-Situation géographique

La plaine de la Mitidja est la plus grande plaine sublittorale d'Algérie. Elle s'étend d'Est en Ouest sur une longueur d'environ 100 Km, pour une largeur variant entre 5 et 20 Km, sa superficie est d'environ 140000 hectares. Elle est isolée de la mer par la ride du Sahel, prenant appui sur le vieux massif de Chenoua. La plaine de la Mitidja est scindée en deux zones géographiques: le périmètre de la Mitidja Est et le périmètre de la Mitidja Ouest. Aujourd'hui 86% des exploitations sont des exploitations agricoles collectives et individuelles (EAC et EAI), c'est-à-dire que l'Etat reste le propriétaire de la terre (Messahel et Benhafid, 2007).

Elle est limitée à l'Ouest par l'Oued NADOR et à l'Est par l'Oued Boudouaou et bordée par deux zones élevées : le Sahel au Nord et l'Atlas au Sud (Anonyme, 1996) (Fig.31).

La Mitidja est située à une latitude de 36,6° et une longitude de 3°. Elle s'étend sur une longueur de 100Km et une largeur de 5 à 20Km. Sa superficie dépasse les 200 000ha (MADR, 2008). Aujourd'hui, la Mitidja représente le centre de la production des fruits et légumes pour toute la région d'Alger (Anonyme, 2003). L'arboriculture fruitière représente 31 065 ha dont 17 449 ha occupés par les agrumes soit plus de 56,1 % de la superficie agricole utilisée (SAU) (Fig. 31).

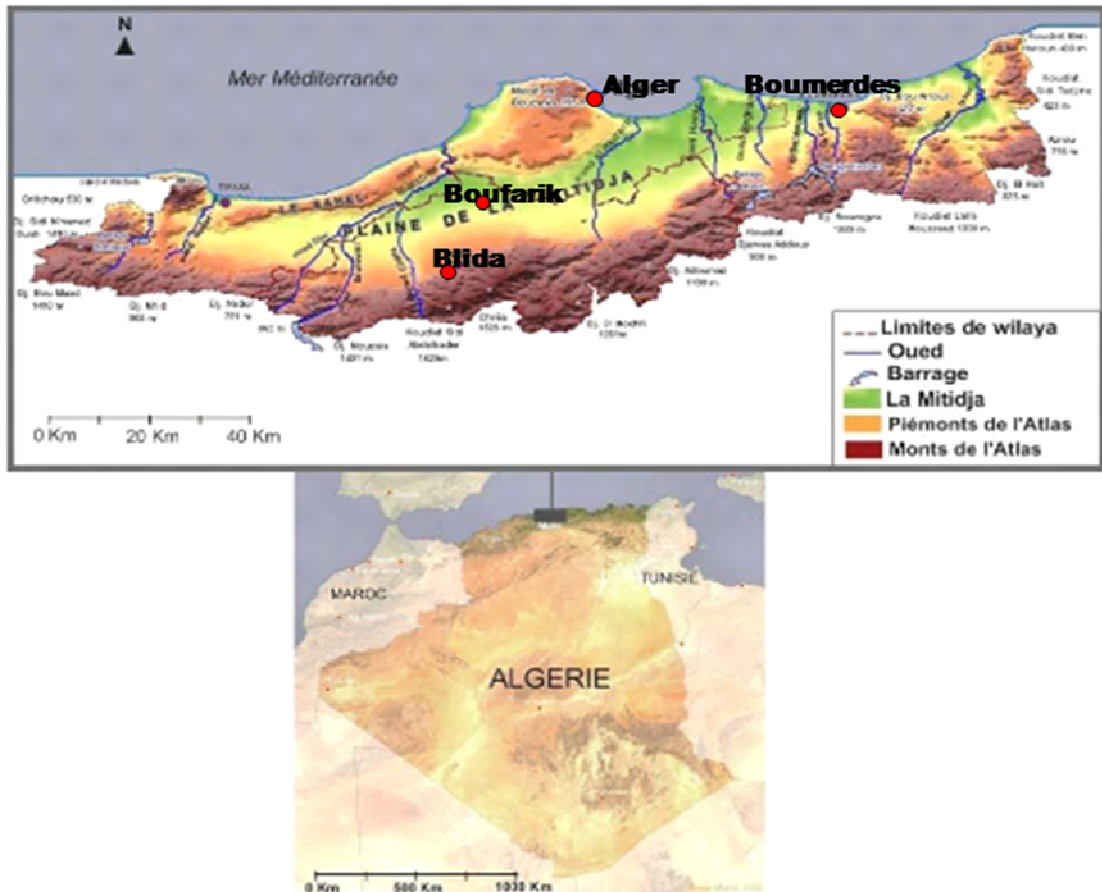


Figure 31: Situation géographique de la Mitidja (Source: Programme d'aménagement côtier (PAC), 2006)

1.2.-.Caractéristiques climatiques de la Mitidja

D'après Ramade (1984), les facteurs climatiques constituent un ensemble de facteurs énergétiques constitués par la température, la pluviométrie et les vents. Gautier (1987) signale que le climat régional détermine la durée de la période active de la végétation, donne les limites des températures favorables ainsi que la répartition des pluies durant l'année. Selon Faurie *et al.* (1980), le climat d'une région a une importance primordiale puisqu'il joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants. Vu cette grande influence sur la vie des populations, il est important de donner un aperçu sur les fluctuations climatiques à savoir les températures et les précipitations, les vents et les gelées de la région d'étude.

Les gelées blanches sont la règle par temps clair jusqu'en mars-avril. Les vents d'été qui viennent surtout du Nord-est et de l'Est sont Humides mais qui n'apportent pas la pluie, au

contact du continent chaud. En hiver, les vents dominants sont humides et soufflent de l'ouest. Le vent du sud, peu fréquent, est un vent brûlant et desséchant, qui descend de l'Atlas et cause alors des dégâts importants parfois irrémédiables aux cultures, notamment à la vigne et aux arbres fruitiers "Le sirocco charrie du feu disait Maupassant". Les pluies sont irrégulières d'une année à l'autre et pour un même mois. Des pluies torrentielles peuvent atteindre et même dépasser 100 mm en 24 heures. Elles sont alors un puissant agent d'érosion, et sans profit pour la végétation (Le Pèlerin, 2006).

La pluviométrie et la température, facteurs climatiques les plus importants ont été pris en compte de septembre 2006 à septembre 2010 pour caractériser au mieux l'influence sélective des trois types d'habitats agrumicoles. Il en ressort que la région de la Mitidja, durant l'année 2009-2010, appartient à l'étage bioclimatique subhumide, avec un hiver frais et un été chaud. Les précipitations annuelles varient entre 20mm et 60mm et la température entre 0°C et 40°C (Données de l'ITAFV ; 2011-2012).

1.3.-.Position climatique de la région.

Sur la figure 32, nous remarquons qu'en 2011 la région d'étude appartient à l'étage bioclimatique frais subhumide, alors que le cumul de la moyenne des données climatiques des 16 dernières années (de 1995 à 2011) classe cette région dans l'étage bioclimatique subhumide doux. Ainsi, nous pouvons dire que ce classement peut subir des changements d'une année à l'autre selon les conditions climatiques. Ce changement a dû causer l'apparition d'importantes infestations et ravageurs, notamment, les cochenilles diaspines sur agrumes.

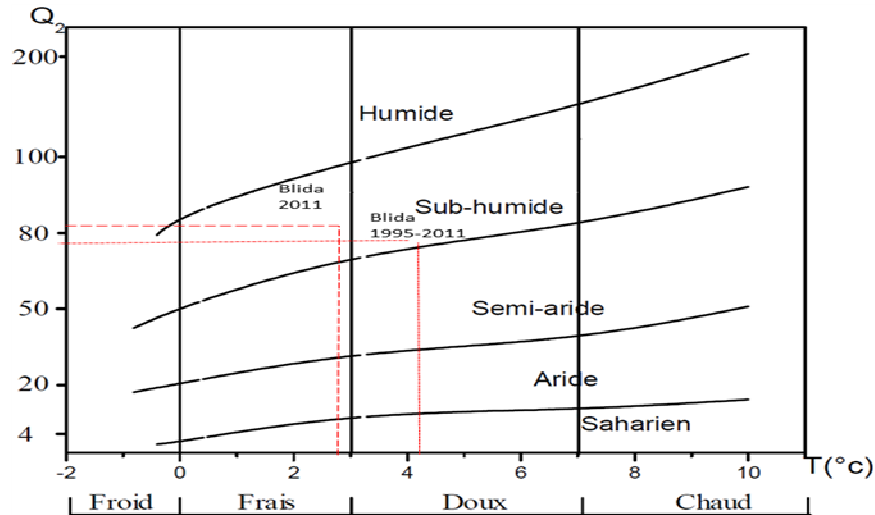


Figure 32: Localisation de Blida dans le Climagramme d'Emberger

D'après Dreux (1980), le paramètre le plus important est la température car elle exerce une action écologique sur tous les êtres vivants et chaque espèce ne peut vivre que dans un certain intervalle de température. Loussert (1987) rapporte que les températures moyennes favorables à la culture des agrumes sont de l'ordre de 10 à 12°C durant la période hivernale, et de 22°C à 24°C durant la saison estivale, avec un optimum de végétation oscillant entre 22 à 26°C. Les variations de la température représentent un facteur limitant, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces des communautés des être vivants dans la biosphère.

1.4.-.Les paramètres édaphiques.

D'après Faurie *et al.* (1980), le sol est non seulement un support pour la plante mais, également un milieu nutritif. Cependant, le sol de la Mitidja (favorable à la culture des agrumes) appartient à cinq types de sols : les sols évolués, les sols hydromorphes, les vertisols, les sols à sesquioxydes de fer et les sols carbonatés (Duchaufour, 1976 et Mutin, 1977).

2.-.Dispositif expérimental/Description des sites d'étude

2.1.-.Choix des sites d'étude d'étude

Deux sites ont été choisis pour la réalisation des travaux sur la dynamique des populations de cochenilles diaspines en plein champs. Ce choix est dicté, d'une part, par l'importance économique des trois espèces d'agrumes étudiées (l'oranger, le clémentinier et le citronnier) en Algérie, et d'autre part, pour leur état sanitaire en dégradation en raison des facteurs climatiques favorables (température et humidité) de la Mitidja à la prolifération de cochenilles.

2.2.-.Situation actuelle des vergers d'étude

Les agrumes se retrouvent généralement dans deux types de systèmes de production en Algérie. Ces agrumes peuvent être plantés au sein des vergers dont la taille est variable à objectif de produire. Comme ils peuvent également être plantés dans des jardins autour des maisons (toutes les espèces) ou aux bords des routes (*Citrus aurantium*) à objectif d'ombrage ou d'ornement.

Les sites d'étude sont les suivants :

- Le premier site est situé dans la commune de Boufarik wilaya de Blida (36,56°N/2,961°E), au centre de la Mitidja où se trouve le verger de clémentinier *Citrus clementina*, âgés de 50 ans, situé à une altitude moyenne de 20m du niveau de la mer, à 17 km au Nord de Blida et à 47 km au Sud-ouest d'Alger (Fig. 33).

- Le deuxième site est situé dans la commune de Rouiba distante d'une vingtaine de kilomètre de la capitale Alger (36°44'21 "N, 3° 17'07" E), à l'Est de la Mitidja, où se trouvent les deux vergers d'agrumes choisis de citronnier *Citrus limon* et d'oranger *Citrus sinensis* var. *washington navel*, âgés d'environ 30 ans (Fig. 33).

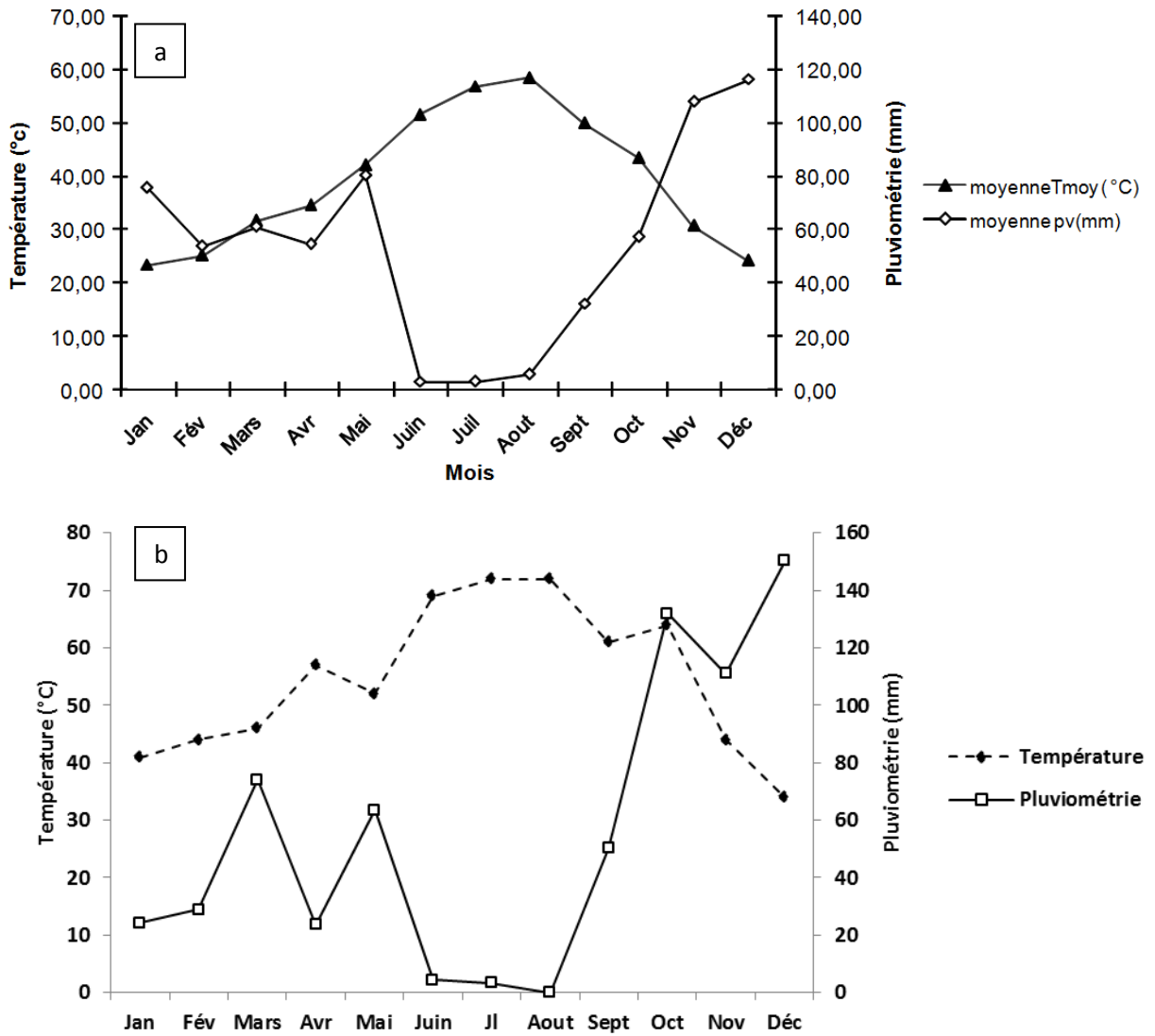


Figure 34: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région d'étude (a : 1998 à 2008, b : 2008).

2.3.-Situation des vergers expérimentaux étudiés

A l'heure actuelle, la culture des agrumes est sujette à diverses maladies et ravageurs, causant, parfois, des dégâts irréversibles et des pertes de production importantes. Parmi les organismes les plus nuisibles des agrumes, nous citons trois (3) espèces de la famille des Diaspididae (*P.ziziphi*, *A.aurantii* et *L.beckii*), pour les dommages d'ordre quantitatif et qualitatif notés ces dernières années, privant ainsi ce produit à l'exportation.

Les espèces agrumicoles productives étudiées appartiennent à des exploitants privés, s'étendent sur une superficie allant de 10 à 14 hectares chacune:

- **Parcelle de Boufarik:**

Dans cette parcelle l'espèce cultivée est le clémentinier (*Citrus clementina*), située proche de l'Institut National de la Protection des Végétaux de Boufarik (I.N.P.V), à environ 45 km de la capitale Alger, au centre de la plaine de la Mitidja, à 3 km au Nord – Ouest de la ville de Boufarik. Cette parcelle s'étend sur un hectare de superficie. Cette espèce est sévèrement infestée par le pou noir de l'oranger (*P.ziziphi*) qui, par sa présence active, envahie la totalité de la surface foliaire, fruitière ainsi que les rameaux. La parcelle est limitée par une rangée de brises vent au Nord, par la route nationale à l'Est et par des vergers d'orangers au Sud et à l'Ouest (Fig. 35,36).

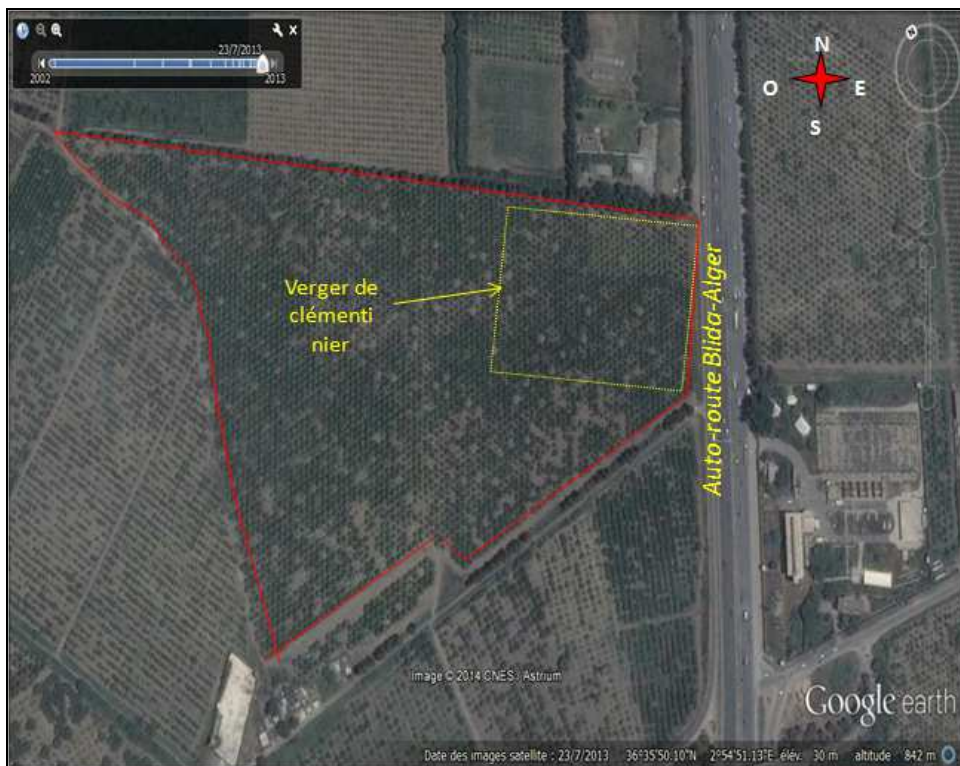


Figure 35: Présentation du verger de clémentinier situé dans la région de Boufarik.



Figure 36: Présentation des parcelles d'étude de la région de Boufarik (clémentinier).

- **Parcelles de la station agrumicole de Rouiba**

Dans ces parcelles deux espèces d'agrumes sont représentées, il s'agit de la parcelle de citronnier (*Citrus limon*) et celle de l'oranger (*Citrus sinensis* var. *washington navel*). Les deux vergers sont localisés à l'Est d'Alger, Est de la plaine de la Mitidja (Fig. 37 et 38).

La parcelle d'étude de citronnier est limitée par des brises vent du coté Nord et Est, par les serres de culture maraichère à l'ouest et par une parcelle de citronnier au sud. La parcelle d'oranger est limitée par l'habitation à l'ouest, la parcelle d'oranger à l'Est et au Sud et une parcelle de citronnier au Nord. Ces espèces sont infestées par certains ravageurs, principalement, les cochenilles diaspines : nous trouvons *L.beckii* sur oranger et *A. aurantii* sur citronnier. Ces cochenilles sont très actives, envahissant presque la totalité de la surface foliaire et des fruits.

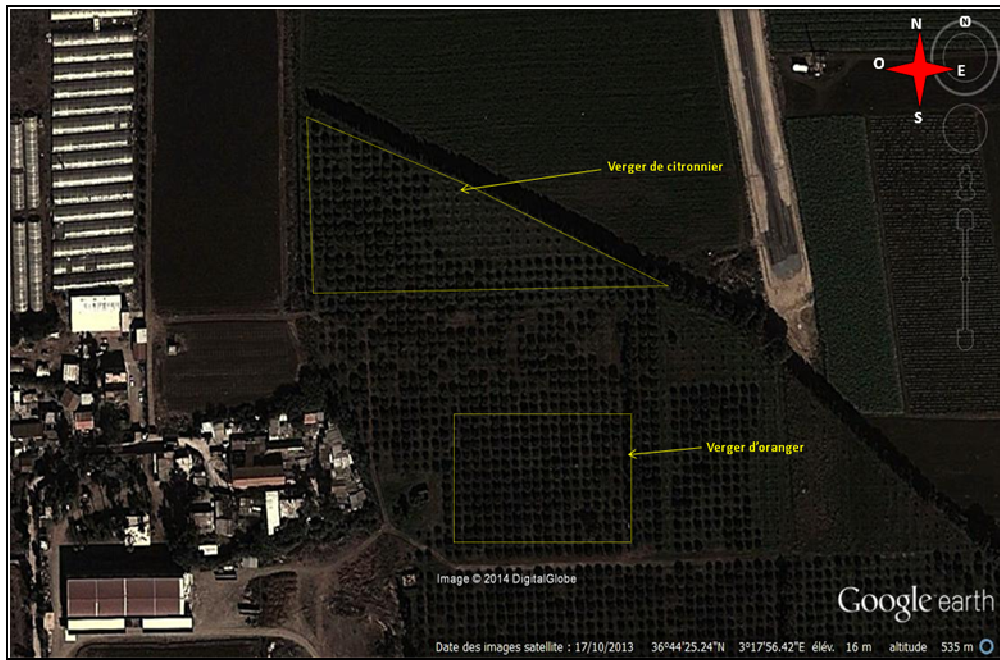


Figure 37: Présentation de la région d'étude de Rouiba





Figure 38: Présentation des parcelles d'étude de la région de Rouiba (a : oranger, b : citronnier).

- **La serre de la station expérimentale d'Agronomie de Blida.**

Les plants d'agrumes de substitution choisis sont: 05 plants de citronniers, 05 plants d'orangers et 05 plants de clémentiniers, âgés de trois ans, achetés d'une pépinière privée le 16 janvier et plantés dans des pots en plastique et mis dans une serre ombrée, située au département des biotechnologies, Faculté des Sciences naturelles et de la vie, Université Saad DAHLEB de Blida. Ces plants sont infestés manuellement par des larves mobiles du premier stade de *P. ziziphi* par contact durant 06 heures avec des petits rameaux d'agrumes très infestés par ce ravageur (Fig.39, 40).

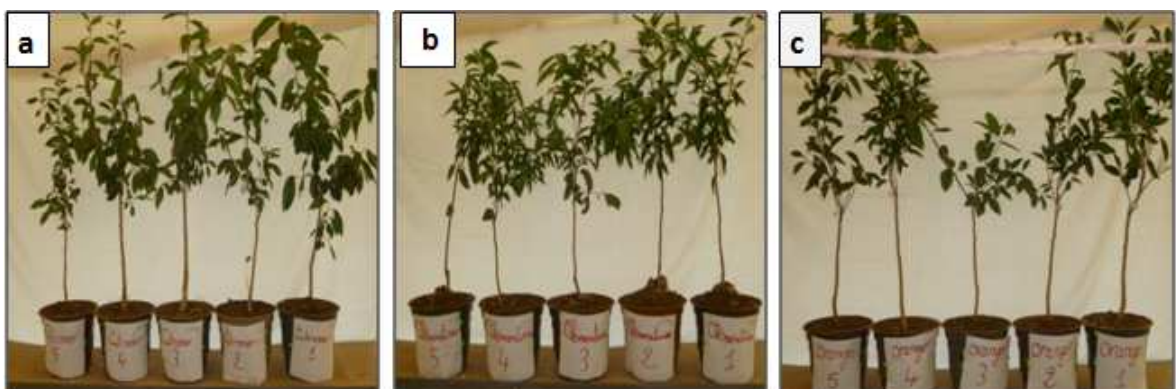


Figure 39: Présentation des plants des trois espèces d'agrumes: a. (*Citrus limon*), b. (*Citrus Washington Navel*) et c. (*Citrus clementina*).



Figure 40: Présentation de la méthode d'infestation des plants sains par les larves mobiles de *P. ziziphi* (a: fixation des feuilles infestées, b: solution nutritive au bas des plants).

✓ Période d'étude

L'étude au champ s'étale sur une période d'une année sur oranger et le citronnier soit de novembre 2010 à Octobre 2011 et sur clémentinier du 14 décembre 2007 au 13 juin 2008 et du 10 novembre 2010 au 22 juin 2011 ; et sous serre de septembre 2010 au 03 juillet 2011.

3 - Dynamique des populations de *Parlatoria ziziphi in-situ*

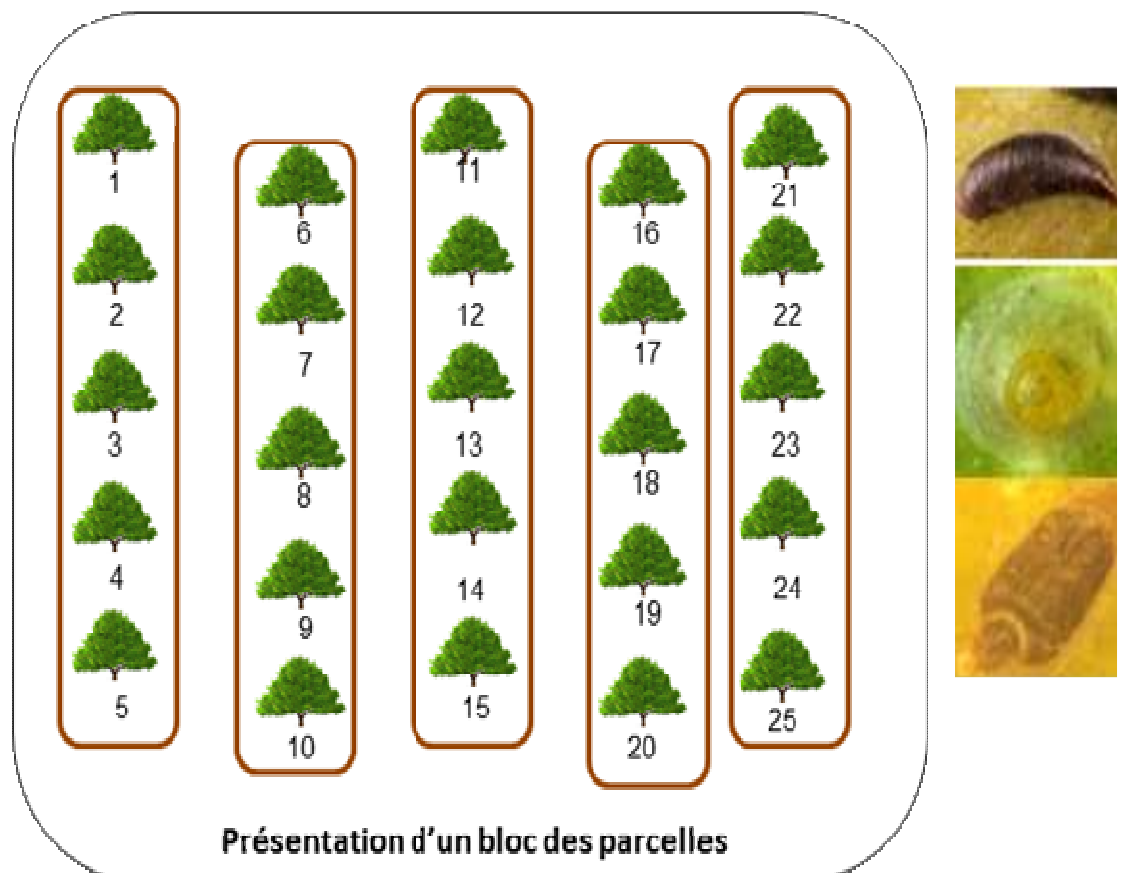
3.1.-Méthode d'échantillonnage et de dénombrement des diaspines

Le premier prélèvement de deux feuilles par plant sous serre a eu lieu le même jour de l'infestation et après six heures de temps, suivi d'autres prélèvements à raison d'un échantillon par semaine jusqu'au 03 juillet.

Au champ, chaque parcelle est divisée en 10 blocs, contenant 25 arbres chacun numérotés de 1 à 25 (Figure ci-dessous). L'échantillonnage se fait une fois par 15 jours, avec un prélèvement de 10 feuilles par rameaux de 10cm (deux par chaque direction cardinale plus deux du centre de l'arbre) à hauteur d'homme sur un arbre choisi au hasard portant le même numéro dans chaque bloc, selon la méthode de Frankie *et al.* (1974). Le matériel végétal

collecté est mis dans des sachets en plastique, étiquetés et ramenés au laboratoire pour un dénombrement sous une loupe binoculaire de tous les stades de développement de la cochenille, selon la méthode de Vasseur et Schvester (1975).

Ces échantillons de feuilles subissent par la suite, un nettoyage avec de l'eau, ensuite un séchage à l'air libre et à l'ombre. La poudre végétale est obtenue après broyage au mixeur, suivi d'un tamisage ($\Theta = 0,02$ micromètre) pour homogénéiser les particules. Cette poudre est rangée dans des flacons en verre rouge pour subir des analyses chimiques et biochimiques.



3.2 -Résultats

Dans cette partie de travail, nous étudions les fluctuations de la dynamique des populations de *P. ziziphi* sur les feuilles et les rameaux du clémentinier et citronnier de la région de la Mitidja, en essayant de rassembler le maximum d'informations concernant quelques facteurs (période, orientations, organes et espèces végétales) qui peuvent agir sur la distribution spatio-temporelle de cette cochenille sur sa plante hôte.

3.2.1.- Dynamique comparée de *P ziziphi* (aux champs).

➤ Fluctuations globales temporelles

Les résultats de la dynamique des populations sont obtenus durant la période allant du 10 novembre 2010 au 22 juin 2011. Notons que durant cette période, des traitements phytosanitaires ont été effectués contre différents bioagresseurs présents dans le verger d'étude notamment des traitements fertilisant (NPK).

Sur la figure 41, nous remarquons au début du mois de novembre, une faible population avec un total de 337 individus de *P.ziziphi*, suivi d'une augmentation remarquable des individus de la cochenille. On note un chiffre de 876 individus au début du mois de décembre pour se stabiliser pendant une période allant de la fin novembre jusqu'à la fin de février autour de 749 à 876 individus. Cette stabilité est due certainement aux traitements phytosanitaires au début du mois de décembre. Un pic important, estimé à 1087 individus, est enregistré le 9 mars, due à la poussée de sève printanière, suivi d'un déclin assez important, le 6 avril, atteignant un nombre très faible de 489 individus. La population reprend sa progression pour atteindre un deuxième pic de 912 individus à la fin du mois de mai, suivi d'une deuxième régression au début de juin où elle affiche un nombre de 506 individus, puis ce nombre reprend son essor au début de la saison estivale.

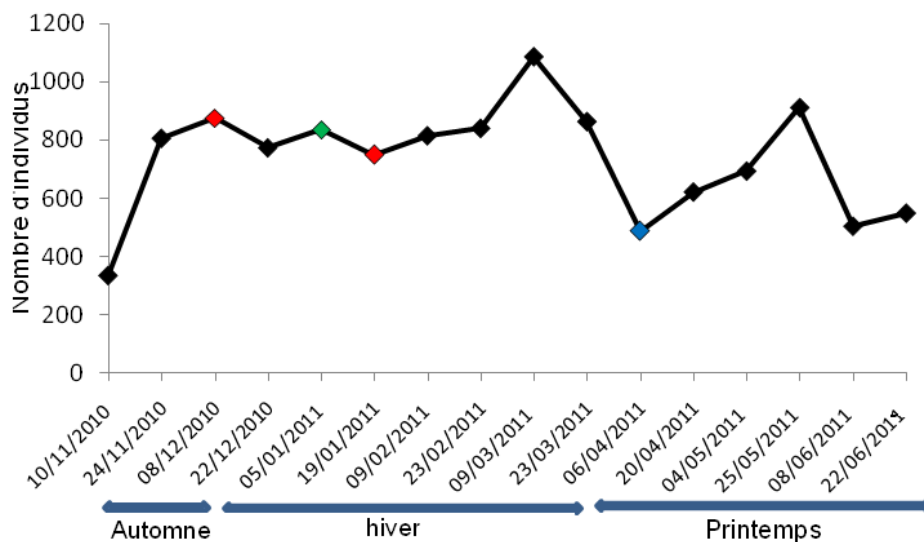


Figure 41: Fluctuations globales et temporelles de la dynamique de la population de *P. ziziphi*.

➤ **Fluctuations globales en fonction des orientations**

La figure 42 montre que le nombre d'individus de *P. ziziphi* (feuilles + rameaux) est important au niveau du centre de l'arbre avec un pourcentage de population égale à 26,44 %. Sur les feuilles nous dénombrons 26,90% au centre de l'arbre. Par contre sur les rameaux, la population est plus présente à l'ouest de l'arbre avec un taux de 25,69%.

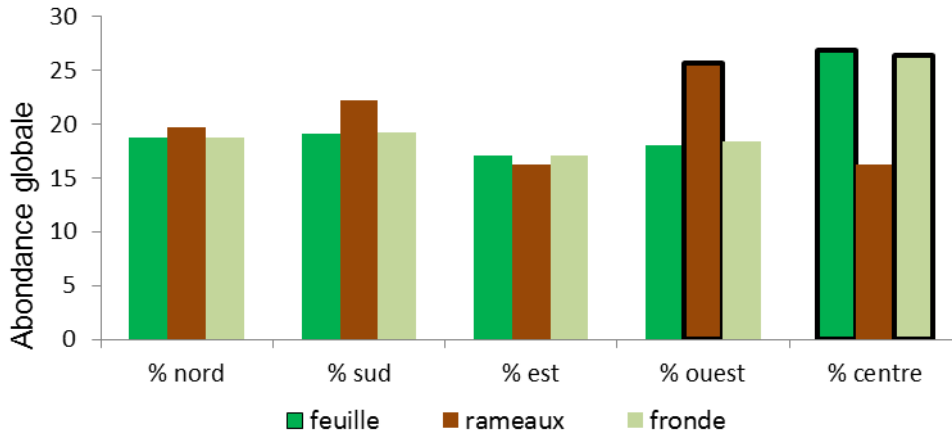


Figure 42: Fluctuations globales selon les orientations

➤ **Fluctuations globales selon les organes**

Sur la figure 43, nous remarquons que la présence de *P. ziziphi* sur les feuilles est largement plus importante par rapport à celle sur les rameaux. Nous pouvons voir aussi que les fluctuations diffèrent d'un organe à un autre durant toute la période d'étude.

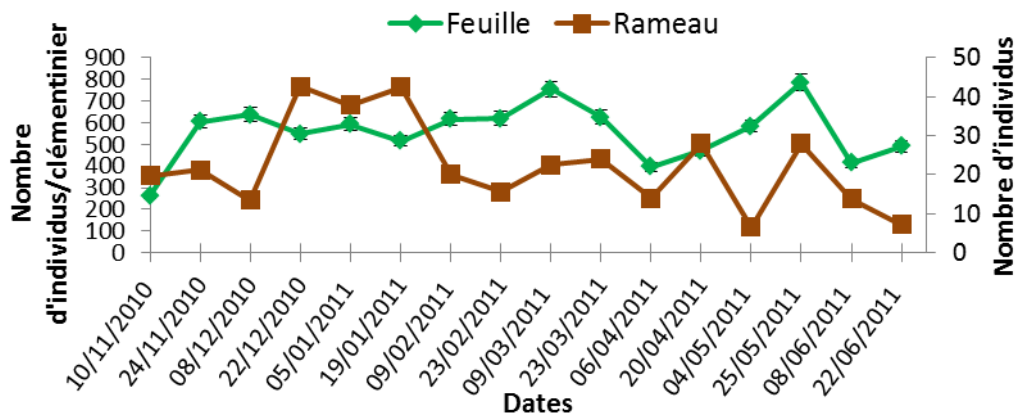


Figure 43: Fluctuations globales des populations de *P. ziziphi* en fonction des organes végétaux (feuilles et rameaux).

Dans le but de vérifier les fluctuations de la dynamique des populations de *P. ziziphi* par rapport aux périodes, aux orientations et aux organes (Fig.44), nous avons procédé à une

analyse de variance du type G.L.M. Ce test permet d'évaluer la variable du nombre d'individu par rapport aux facteurs étudiés (période, organes, orientations) sans avoir recours à des interactions entre eux à savoir les organes et les orientations. Cependant, pour le facteur temps, l'analyse révèle une probabilité $p=0,011$, ce qui nous indique que ce facteur à un effet significatif sur la répartition spatio-temporelle de *P.ziziphi* sur le clémentinier. D'après cette analyse, nous remarquons que le nombre d'individus reste relativement stable pendant les mois de décembre, janvier et février. Nous assistons à un pic très important durant le mois de mars, sous la dépendance de tous les facteurs étudiés. Un second pic de moindre importance, est observé au mois de mai.

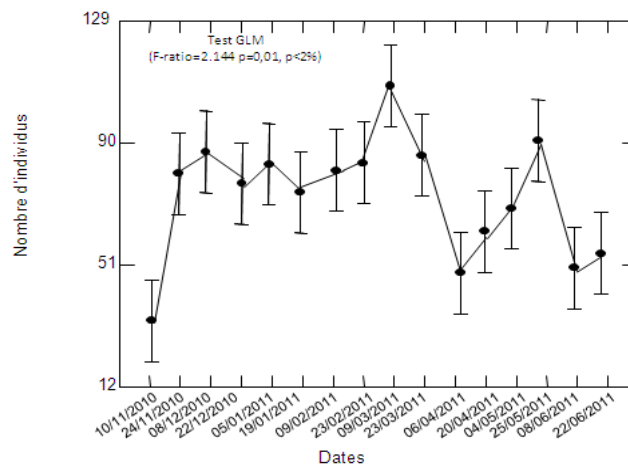


Figure 44: Fluctuations globales et temporelles des populations de *P. ziziphi* (Test: G.L.M).

Alors que, pour le facteur orientation (Fig.45), l'analyse révèle une influence très hautement significative sur la dynamique des populations de la cochenille ($p=0,009$). L'abondance des individus est très prononcée au centre de l'arbre, endroit très recherché par cette cochenille.

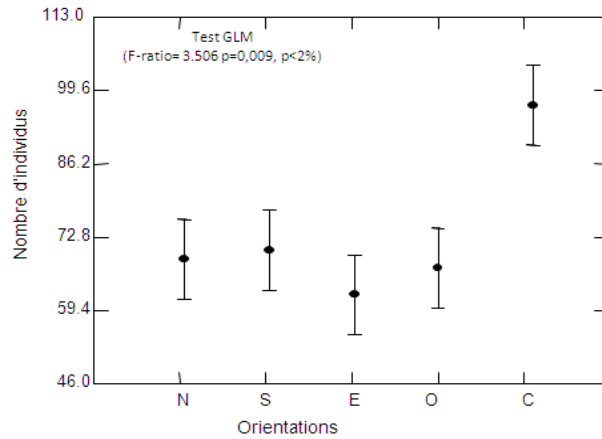


Figure 45:Fluctuations des populations de *P. ziziphi* en fonction des orientations dans la région de la Mitidja (Test:G.L.M).

Les résultats relatifs aux organes montrent que les individus de *P.ziziphi* sur clémentinier sont plutôt attirés par les feuilles que par les rameaux (Fig.46). L'analyse de variance nous confirme cette affinité de la cochenille pour les feuilles avec une influence très hautement significative ($p = 0,000$) du facteur organe sur la dynamique des populations de *P.ziziphi* sur le clémentinier.

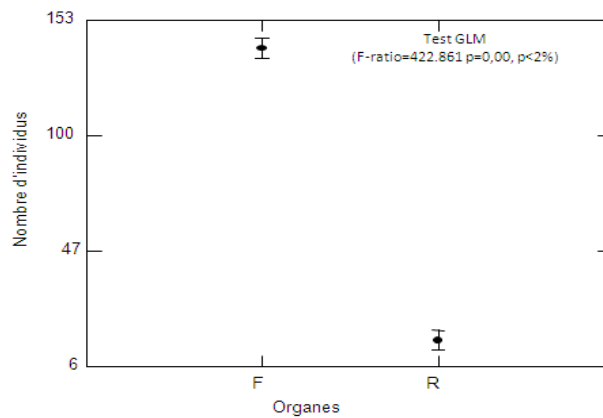


Figure 46: Analyse comparative des populations de *P. ziziphi* sur (F: feuilles et R: rameaux) (Test G.L.M).

3.2.2. - Dynamique des stades biologiques (larvaire et adulte) sur clémentinier

Dans cette étude, les mâles ne sont pas pris en considération en raison du comptage non effectué pour les stades évolutifs de ces derniers. Les stades comptés sont les larves (L_1 mobile+ L_1 fixe+ L_2) et les adultes (Jeune femelle+femelle adulte).

✓ Au nord de la fronde

Sur la figure 47, nous présentons les fluctuations de la dynamique des populations de la cochenille au nord de la fronde tout en présentant les résultats des analyses statistiques réalisées.

L'abondance des adultes sur feuilles est nettement plus élevée par rapport aux larves. L'abondance des deux stades (larvaire et adulte) varie entre 44 et 115 individus à partir du 24 novembre jusqu'au 4 mai, puis elle affiche un maximum de 124 individus sur feuilles le 25 mai. Quant aux rameaux, la distribution dans le temps, des deux stades, semble être la même, un pic important est enregistré le 5 janvier.

Dans le but de vérifier la signification des résultats obtenus, nous avons eu recours à l'analyse par le test de Kruskal-Wallis pour étudier la comparaison par paire des abondances et la distribution temporelle des stades larvaire et adulte. Cette analyse révèle une variation très hautement significative ($p=1,429*10^{-11}$) entre l'abondance d'individus du même stade évolutif sur feuilles et sur rameaux. Alors qu'au niveau de l'abondance temporelle, la probabilité a été non significative ($p=0,9933$) sur les deux organes. Ce qui montre que la distribution temporelle est semblable pour les deux organes (Fig.47).

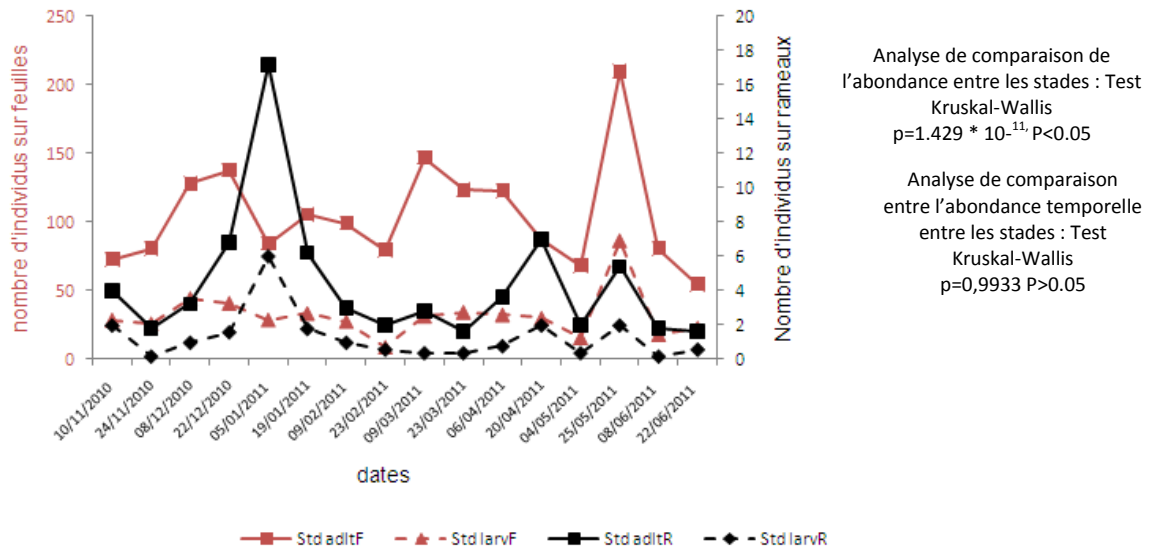


Figure 47: Dynamique comparée de *P. ziziphi* au nord de l'arbre en fonction des supports (feuilles et rameaux)

✓ Au sud de la fronde

Au sud de la frondaison, deux périodes importantes d'évolution de la population de la cochenille ont été remarquées, la période hivernale et la période printanière (Fig. 48).

En effet, les populations des adultes sur les feuilles passent par trois pics importants, le premier étant évalué à 111 individus au début du mois de janvier, le deuxième de 152 individus la première décennie de mars et le dernier à 140 individus vers la deuxième décennie du mois de mai. Alors que sur les rameaux les fluctuations des deux stades sont irrégulières durant toute la période d'étude. La cochenille affiche deux pics importants le 19 janvier et le 20 avril.

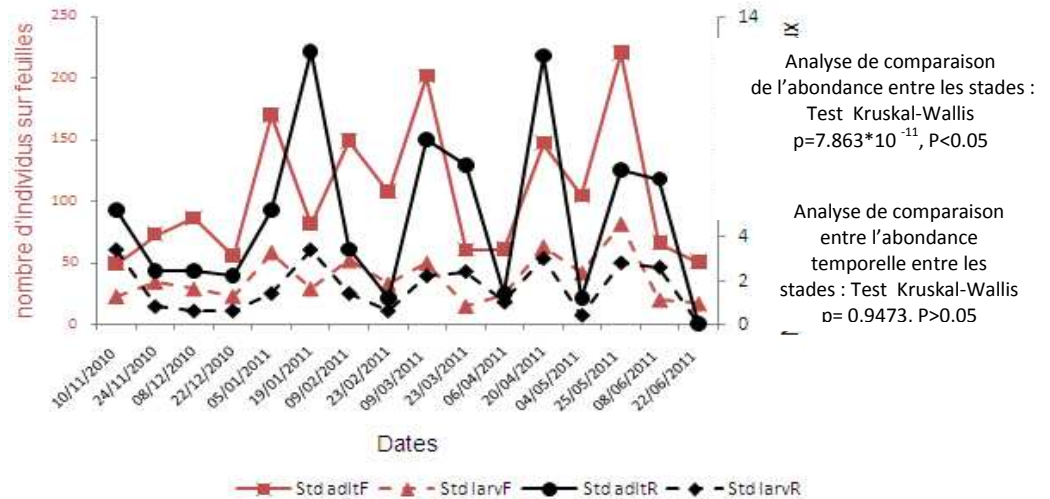


Figure 48: Dynamique comparée de *P. ziziphi* au sud de l'arbre en fonction des supports (feuilles et rameaux).

La comparaison par paire réalisée par le test de Kruskal-Wallis révèle une probabilité $p=7,863*10^{-11}$, ce qui implique une variation très hautement significative entre l'abondance d'individus du même stade évolutif sur feuilles et sur rameaux au sud. Alors qu'au niveau de l'abondance temporelle, la probabilité ($p=0,9473$), montre que le temps n'a pas un effet significatif sur les variations du nombre d'individus adultes et larvaires au sud de la fronde sur les feuilles et les rameaux.

✓ À l'Est de la fronde

Pour l'exposition Est, cette dernière semble être plus favorable pour le développement de cette cochenille durant les périodes hivernale et le début du printemps sur feuilles (Fig. 49).

L'abondance des populations devient faible durant une grande partie du printemps. Ainsi, les fluctuations du nombre d'individus larvaires sur les rameaux suivent une répartition irrégulière, alors que les adultes affichent une régression progressive de novembre à juin.

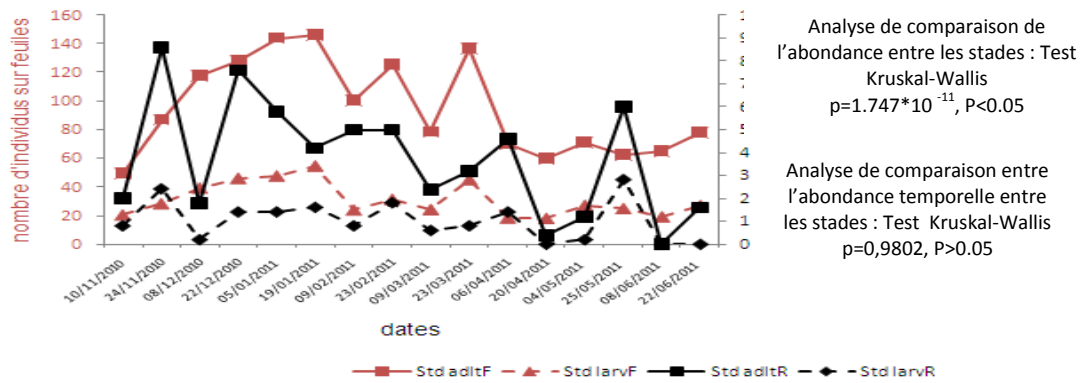


Figure 49: Dynamique comparée de *P. ziziphi* à l'Est de l'arbre en fonction des supports (feuilles et rameaux)

La comparaison par paire réalisée par le test Kruskal-Wallis révèle une variation très hautement significative ($p=1,747 \cdot 10^{-11}$) entre l'abondance d'individus du même stade évolutif sur feuilles et sur rameaux. Ainsi, la variation de l'abondance temporelle est non significative ($p=0,9802$) sur les deux organes. Ce qui montre que la distribution dans le temps est semblable sur les deux organes.

✓ A l'Ouest de la fronde

A l'ouest de la frondaison, les fluctuations varient pendant toute la période d'étude pour tous les stades. On remarque néanmoins que ces dernières se suivent parallèlement avec une présence plus marquée des adultes par rapport aux larves (Fig.50).

En effet, le nombre d'individus sur les feuilles passe de 25 adultes jusqu'à 101 individus durant une période de 15 jours. Ensuite, durant toute la première partie de l'hiver le nombre d'individus adulte sur les feuilles diminue jusqu'à atteindre 24 adultes le 19 janvier. A partir de cette date, ces effectifs augmentent pour atteindre 99 individus et se stabilisent pendant une période allant du 9 février au 9 mars. On assiste ensuite à une baisse importante pour afficher un nombre de 39 individus le 6 avril.

Comparativement aux rameaux, les populations de la cochenille sur les feuilles reprennent leur évolution et atteignent leur maximum le 22 juin.

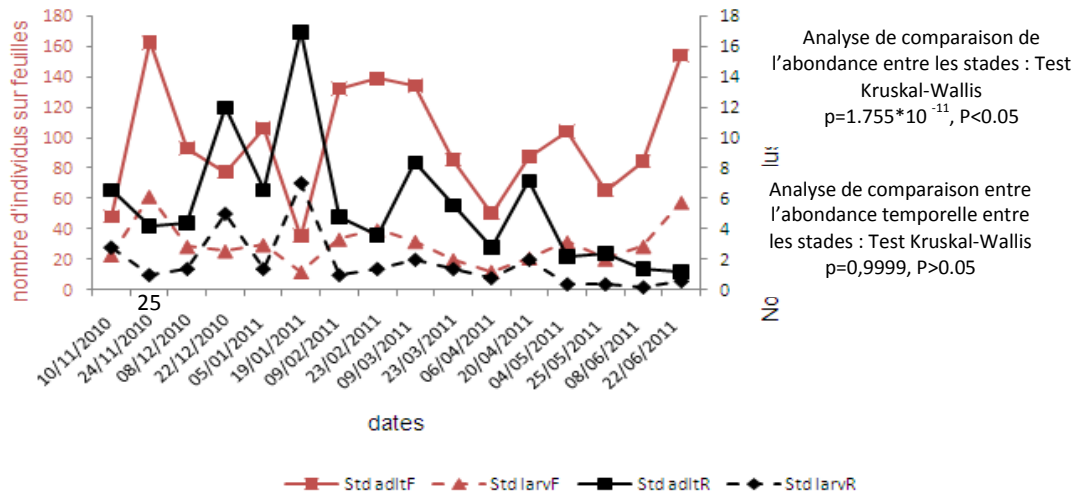


Figure 50: Dynamique comparée de *P. ziziphi* à l'ouest de l'arbre en fonction des supports (feuilles et rameaux).

La comparaison par paire réalisée par le test de Kruskal-Wallis révèle une variation très hautement significative ($p=1,755 \cdot 10^{-11}$) entre l'abondance d'individus du même stade évolutif sur feuilles et sur rameaux. Alors qu'au niveau de l'abondance temporelle, la probabilité a été non significative ($p=0,9999$) sur les deux organes. Ce qui montre que la distribution dans le temps est semblable sur les deux organes.

✓ Au centre de la fronde

Selon la figure 51, les résultats obtenus sur les feuilles au centre de la fronde, montrent trois pics de populations. Le premier est observé durant le mois de décembre, le second en mars et le troisième au début mai au niveau des feuilles.

Sur les rameaux, les adultes marquent un pic assez important au mois de décembre puis des variations plus modérées durant le reste de la période d'étude. Afin de vérifier les fluctuations de la dynamique de *P. ziziphi* en fonction des stades évolutifs (larves et adultes) et des supports (feuilles et rameaux), au centre de la fronde, nous avons procédé au même type d'analyse statistique (le test de Kruskal-Wallis). Cette analyse révèle une variation très hautement significative ($p=1,533 \cdot 10^{-11}$) entre l'abondance d'individus du même stade évolutif sur feuilles et sur rameaux. Alors qu'au niveau de l'abondance temporelle, la probabilité a été non significative ($p=0,9949$) sur les deux organes. Ce qui montre que la distribution dans le temps est semblable sur les deux organes.

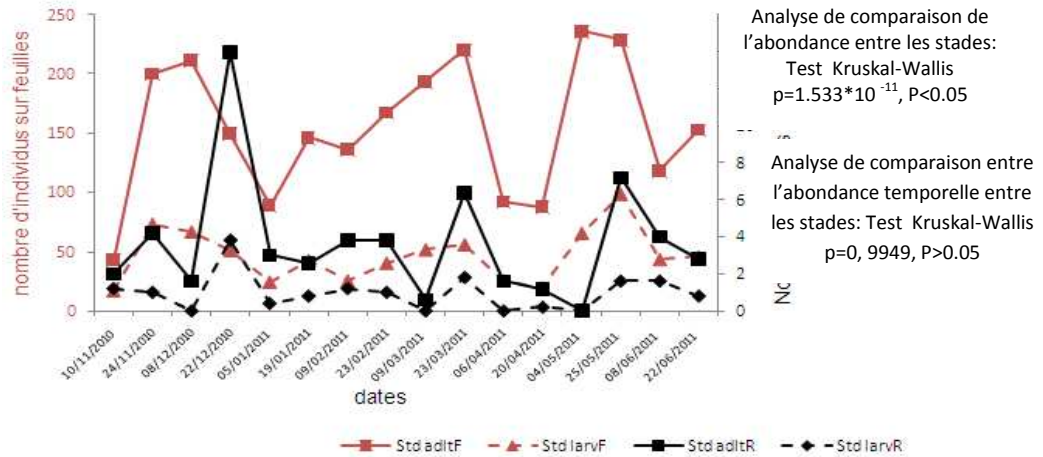


Figure 51: Fluctuations comparées des larves et adultes au centre de l’arbre en fonction des supports (feuilles et rameaux).

3.2.3 - Comparaison de la dynamique de *P.ziziphi* sur citronnier et clémentinier.

➤ Type de répartition

Les tableaux 10 et 11 est une récapitulation des résultats des suivies de la dynamique de population de *P. ziziphi*.

Tableau 10: Type de répartition de *P.ziziphi* sur les feuilles âgées et les jeunes feuilles du citronnier à la station expérimentale de Boufarik.

Compartiment	Age	Répartition régulière $s^2/m < 1$	Répartition uniforme $s^2/m = 0$	Répartition contagieuse $s^2/m > 1$
Face supérieure	Jeunes feuilles	1 fois	2 fois	11 fois
	Feuilles âgées	0 fois	0 fois	14 fois
Face inférieure	Jeunes feuilles	1 fois	3 fois	10 fois
	Feuilles âgées	0 fois	0 fois	14 fois

Tableau 11: Type de répartition de *P.ziziphi* sur les feuilles âgées et les jeunes feuilles du clémentinier à la station expérimentale de Boufarik.

Compartiment	Age	Répartition régulière $s^2/m < 1$	Répartition uniforme $s^2/m = 0$	Répartition contagieuse $s^2/m > 1$
Face supérieure	Jeunes feuilles	1 fois	1 fois	12 fois
	Feuilles âgées	0 fois	0 fois	14 fois
Face inférieure	Jeunes feuilles	2 fois	2 fois	10 fois
	Feuilles âgées	2 fois	0 fois	14 fois

Les tableaux 10 et 11 montrent que *P. ziziphi* présente pour les feuilles âgées du citronnier une répartition contagieuse durant toute la période d'échantillonnage, qui s'étale depuis le mois de décembre jusqu'au mois de juin au niveau des deux faces du limbe. Quand aux jeunes feuilles de la même variété, la quasi-totalité des échantillonnages effectués lors de l'expérimentation, étalé sur 7 mois ont un rapport $S^2/m > 1$ caractéristique d'une répartition contagieuse ou en agrégats. Durant toute la période de notre échantillonnage 11 sur 14 comptages sur la face supérieure du limbe, soit un taux de 78,57% révèle une répartition contagieuse. De même sur la face inférieure du limbe 10 sur 14 échantillons soit un pourcentage de répartition en agrégats.

La régularité à été observée pendant le mois de mai sur les deux faces du limbe ceci est du à la quantité exceptionnelle (importante) des précipitations durant ce mois avec 118.7mm.

Chez le clémentinier nous notons également une répartition contagieuse durant toute la période d'échantillonnages sur la face supérieure des feuilles âgées. Tandis que sur la face inférieure 12 sur 14 comptages sont contagieuse soit un taux de 85.71%. Concernant les feuilles jeunes du clémentinier 12 sur 14 cas (Tab.11) pour la face supérieure du limbe (85.71%) et 10 sur 14 pour la face inférieure soit 71.42 % sont contagieuses.

Sur la face inférieure des feuilles âgées, la régularité est observée pendant la fin du mois d'avril et de juin. Par contre, sur les jeunes feuilles, elle est constatée durant le mois de février et à la fin mois du juin. Ce résultat est constaté uniquement sur la face inférieure du limbe comparativement à la face supérieure où la régularité est observée uniquement à la fin du mois de juin.

Selon Chapot et Delucchi (1964) la tendance à l'agrégation peut être liée à la vie sédentaire stricte de la cochenille femelle adulte. Cette sédentarisation stricte est due en partie à un aptérisme total et permanent et à l'atrophie des pattes des femelles ; cette série de régressions morphologique font des cochenilles déprédateur voués uniquement à la nutrition et à la reproduction .Il semblerait, selon les mêmes auteurs, que la formation d'agrégat serait due au fait que les larves après éclosion demeurent groupées. Il est à signalé que les conditions climatiques favorables durant la saison printanière et l'état végétatif de l'hôte,

favorisent la pullulation de cette diaspine. Nos résultats sont comparables à ceux trouvés notés par Chapot et Delucchi (1964).

Il est à noter que durant la période allant du mois de mai et juin sur les jeunes feuilles, *P.ziziphi* ne présentait pas sur le plan biologique une répartition uniforme. Toutefois, les valeurs exprimées correspondent à l'absence totale des individus de *P.ziziphi*.

P. ziziphi se répartit d'une manière contagieuse durant toute sa durée de vie. Le climat par suite de l'influence combinée de la température et de l'hygrométrie et de la plante hôte agit directement sur la répartition spatiale et temporelle des populations de la cochenille. Ils constituent les principaux facteurs régulateurs de l'évolution des populations de la cochenille.

➤ **Etude du degré d'infestation de *P. ziziphi* en fonction des plantes hôtes**

Pour évaluer le degré d'infestation, nous avons pris comme référence la table d'échantillonnage séquentiel utilisée pour évaluer les taux d'infestation du charançon rouge du Pin, *Pissodes strobi* (Fig. 52).

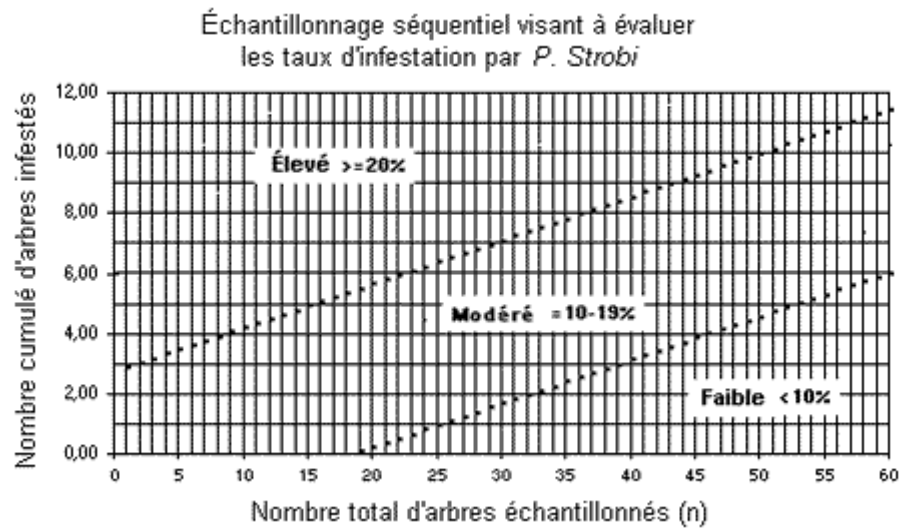


Figure 52: Evaluation du taux d'infestation de *Pissodes strobi*

Nous avons reporté dans le tableau 12, les résultats concernant les taux d'infestations de *P.ziziphi* sur le Clémentinier et le Citronnier dans la région de Boufarik.

Tableau 12: Degré d'infestation de *P.ziziphi* sur les deux variétés d'agrumes

Variétés	Nombre d'individus	Pourcentage %
Clémentinier	10 376	60.26
Citronnier	6 842	39.73

Sur le tableau ci-dessus, nous remarquons d'une part que le degré d'infestation de *P. ziziphi* pour les deux variétés est supérieur à 20% donc très élevé, et d'autre part, une différence de population très marquée entre le Clémentinier et le Citronnier. En effet, le pourcentage est beaucoup plus élevé sur le Clémentinier (60.26 %) que sur le Citronnier (39.73 %). Ce taux de population différentielle est dû probablement à la composition chimique et biochimique de la plante-hôte qui joue un rôle important sur la répartition des individus de cette cochenille entre les différentes variétés. En effet, Praloran (1971) et Benassy (1975) ont confirmé que *P.ziziphi* a une préférence pour le Mandarinier et le Clémentinier que pour le Citronnier.

Une explication est donnée par certains auteurs, notamment Chapot et Delucchi en 1964, affirment que les larves du premier stade recherchent les endroits favorables à leur développement et des surfaces foliaires ou des rameaux qui ne sont pas lisses pour une meilleure fixation. Récemment, les travaux de Calatayud et Vercambre (1996) ont montré que les variations de populations sur différentes plantes hôtes sont en partie dues à l'épaisseur du limbe et la taille des cellules épidermiques; c'est à dire que la différence structurale entre les surfaces des feuilles peuvent influencer sur la fixation des cochenilles, celles-ci ne peuvent faire pénétrer leur stylet quand la couche épicuticulaire est mince.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons déduire que le Clémentinier semble être plus infesté par cette cochenille comparativement au Citronnier. Cette différence est due éventuellement à des facteurs morphologiques et physiologiques de la plante hôte.

➤ Etude de degré d'infestation de *P.ziziphi* en fonction de l'âge des feuilles

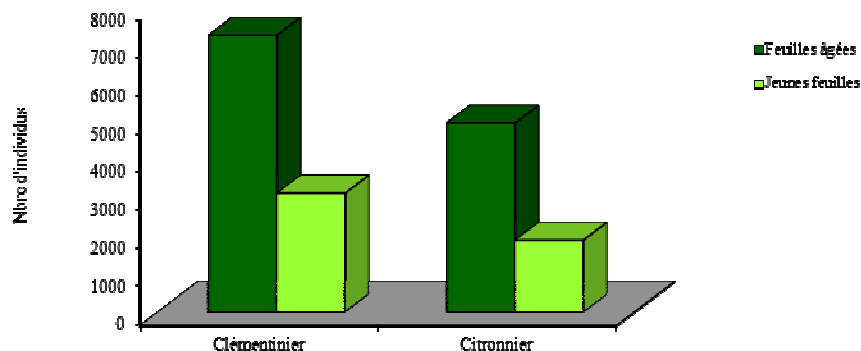
Pour mieux comprendre l'influence de l'âge des feuilles sur les populations du pou noir, nous avons dressé le tableau suivant :

Tableau 13: Degré d'infestation de *P.ziziphi* en fonction de l'âge des feuilles

Age	Nombre d'individus	Pourcentage (%)
Feuilles âgées	12 211	70.91
Jeunes feuilles	5 007	29.08

Le tableau ci-dessus montre clairement que les $\frac{3}{4}$ de la population de la cochenille sont dénombrés sur les feuilles âgées. Ceci est dû probablement à l'écologie de cette diaspine. Au moment de la ponte, les larves du premier stade, vont se fixer, généralement, immédiatement sous le bouclier maternel. Ce phénomène va donner un aspect d'encroûtement observé sur les feuilles. En effet Sigwalt (1971) a souligné que le taux des larves mobiles est très important sur les feuilles âgées, du fait que les larves néonates préfèrent se fixer sur les feuilles âgées que sur les jeunes feuilles, de même que les feuilles âgées portent déjà des individus à différents stades évolutifs.

La consistance des feuilles diffère selon l'âge. Les feuilles âgées présentent une couleur plus foncée et une cuticule plus épaisse ce qui facilite la fixation des larves. La répartition de *P. ziziphi* sur les feuilles des deux variétés est très influencée par l'âge de ces dernières. Elle est beaucoup plus élevée sur les feuilles âgées qui offrent les conditions les plus favorables à la fixation des larves, à la prise de nourriture et à la ponte (Fig.53).

Figure 53: Taux d'infestation par *P.ziziphi* sur les deux variétés d'agrumes en fonction de l'âge des feuilles

➤ Etude de degré l'infestation de *P. ziziphi* en fonction du temps

Les résultats des infestations en fonction du temps sont reportés dans la figure 54.

La courbe ci-dessous montre que pour le Clémentinier une pullulation intense durant le mois de décembre et janvier. Cet aspect de la population est le résultat du développement automnal de la cochenille. La plupart de ces individus dénombrés sont des individus morts ou parasités. Les individus vivants sont dans la majorité des cas des femelles vivantes par le fait qu'elles présentent un bouclier protecteur assez épais qui leur permet de se protéger contre toute agression du milieu extérieur et aussi aux conditions climatiques et microclimatiques de la région de Boufarik qui ne sont pas très rigoureuses. A partir du mois de mars on assiste à une nouvelle reprise de l'évolution de la cochenille qui s'étale jusqu'au début juin, date à laquelle on enregistre le plus faible taux. Cet accroissement est dû principalement à la période d'oviposition et larvaire de la cochenille. L'état physiologique de la plante offre également à la cochenille les conditions favorables à son développement.

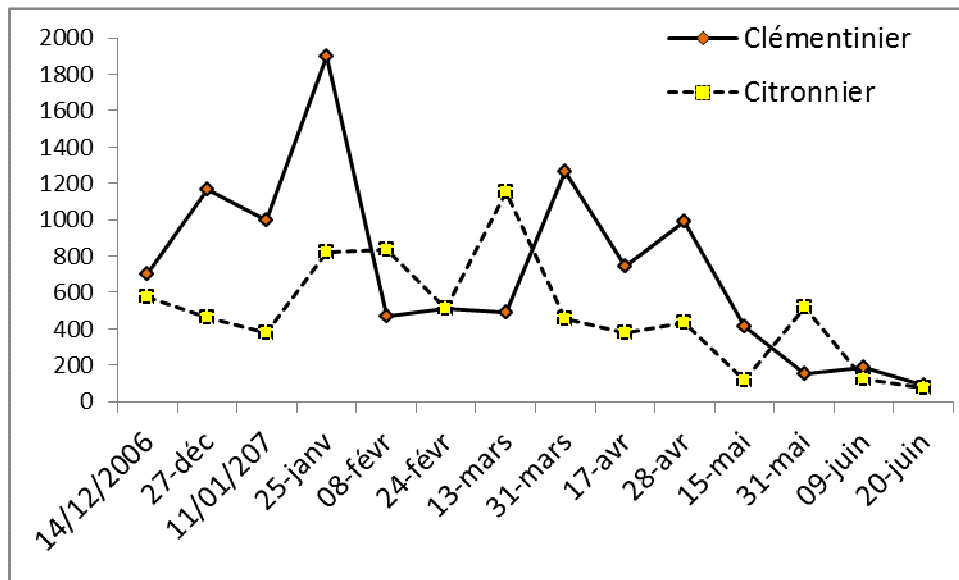


Figure 54 : Variation des effectifs de *P.ziziphi* sur les deux variétés d'agrumes

Cet aspect biologique chez *P.ziziphi* a été rapporté par plusieurs auteurs notamment Chapot et Delucchi (1994), qui ont noté des éclosions massives au début du printemps dans les vergers agrumicoles de la plaine de Rharb au Maroc. De même, cette infestation peut être liée aussi à la plante hôte. En effet, Biche et Sellami (1999) ont montré toute l'influence de la plante-hôte vis-à-vis d'une autre cochenille, *P.oleae* : elle agit à la fois sur la durée du cycle, sur la taille, sur la fécondité et sur le sex-ratio.

Une diminution de l'infestation est observée vers le mois de mai dû à notre avis à la quantité importante des pluies enregistrée durant cette période avec 118.7mm.

Les mêmes résultats et constatations sont notés sur le Citronnier, avec de faible degré d'infestation au mois de janvier et au mois d'avril. Un accroissement du nombre d'individus peu important est observé à la fin du mois de mai suivi d'une régression remarquable durant le mois de juin. Comparativement, durant tout le long de notre étude le Citronnier reste moins infesté que le Clémentinier.

3.2.4. - Détermination du nombre de générations sur clémentinier

Pour déterminer les générations, nous avons considéré les variations concernant le nombre d'individus larvaires, ce qui nous a permis de tracer les graphes suivants :

- ✓ Sur les feuilles de clémentinier

La figure 55 représente l'évolution de la population larvaire sur les feuilles. Ce graphe nous fait ressortir deux générations durant la période d'étude de novembre 2010 à décembre 2011, l'une hivernale et l'autre printanière.

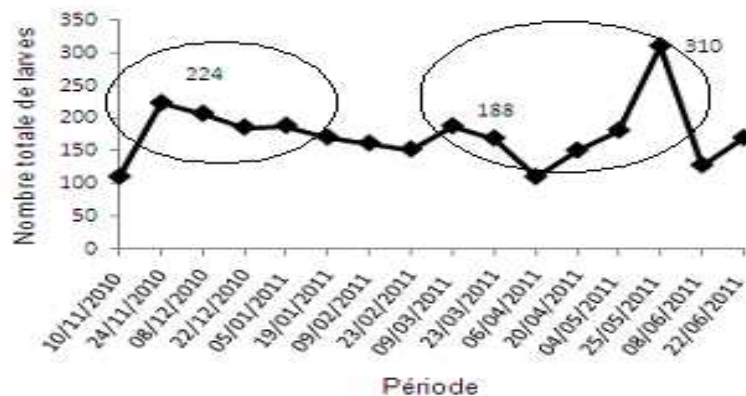


Figure 55: Nombre de générations de *P.ziziphi* sur les feuilles du clémentinier

3.2.5 - Fécondité de *Parlatoria ziziphi* sur clémentinier.

Pour déterminer la fécondité de *P. ziziphi* sur le clémentinier de la Mitidja, nous avons estimé la moyenne du nombre d'œufs par dix femelles par échantillon (Tab.14).

Tableau 14: Fécondité moyenne de *P. ziziphi* en fonction du temps et des orientations sur les feuilles du clémentinier

Orientations Dates	Nombre d'œufs moyen par femelle (n=10)				
	NORD	SUD	EST	OUEST	CENTRE
10/11/2010	35	21	23	26	30
24/11/2010	11	19	18	25	41
08/12/2010	15	24	19	6	26
22/12/2010	37	9	24	16	32
05/01/2011	16	38	27	6	19
19/01/2011	33	17	46	20	41
09/02/2011	28	20	17	37	18
23/02/2011	21	24	31	40	37
09/03/2011	16	43	17	43	41
23/03/2011	36	24	30	50	22
06/04/2011	45	7	16	8	47
20/04/2011	27	62	15	19	23
04/05/2011	26	57	53	50	54
25/05/2011	58	41	16	37	53
08/06/2011	13	10	10	13	24
22/06/2011	10	20	11	16	20
Total	427	436	373	412	528

Dans le tableau ci dessus nous pouvons voir, que la fécondité la plus élevée est enregistrée chez les femelles fixées au centre de l'arbre. Cette fécondité est remarquable durant la saison printanière, elle varie de 62-50 œufs par femelle. La fécondité est la plus favorable à l'exposition centre et plus défavorable à l'exposition (Est).

Pour vérifier les résultats obtenus de la fécondité de *P. ziziphi* par rapport aux périodes et aux orientations, nous avons procédé à une analyse de la variance du type G.L.M. Ce test permet d'évaluer la variable nombre d'œuf par dix femelles par rapport aux facteurs étudiés (période, orientations) sans avoir le recours à des interactions entre eux. Cependant, en ce qui concerne le facteur orientation, l'analyse révèle une probabilité ($p=0,251$), ce qui nous mène à dire que les directions cardinales non pas d'effet significatif sur la fécondité de cette cochenille (Fig.56).

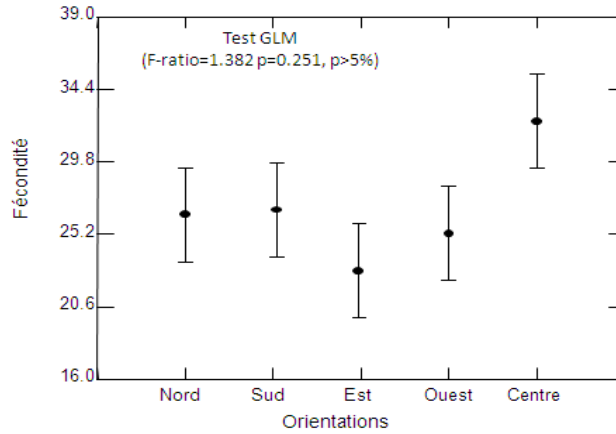


Figure 56: Fécondité moyenne (n=10) de *P. ziziphi* en fonction des orientations (Test G.L.M).

L'analyse de la variance révèle que le facteur temps a une influence très hautement significatif ($p= 0,002$) sur la fécondité des femelles de *P.ziziphi* sur le clémentinier de la Mitidja (Fig.57).

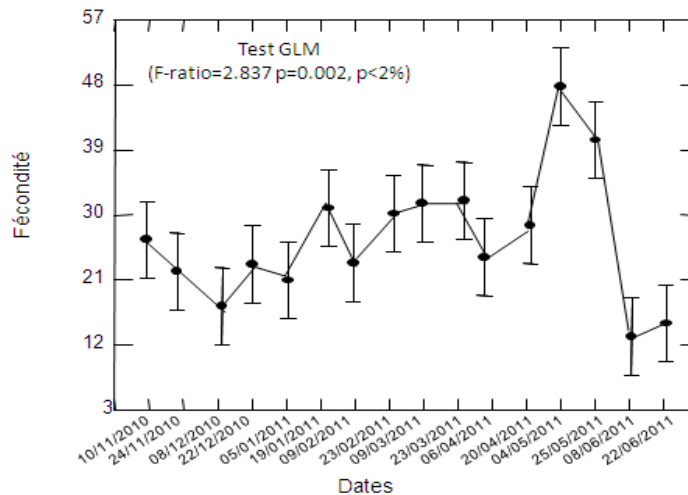


Figure 57: Fluctuations globale et temporelle du nombre d'œufs de 10 femelles de *P. ziziphi* (Tes: G.L.M).

3.2.6. - Incidence parasitaire global sur *P.ziziphi* sur clémentinier

Pour élucider au mieux l'incidence parasitaire global sur la population de la cochenille noire des agrumes *P.ziziphi* sur le clémentinier de la Mitidja, nous avons jugé intéressant de présenter les résultats sous forme de tableau (Tab. 16).

Sur le tableau 15, nous remarquons que le taux de l'incidence parasitaire est compris entre 3,84% enregistré au centre de l'arbre et 6,41% à l'est, à travers toute la période d'étude. Pour le nord de la frondaison, cette incidence parasitaire est comprise entre 2,01% et 14,53%. Nous pouvons dire aussi en se référant au même tableau, que les cochenilles ont été le plus parasités pendant le mois de novembre. Au sud de la fronde, l'incidence parasitaire est comprise entre 1,46% et 9,78%. Alors qu'à l'Est de l'arbre, nous remarquons un taux important de l'incidence parasitaire (18,11%). A l'ouest, le taux de parasitisme global est compris entre 1,31% et 10,9%. Par contre au centre de la fronde, les résultats indiquent que c'est l'orientation la moins visité par les parasites de cette cochenille par rapport aux autres directions, où l'incidence parasitaire est comprise entre 0,84% et 11,29.

Tableau 15: Incidence parasitaire de *Parlatoria ziziphi* selon les directions cardinales et le centre de l'arbre.

Orientations Dates	Nord			Sud			Est			Ouest			Centre		
	VP	P	%	VP	P	%	VP	P	%	VP	P	%	VP	P	%
10/11/2010	97	10	10,47	63	5	8,11	67	9	12,91	62	4	6,57	56	6	11,29
24/11/2010	131	19	14,53	106		4,43	139	25	18,11	219	10	4,7	254	10	3,93
08/12/2010	179	4	2,18	116	2	1,46	157	2	1,02	132	2	1,44	286	2	0,84
22/12/2010	184	4	2,12	76	4	4,72	179	8	4,36	112	6	5,65	195	5	2,51
05/01/2011	104	2	2,01	237	7	2,79	191	2	1,2	149	3	1,95	120	4	3,18
19/01/2011	144	8	5,57	113	8	7,41	210	11	5,25	51	6	11,31	205	7	3,22
09/02/2011	142	3	2,33	201	13	6,36	123	4	2,86	180	3	1,72	169	5	2,66
23/02/2011	105	13	12,44	155	7	4,32	170	5	3,18	202	5	2,63	227	8	3,57
09/03/2011	199	6	2,77	295	6	2,17	115	6	4,87	211	5	2,28	260	3	1,08
23/03/2011	184	11	5,93	98	10	9,78	186	15	7,85	126	7	5,4	297	21	7,2
06/04/2011	142	5	3,59	75	3	4,39	92	4	4,47	70	4	5,01	109	4	4,02
20/04/2011	115	10	8,96	192	6	3,28	85	5	5,92	108	8	7,59	115	6	5,12
04/05/2011	93	10	10,63	136	7	4,99	96	8	8,17	143	8	5,51	255	7	2,78
25/05/2011	256	11	4,42	251	9	3,55	83	15	17,47	81	9	10,59	266	18	6,66
08/06/2011	107	10	8,85	78	6	7,14	77	6	7,24	102	8	7,52	159	9	5,8
22/06/2011	63	4	5,74	62	5	7,87	90	7	7,44	175	4	2,34	175	6	3,42
Total	2245	130	5,79	2254	103	4,57	2060	132	6,41	2123	92	4,33	148	11	3,84

VP : individus vivants et parasités. P : individus parasités. % : pourcentage d'individus parasités

Dans le but de vérifier les fluctuations de l'incidence parasitaire sur *P.ziziphi* sous l'influence des périodes et des expositions (Tab. 15), nous avons procédé à une analyse de la variance du type G.L.M, qui permet d'évaluer la variation de l'incidence parasitaire sans faire intervenir les interactions entre ces facteurs (période et orientations).

En effet, pour le facteur temps et selon la figure: 58, l'analyse révèle une probabilité $P=0.000$, ce qui nous indique que ce facteur a un effet très hautement significatif sur l'incidence parasitaire sur la population de *P.ziziphi*. Nous remarquons aussi que l'effet des parasites sur cette cochenille est le plus important pendant la période automnale (novembre) et la période printanière (mars et mai), puis elle est au plus faible de sa valeur au mois de décembre.

La même analyse démontre que le facteur exposition a un effet marginal sur l'action parasitaire ($p= 0,06$) et nous confirme aussi que l'incidence parasitaire sur *P. ziziphi* est plus importante à l'est et plus faible au centre de l'arbre, il est plus remarquable en automne et au printemps. Ce phénomène aide à préserver les populations de *P. ziziphi* de ces parasites. (Fig. 58).

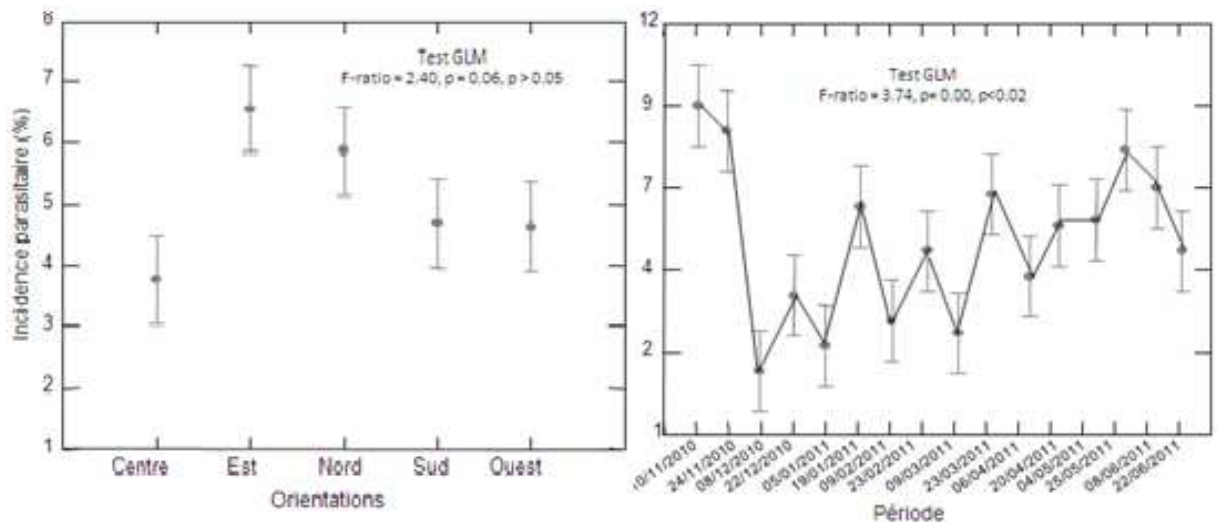


Figure 58: Fluctuations temporelles de l'incidence parasitaire sur *P. ziziphi* en fonction des directions cardinales (Test: G.L.M).

3.2.7.-. Influence de la lumière sur le développement de *P. ziziphi* sur clémentinier, citronnier et oranger sous serre ombrée.

Cette étude a pour objectif de terrer au clair les raisons de la répartition spatiotemporelle de *P. ziziphi* au champ et sa concentration au centre de l'arbre et en période printanière.

3.2.7.1.- Influence sur la longévité (durée de cycle)

L'étude de la longévité a démontré que la durée du cycle printanier de développement de *P. ziziphi* évoluant sur de jeunes plants de clémentinier, citronnier et oranger sous serre, et sous l'influence du facteur ombre, est d'environ 106 jours à compter de l'introduction des L₁ mobiles manuellement le 9 mars 2011 jusqu'à l'apparition des œufs le 21 juin 2011 sur des plants sains et selon l'apparition du maximum de population de chaque stade.

Les branches infestées par *P. ziziphi* sont restées six jours en contact des plants sains, du 9 mars 2011 jusqu'au 14 mars 2011, pour favoriser le maximum de passage des L₁ mobiles. D'après nos résultats du 1^{er} comptage du 15 mars 2011, date d'un nombre important des L₁ fixées, la durée du cycle de vie des L₁ mobiles est plus au moins d'une semaine.

Sur le citronnier et le clémentinier, les L₁ fixées peuvent croître pendant 31 jours pour donner le maximum des L₂ le 14 avril 2011. Ces dernières vivent près de 13 jours et se développent pour donner le maximum des jeunes femelles et les nymphes mâles le 27 avril 2011. Ce qui diffère pour l'oranger est la durée de stade L₁ fixées qui est de 15 jours pour donner le maximum des L₂ le 29 mars 2011 qui à leur tour se développent pour donner le maximum des jeunes femelles et des nymphes mâles après 29 jours le 27 avril 2011.

Les jeunes femelles ont donné la population des femelles adultes après 27 jours soit le 24 mai 2011. Ces dernières, se développent pendant 28 jours pour donner à leur tour, des femelles pondueuses le 21 juin 2011, capables de pondre des œufs, qui seront à l'origine d'une deuxième génération estivale (Tab.16).

Les œufs sont apparus en nombre important le 7 juin 2011 chez le citronnier et le clémentinier avec les taux respectifs de 43,7% et de 29,25%, mais le maximum n'a été atteint que le 21 juin 2011 avec un taux de 49,06% sur le citronnier et de 50,15% sur le clémentinier. Sur l'oranger, leur apparition maximale est notée le 7 juin 2011 avec un taux de 49,43%. Par la suite, ce taux commence à régresser à partir du début de juillet (7,24% sur le citronnier, 4,79% sur le clémentinier et 7,92% sur l'oranger). Cela est dû vraisemblablement à la diminution du taux de la population des femelles pondueuses qui subissent une mort physiologique après la ponte.

La deuxième génération estivale commence, approximativement, après une semaine de l'apparition des œufs le 07 juin 2011, avec un taux faible des L1 mobiles. La fixation des L1 mobiles s'effectue au bout de plus ou moins une semaine.

Tableau 16: La durée du passage d'un stade évolutif à un autre chez *P. ziziphi* selon la plante hôte.

Stade	hôte		
	Citronnier	Oranger	Clémentinier
L₁M - L₁F	7	7	7
L₁F - L₂	31	15	31
L₂ - JF	13	29	13
JF - FA et M	27	27	27
FA - FP	28	28	28
Duré de cycle	106	106	106

L1M: premier stade larvaire mobile. *L1F*: premier stade larvaire fixe.

L₂: deuxième stade larvaire. JF: jeune femelle. FA: femelle adulte.

FP: femelle pondreuse. M: mâle.

3.2.7.2. - Influence sur le développement de la population globale

La figure 59 montre que sous serre non éclairée, *P. ziziphi* se développe mieux sur citronnier que sur oranger et clémentinier. Elle affiche un taux de croissance de 39,74% sur citronnier, de 31,77% sur oranger et de 28,48% sur clémentinier.

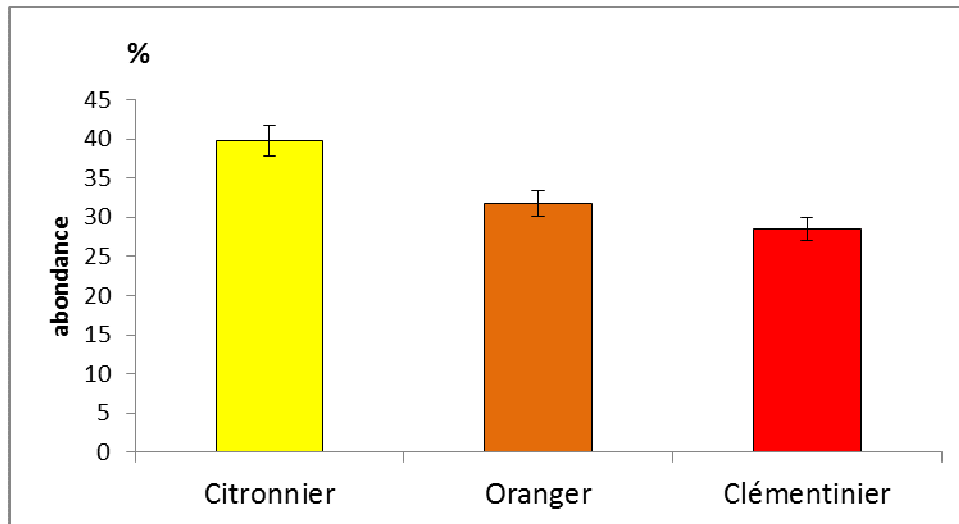


Figure 59: Variation de l'abondance globale des populations de *P. ziziphi* selon les trois plantes hôtes. (Pop citr: population de *P. ziziphi* sur citronnier. Pop org: population de *P. ziziphi* sur oranger. Pop clém: population de *P. ziziphi* sur oranger).

La figure 60 montre que l'abondance de *P. ziziphi* est plus élevée le 15 mars 2011 sur citronnier (18,62%), le 21 juin 2011 sur clémentinier (18,39%) et le 29 mars 2011 sur oranger (17,34%).

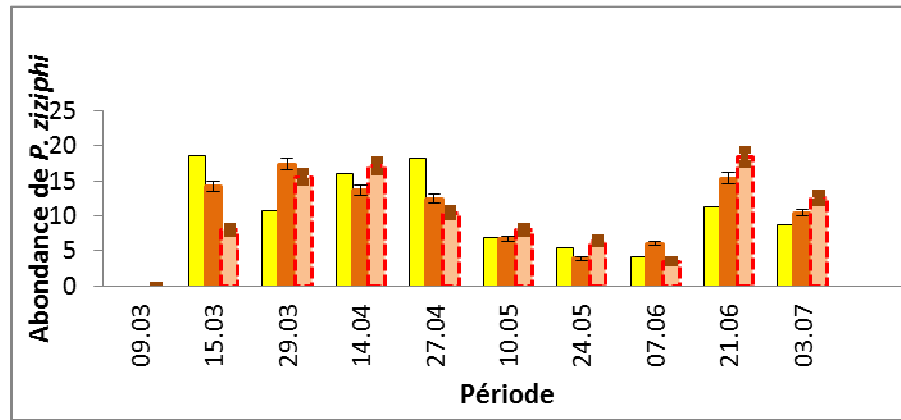


Figure 60: Variation de l'abondance temporelle de *P. ziziphi* selon les trois plantes hôte (% clém-pop: pourcentage de la population sur clémentinier.%org-pop: pourcentage de la population sur oranger.%citr-pop: pourcentage de la population sur citronnier).

3.2.7.3. - Influence sur le développement des populations des stades évolutifs de *P. ziziphi* selon la plante hôte

L'analyse de variance de l'évolution temporelle des populations des stades biologiques de *P. ziziphi* sur les trois espèces d'agrumes, montre que le facteur plante hôte (PH) présente un effet marginal significatif ($p=0,08$, $p>5\%$), tandis que le facteur stade induit une différence très hautement significative avec une probabilité de ($p<1\%$) alors que le facteur saison ne présente pas de différence significative ($p=0.848$) (Tab. 17).

Tableau 17: Analyse de la variance de l'évolution temporelle des stades évolutifs de *P.ziziphi* en fonction de ses plantes hôtes

Facteurs	Somme des carrés	d.d.l.	Carrés moyens	F-ratio	P
PH	18121.706	2	9060.853	2.845	0.083
Stade	1539815.604	4	384953.901	120.853	0.000

Le modèle GLM a révélé que les stades évolutifs de *P. ziziphi* sont plus abondants chez le citronnier avec un effectif moyen de 333, suivi par l'oranger et enfin le clémentinier (Fig. 61).

En ce qui concerne l'abondance des stades évolutifs, nous remarquons que le stade le plus abondant est celui des œufs avec un effectif moyen supérieur à 780 suivi par les larves de

deuxième stade femelle, les femelles adultes et enfin les mâles et les larves du premier stade (Fig.61). Cette succession est liée à la nature et la sensibilité du stade biologique de la cochenille.

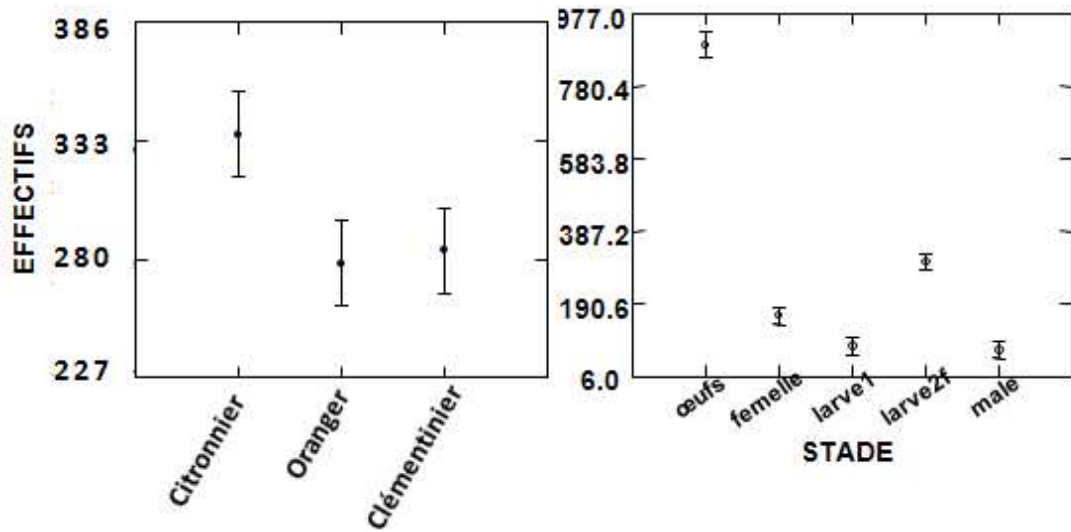


Figure 61: L'évolution temporelle des stades évolutifs de *P. ziziphi* en fonction la plante hôte (Test: GLM).

3.2.7.4.- Influence sur la fécondité

La figure 62 montre que le développement du stade L₂ est remarquable sur les trois plantes hôtes. Le Clémentinier est le plus stimulant pour le développement de la population du stade L₂ que les deux autres plantes hôtes.

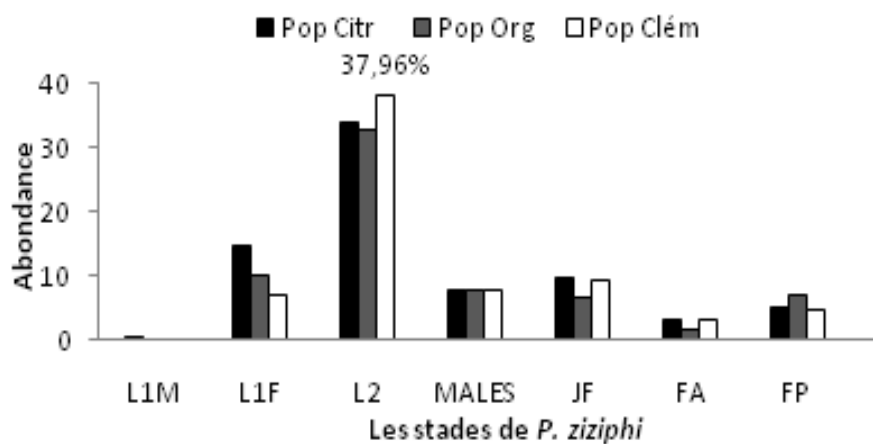


Figure 62: Variation de l'abondance des stades de développement de *P. ziziphi* sur les trois plantes hôtes

La fécondité est plus stimulée sur citronnier que sur oranger, et clémentinier (Fig. 63.b). Les œufs ont apparus le 7 juin avec un nombre de 1303 œufs sur citronnier et oranger et 1053 œufs sur clémentinier. Le nombre d'œufs est plus remarquable le 21 juin sur citronnier (Fig. 63a).

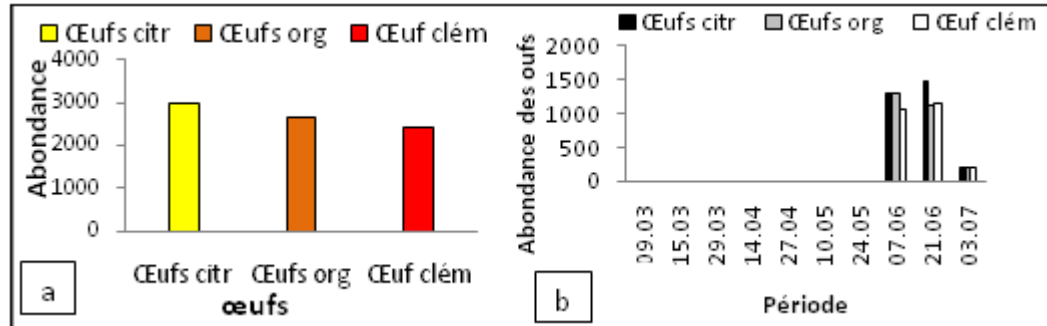


Figure 63: La variabilité de la fécondité selon la plante hôte (a) et la période d'étude (b).

3.4. – Discussion

Les cochenilles sont des espèces phytophages se nourrissant de la sève élaborée de leur plante hôte (Germain et Matile-Ferrero, 2005). Selon Berkani (1995), l'évolution des cochenilles est intimement liée à celle des *Citrus* qui l'hébergent. L'évolution de ce végétal-hôte se traduit par l'apparition de nouvelles poussées de sève. Pour comprendre le comportement d'une espèce, il est nécessaire de connaître ses traits de vie et les effets de ses interactions intra et interspécifiques (Begon *et al.*, 1996 *in* Maher, 2002).

L'influence du facteur « hôte » sur la cochenille se révèle par une mortalité plus ou moins élevée, un allongement de la durée du développement et par des modifications de sa fécondité cela est en fonction de la variété de la plante hôte et de son état physiologique (Hafez et Salema, 1970 *in* Kumbasli, 2005), elle agit également sur la durée de cycle, sur la taille, sur la fécondité et sur le sex-ratio (Biche et Sellami, 1999).

L'ombre crée des conditions microclimatiques favorables avec une évaporation très faible et une humidité plus intense influant la population de la cochenille (Smirnov, 1957). Nos résultats montrent que le manque de la lumière en interaction avec l'effet de l'espèce et l'âge de la plante hôte a engendré l'allongement de la durée du cycle printanier de cette

diaspine à environ 106 jours sur les trois plantes hôtes (clémentinier, citronnier et oranger), comparant aux travaux de Balachowsky (1939), où la durée moyenne du cycle chez *P. ziziphi* est de 30 à 37 jours dans un milieu naturel et sur des plantes hôtes d'agrumes plus âgées.

Nous avons constaté que le passage d'un stade L₁ fixé au stade L₂ et du stade L₂ au stade jeune femelle varie selon la plante hôte. Ce qui concorde avec les travaux de Vasseur et Schvester (1957), qui montrent que l'augmentation du pourcentage d'un stade donné est l'indice du passage de la population à ce stade.

Au début de notre travail, les populations de *P. ziziphi* étaient représentées pratiquement par les larves du premier stade mobiles, qui affichent un taux très faible. Une augmentation des larves de deuxième stade est marquée durant les mois de mars et avril, due aux conditions climatiques favorables du printemps et de l'état végétatif de l'hôte, qui favorisent leur développement. Nos résultats confirment clairement ceux trouvés par Sigwalt (1971) en Tunisie, Ouzzani (1984) à Boufarik et Zellat (1989) à Mohammedia.

Les stades mâles et jeunes femelles se développent en parallèle et une diminution en nombre est remarquée pour les stades femelles adultes et femelles pondueuses. Benassy (1975), a signalé que les différentes phases caractérisant le développement des jeunes larves depuis l'éclosion jusqu'à leur fixation sont sous l'étroite dépendance des conditions climatiques.

Nos résultats sont confirmés par les travaux de Renard *et al.*, (1996), qui ont prouvé que les variations d'un niveau d'infestation sur différentes plantes hôtes sont conditionnées par l'épaisseur de la couche de cire épicuticulaire et la taille des cellules épidermiques qui peuvent aussi influencer la fixation des cochenilles. C'est-à-dire la pénétration du stylet est plus facile si la couche épicuticulaire de la feuille est plus mince. Les travaux de Maher (2002) démontrent que la sélection d'une plante par un insecte phytophage peut être expliquée en partie par les caractéristiques physiques du site de ponte comme le relief, la texture, la couleur, la forme de la plante ou l'organe sélectionné. En plus, le ravageur perçoit aussi des signaux chimiques émis par leur plante hôte, considérés comme l'information principale sur laquelle se base un insecte phytophage dans le choix d'un site (Stadler, 2002 in Maher, 2002).

Il est à noter que, les mâles sont généralement rares, et ils deviennent abondants que sous certaines conditions climatiques (Grassé, 1970). Néanmoins, le bouclier des mâles

n'adhère pas fortement au substrat (feuilles) et peut être détaché facilement du végétal sous l'action des facteurs climatiques, surtout lorsqu'il est vide. Ceci peut constituer une source d'erreur dans le comptage.

Nos résultats sur le passage du stade jeune femelle au stade adulte, montrent que l'ovogénèse s'active et les premiers signes de ponte apparaissent un mois plus tard selon notre étude. Le même phénomène est observé par Ouzzani (1984).

Dans les endroits ombragés, selon notre étude, la fécondité est de 7 à 12 œufs par femelle pondreuse, ce qui nous laisse dire que la lumière est un facteur limitant de l'activation de l'ovogénèse et de la fécondité. Aussi, cette différence est également due vraisemblablement à l'influence de la variété hôte. D'après Smirnof (1950), la fécondité moyenne oscille entre 18 et 22 œufs. Selon Chapot et Delluchi (1964) et Praloran (1971) elle varie entre 10 et 12 œufs dans un habitat naturel.

La ponte est plus importante en juin sur les trois plantes hôtes, mais, meilleure sur le citronnier (1463 œufs). Ceci peut s'expliquer par: en été, les températures élevées qui accélèrent le processus et affectent la ponte de la cochenille.

Nos résultats montrent que le facteur ombre a fait changer les préférences de ce ravageur vers le citronnier avec un taux de 39,74% ce qui est due probablement à la molécule citral qui attire les insectes, alors que Praloran (1971) et Benassy (1975) ont montré que *P.ziziphi* a une préférence pour le mandarinier. Le taux de population différentielle est dû probablement à la composition chimique et biochimique de la plante hôte qui joue un rôle important sur la répartition des individus de cette cochenille.

L'étude des fluctuations de *P. ziziphi* durant la saison printanière via sa plante hôte, sous serres, nous a permis de remarquer un bon développement de cette espèce dont la dominance de deuxième stade larvaire au mois de mars sur clémentinier.

D'après nos résultats, nous pouvons remarquer la sensibilité de quelques stades de *P. ziziphi*, nous pouvons dire que les différents stades de la cochenille manifestent des préférences qui peuvent être totalement différentes d'un stade à un autre, en recherchant les

conditions les plus favorables à leur développement. Ces résultats sont significatifs à côté de ceux obtenus par Haddar en 2002.

A la fin mai début juin, une mortalité touche fortement les jeunes femelles adultes, car durant leurs changements physiologiques pour donner les femelles adultes, elles deviennent plus sensibles. Aussi, des femelles pondueuses étaient complètement desséchées, ceci est dû aux effets des facteurs climatiques qui règnent durant cette période, où les températures sont les plus élevées et agissent sur tous les individus de la population. En effet, nous savons que les facteurs climatiques sont les plus rigoureux, et réunissent toutes les conditions néfastes au développement de la cochenille. Dajoz, (1985) confirme que les facteurs écologiques agissent sur les êtres vivants en modifiant leurs taux de fécondité et de mortalité ainsi que sur les cycles de développement et par la suite sur les densités des populations et selon Haddar (2002), les feuilles constituent un endroit où les individus sont les plus exposés aux mauvaises conditions pour leur développement.

3.5.- Conclusion

En tant que ravageurs, les cochenilles résistent à la lutte chimique en se protégeant avec leurs boucliers. Plusieurs méthodes alternatives sont disponibles ou restent à mettre au point pour le contrôle de leurs populations et de les maintenir à des effectifs tolérables.

Il en ressort aussi que, le printemps qui représente la saison où la plante hôte est riche en sève soit le plus favorable pour le développement du pou noir de l'oranger, et que les feuilles au centre de la fronde soient son abri préféré. Notre étude nous a permis de déceler deux générations, une hivernale et une autre printanière, durant une période allant de novembre à juin, et le démarrage de la troisième génération en fin juin.

P. ziziphi se répartit d'une manière contagieuse durant toute sa durée de vie. Le climat par suite de l'influence combinée de la température et de pluviométrie et de la plante hôte agit directement sur la répartition spatiale et temporelle des populations de la cochenille. Ils constituent les principaux facteurs régulateurs de l'évolution des populations de la cochenille. A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons déduire que le Clémentinier semble être plus infesté par cette cochenille comparativement au Citronnier. Cette différence est due probablement à des facteurs morphologiques et physiologiques de la plante hôte.

La répartition de *P. ziziphi* sur les feuilles des deux variétés est très influencée par l'âge de ces dernières. Elle est beaucoup plus élevée sur les feuilles âgées qui offrent les conditions les plus favorables à la fixation des larves, à la prise de nourriture et à la ponte.

Pour l'incidence parasitaire, l'arsenal des parasites susceptibles de vivre au dépend de *P. ziziphi* n'a pas les capacités de contrôler la population ni de réduire son abondance sur le clémentinier de la Mitidja, parmi les parasites susceptibles de vivre au dépend de *P. ziziphi*, nous avons observé *Encarcia citrina* et *Encarcia lounsburyi* dans la région de la Mitidja.

Les résultats du suivi de la longévité montrent que la durée de vie de cette cochenille pendant la période printanière s'est allongée aux environs de 106 jours sur les trois plantes hôtes, sous l'influence du facteur ombre, espèce et l'âge jeune des plantes hôtes. Il ressort aussi, qu'elle se développe mieux sur citronnier en absence de la lumière avec une abondance marquée du stade L₂ sur les trois espèces hôtes. Mais ce dernier est mieux développé sur clémentinier que sur oranger et citronnier.

Au terme de notre étude, et à travers les résultats obtenus, nous avons pu remarquer l'influence importante du climat, à savoir la température, les précipitations, l'humidité et les vents, sur le stade mobile sensible qui assure l'abondance des communautés des êtres vivants au niveau de notre site d'étude.

La corrélation de ces conditions climatiques saisonnières et la plante hôte constituent un facteur régulateur de l'évolution de cette diaspine: le printemps est la saison la plus favorable à la pullulation de *P. ziziphi*. De même que l'évolution de cette diaspine est conditionnée par l'état phénologie de la plante hôte.

4. – Etude de la relation entre *Aonidiella aurantii* et sa plante hôte

Cette partie portera sur l'étude de la dynamique des populations de *A. aurantii* sur les feuilles âgées de citronnier et d'oranger de la région de la Mitidja. Elle se basera principalement sur la collecte des informations (espèce hôte, distribution, stade, température, pluviométrie) qui peuvent agir sur son comportement durant l'année.

Les résultats que nous obtenons nous permettent d'expliquer le comportement de cette cochenille vis-à-vis des facteurs du milieu. Les données recueillies sur la fluctuation des populations d'*A. aurantii* en fonction du temps et de la plante hôte, et stade évolutif doivent faire l'objet d'une analyse statistique. Pour cela, nous avons fait appel à l'analyse de la variance à l'aide de logiciel Systat ver. 12 et SPSS 2009, en déterminant la variance à l'aide du GLM (General Linear Model), les différences ont été considérées significatives à $P < 2\%$.

4.1.-Résultats

4.1.1.- Analyse de la variation des abondances globales d'*A. aurantii*

- **selon la plante hôte**

La figure 64 montre l'influence directe de la plante hôte sur les variations des abondances de la population globale (tout stade confondu), des populations des deux stades évolutifs larvaire (L_1 et L_2), des nymphes et des adultes (femelle, mâle).

La population d'*A.aurantii* est représentée avec un pourcentage global de **78,22%** sur le citronnier et de **21,77%** sur l'oranger. Les abondances respectives des différents stades biologiques sur citronnier, sont plus élevées par rapport à celles constatées sur l'oranger. On remarque en outre que, les populations des jeunes stades larvaires sont les plus prépondérantes, quelque soit la plante hôte. Les larves représentent 31,68% sur citronnier et 34,23% sur oranger, par contre les adultes sont à des taux moins élevés : 31,68% sur citronnier et 34,23% sur oranger. Les abondances des populations des différents stades larvaires d'*A.aurantii* sur les deux plantes hôtes, sont légèrement plus importantes sur citronnier que sur oranger. Les larves sont plus représentatives sur les deux plantes hôtes. Cette différence nous pouvons l'expliquer par l'action faible des prédateurs et les parasitoïdes sur se stade, qui préfèrent plus les stades adultes, s'ajoutant à cela, le phénomène de la mort physiologique qui survient juste après la ponte chez les femelles pondeuses (Fig.64).

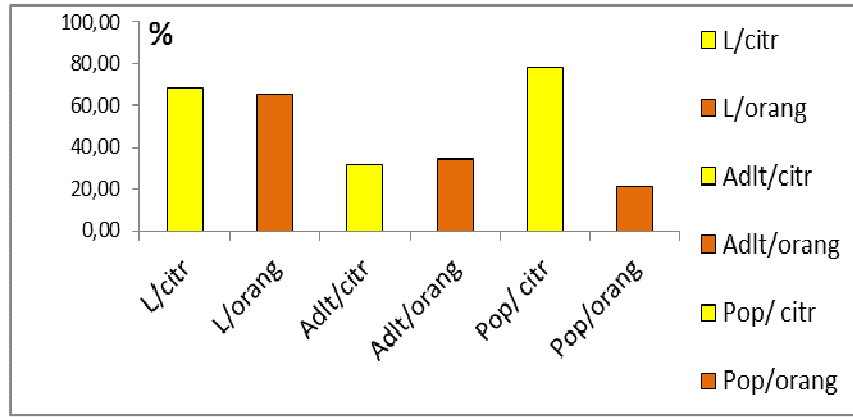


Figure 64: Abondance globale d'*A.aurantii* sur l'oranger et le citronnier.

(Pop-global-Org : population globale sur oranger, Pop-global-Citr : population globale sur citronnier, L-Org : larve sur oranger, L-Citr: population globale sur citronnier, Ad-Citr : adulte sur citronnier Ad-Org : adulte sur oranger).

L'analyse de variance du type GLM démontre sur la figure 65 que, le meilleur développement d'*A.aurantii* est observé sur le citronnier. La différence des abondances est très hautement significative entre les populations vivant sur l'oranger et celle vivant sur le citronnier avec une probabilité de ($p=0,000$; Ratio= 38,314). Elle démontre aussi que le stade le plus abondant sur les deux plantes hôtes est le stade larvaire tout, stade confondu (L_1 mobiles+ L_1 fixées+ L_2 +Nymphé) avec une différence très significative ($P= 0,001$; $r=13,324$). Par contre, l'analyse concernant la comparaison entre chaque stade évolutif a démontrée une différence hautement significative sur les deux plantes hôtes ($p= 0,000$, Ratio= 18,365). Cette différence explique le taux très bas des nymphes et des adultes mâles par rapport à celui des adultes femelles et des larves.

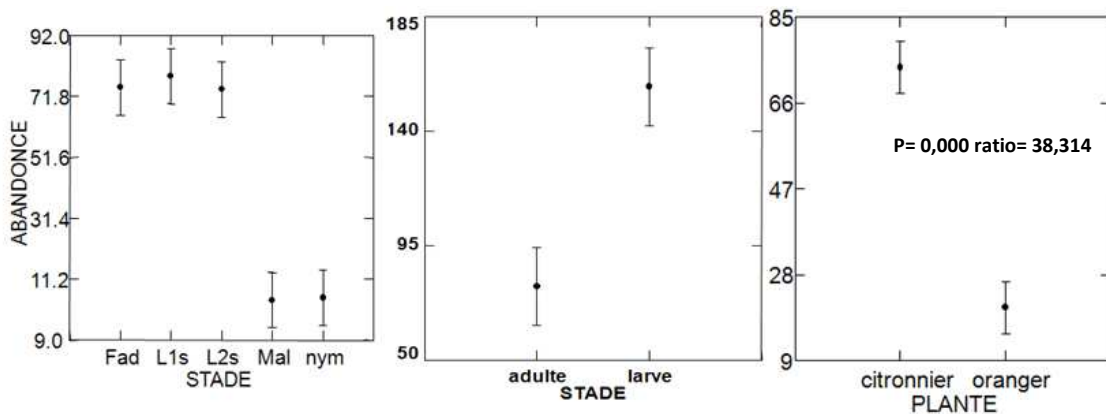


Figure 65: Analyse de la variance de l'abondance globale selon les stades évolutifs larvaires et adultes d'*A.aurantii*, en modèle GLM (Fad : Femelle adulte, L1s : premier stade larvaire, L2s : deuxième stade larvaire, Mal : mâles, nym : nymphe).

- **Selon la période d'infestation**

Durant l'année 2010-2011, *A.aurantii* a présenté 3 périodes d'activité importantes, une automnale, une printanière et une estivale. Entre septembre et novembre, on note une activité remarquable des populations d'*A.aurantii* : sur oranger où le maximum atteint est de 14,59% en octobre et sur citronnier 9,43% en novembre. Au mois de décembre, un déclin bien clair d'abondance de population est identifié sur les deux plantes hôtes. De suite, on assiste à une augmentation progressive de la population de janvier à février jusqu'à atteindre les 14,78% sur citronnier au mois de février, et 9,16% sur oranger au mois de janvier. Un autre déclin semblable sur les deux plantes hôtes est remarqué pendant les mois de mars et avril, suivi d'une deuxième activité variable de la population influant sur son abondance entre le mois d'avril et le mois de juillet, avec un taux maximal de 15,73% sur citronnier au mois de mai, et de 12,41% sur oranger au mois de juin. Un troisième déclin est noté en mois d'août sur les deux plantes hôtes mais il est plus important sur oranger (3,78% contre 9,27%) (Fig.66).

La comparaison par paire réalisée par le test One-way ANOVA révèle une différence hautement significative entre les abondances temporelles de la population globale ($P < 0,001$, ratio=21).

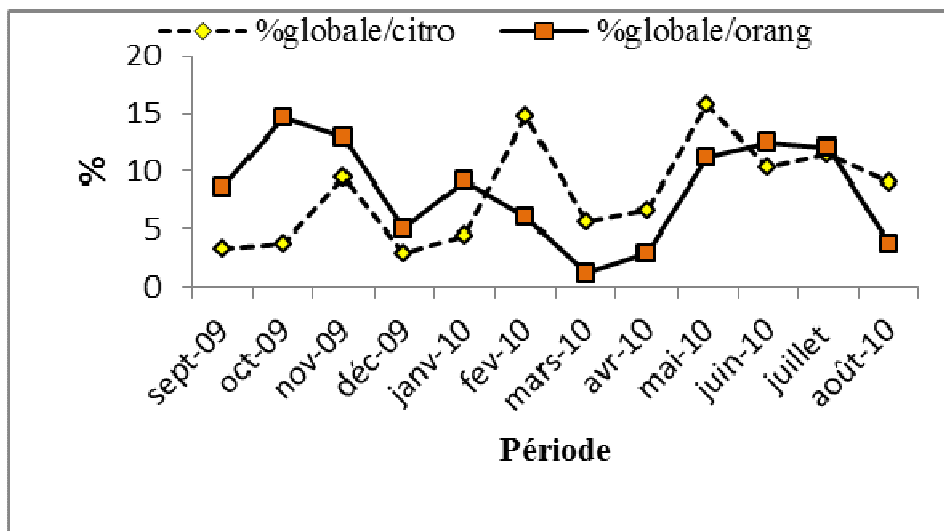


Figure 66: Variation temporelle globale de la population d'*A.aurantii* sur citronnier et oranger. (Pop-Org: Population sur oranger, Popo-Citr : population sur citronnier).

4.1.2.- Analyse de la variation des abondances temporelles globales des stades biologiques d'*A.aurantii* sur les deux plantes hôtes

- **stade larvaire et stade adulte.**

La variation temporelle du stade adulte (femelles adultes et pondeuses et les mâles), est représentée dans la figure 67. Elle varie selon les périodes de l'année qui déterminent les stades phénologiques de la plante.

La variation temporelle du stade larvaire dépend de la période de l'année et du stade phénologique de la plante. Cette variation est nettement plus élevée en période automnale sur oranger et hivernale sur citronnier. Une régression continue sur oranger, est remarquée de la fin de la période hivernale à la fin de la période printanière (de février à avril). Les résultats indiquent que les larves ne suivent pas la même régression temporelle sur les deux plantes hôtes et évoluent avec un potentiel biotique différent d'une période à l'autre. Cette cochenille produit un potentiel biotique larvaire meilleur sur oranger durant la période allant de septembre à novembre et sur citronnier durant la période allant du mois de mai à août. Ce décalage temporel montre la différence dans la qualité nutritionnelle de l'aliment (sève ou suc cellulaire). (Fig. 67).

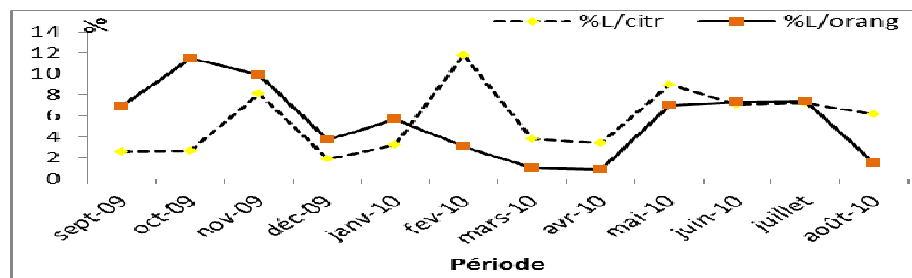


Figure 67: Variation spatiotemporelle du stade larvaire d'*A. aurantii* sur citronnier et oranger.

Pour la variation temporelle des adultes, elle suit une fluctuation légèrement différente de celle des larves, mais avec un potentiel biotique moindre. Cette diminution est d'ordre, soit physiologique, nutritionnel ou lié au parasitisme et prédation. La période la plus favorable au développement des adultes est la saison printanière (6,78% sur oranger et 5,11 sur citronnier). Les adultes semblent bien trouver l'alimentation nécessaire pour leur développement au niveau de l'oranger et précisément durant la période printanière (Fig. 68).

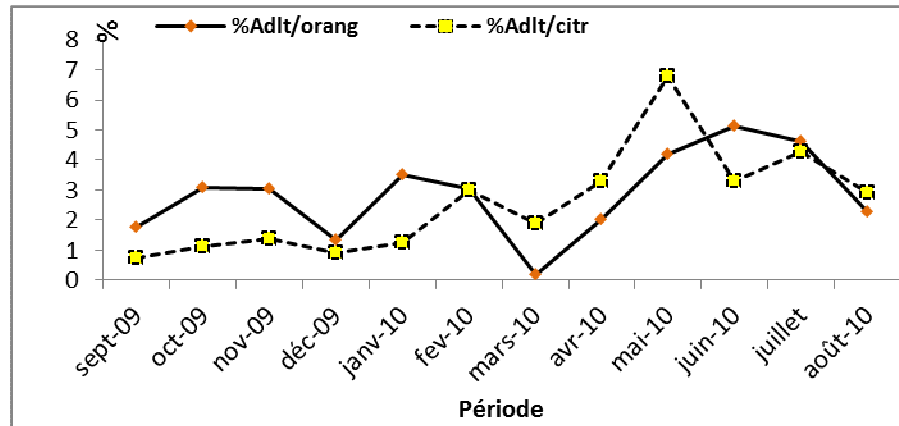


Figure 68: Variation spatiotemporelle du stade adulte d'*A. aurantii* sur citronnier et oranger (Adt/org : Adultes sur oranger, Adl/citr: Adultes sur citronnier)

La comparaison par paire réalisée par le test One-way ANOVA révèle une différence significative des stades larvaires entre les deux plantes hôtes ($p=0,01925$, $\text{ratio}=6,297$).

Sur la figure 69 nous notons 4 pics importants d'*A. aurantii* durant la période d'étude, un en mois de juillet, un second en mai, un troisième en février et enfin un quatrième en novembre. D'après cette analyse, nous pouvons voir que le nombre d'individus qui augmente sensiblement de septembre à novembre avec un pic moyen est noté en novembre. Une régression flagrante en décembre qui est dû probablement à l'influence négative des froids hivernaux et les pluviométries abondantes, sur les stades larvaires fragiles de la cochenille. Cette population commence à augmenter progressivement à partir du mois de janvier pour marquer un pic au mois de février puis les populations redescendent subitement au mois de mars sous l'effet des traitements phytosanitaires effectués, pour faire face à l'explosion de la cochenille et des différents ravageurs des agrumes pendant cette période printanière. Une élévation progressive du nombre d'individus est observée jusqu'à atteindre un pic très important au mois de juillet puis le taux chute au mois d'Aout.

L'analyse de la variance du type GLM démontre, sur la figure 69, que le facteur période n'a aucun effet sur la variation de la population globale, sur les deux stades évolutifs ($L_1+L_2+\text{nympe}$) et adultes (mâles+femelles), la différence temporelle est non significative ($p=0,121$, $\text{Ratio}= 1.659$).

La même analyse démontre une différence très hautement significative entre les populations vivant sur les deux plantes l'oranger et le citronnier, provoquée par l'influence du facteur espèce hôte. La différence est significative entre les populations du stade évolutif larvaire et adulte, ($p=0,000$; ratio= 42.793).

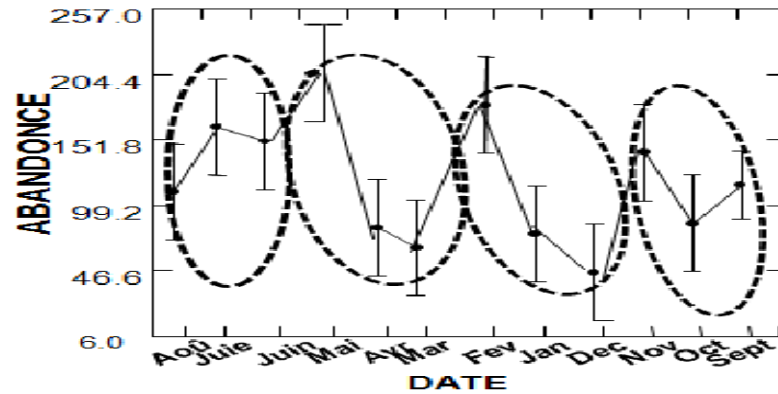


Figure 69: Analyse de la variation temporelle de la population larvaire et adulte selon le model GLM sur les deux plantes hôtes.

4.1.3.- Analyse en composantes principales (ACP) sur les variations temporelles des stades évolutifs d'*A.aurantii* sur citronnier et sur oranger.

L'analyse des composantes principales (ACP) illustrées sur la figure 70 montre une contribution d'informations de 73,33% de sur l'axe 1 et 17,29% sur l'axe 2 respectivement, avec 3 enveloppes représentatives:

1- Deux enveloppes renferment les femelles adultes et les pupariums vides. Sur l'oranger se situent sur le côté positif de l'axe 2 et négatif de l'axe 1 et observés en décembre et janvier. Sur citronnier se situent sur le coté positif de l'axe 2 et de l'axe 1 et observés en avril, mai, juin et juillet. Cette coïncidence entre les deux stades évolutifs, démontre la part importante de reproduction sexuée chez *A. aurantii*.

2- Les deux autres enveloppes contenant les larves, se situent sur le coté positif de l'axe 1 et le coté négatif de l'axe 2 pour le citronnier, observées au mois de février, mars et aout. Et sur le coté positif de l'axe 2 et négatif de l'axe 1 pour l'oranger, observées au mois de septembre, novembre, décembre et janvier (Fig.70 et 71).

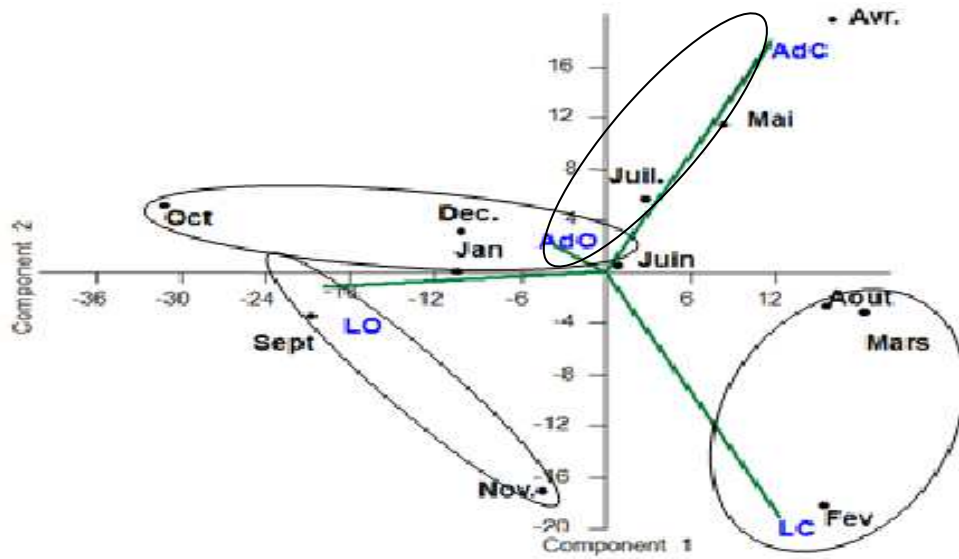


Figure 70: Analyse en composantes principales (ACP) sur les variations temporelles selon la plante hôte.

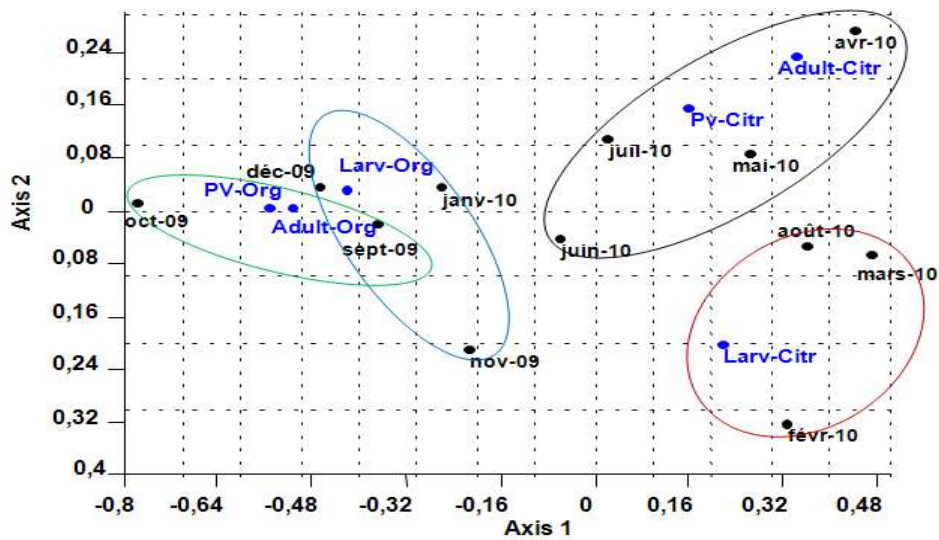


Figure 71: Analyse en composantes principales (ACP) sur les variations temporelles des stades évolutifs larvaires et adultes selon la plante hôte.

Cette répartition temporelle des stades évolutifs montre l'influence de la qualité du régime alimentaire sur l'abondance d'un stade donné.

L'analyse de la variance (GLM) des fluctuations temporelles de *A. aurantii* avec l'étude de chaque stade évolutif (L₁, L₂, Nymphe, Femelle adulte, Mâle adultes) (Fig. 72), révèle une différence marginale induite par le facteur **période**, entre les abondances sur les

stades évolutifs (larvaires et adultes), évoluant sur les deux hôtes ($p= 0,053$, Ratio=1,853). La différence temporelle entre l'abondance des populations des différents stades selon le facteur **plante hôte** et le facteur **stade évolutif** est très hautement significative ($p= 0.000$, Ratio= 18,365 ; $p= 0,000$, Ratio= 42,793, $p<1\%$). (Fig. 72).

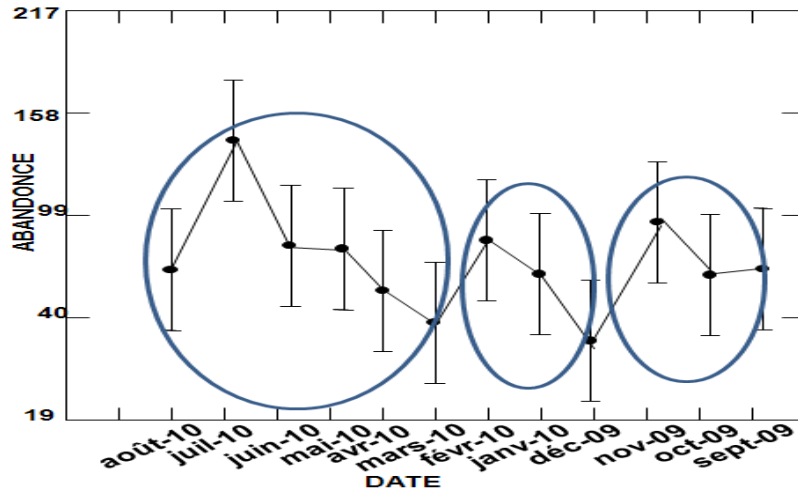


Figure 72: Fluctuations tout stade confondus d'*A. aurantii* sur oranger et sur citronnier.

La variation temporelle de la population des stades évolutifs de *A. aurantii*, vérifiée par le test ANOVA au seuil de 2%, confirme que les taux des populations présentent une variation hautement significative selon la **plante hôte** ($p= 0.000$, Ratio= 45,786), selon le **stade évolutif** ($P= 0,000$, Ratio= 19,650) et selon l'effet de l'**interaction** entre le facteur **stade et le facteur plante hôte** ($p=0,000$, Ratio=5,678).

4.1.4. - Détermination du nombre de générations

Il est très difficile de distinguer entre les générations, à cause de leur chevauchement continu. Pour cela, il est judicieux de prendre en compte uniquement l'étude des abondances saisonnières des larves de premier stade, le plus proche du stade initial qui est le stade œuf, pour déterminer le nombre de générations avec précision.

• Etude des abondances globales selon les saisons

Sur la figure 73, nous remarquons que l'abondance du stade larvaire L_1 d'*A. aurantii*, se trouve meilleure sur oranger en période automnale avec une plus riche population de 43,81%, suivi de la population estivale (24,59%), ensuite la population printanière (23,78%) et la saison estivale est la moins peuplée (10,81%). Par contre sur citronnier, l'abondance se trouve plus élevée, pendant les trois périodes: estivale (32,66%), printanière (27,42%) et automnale (22,54%).

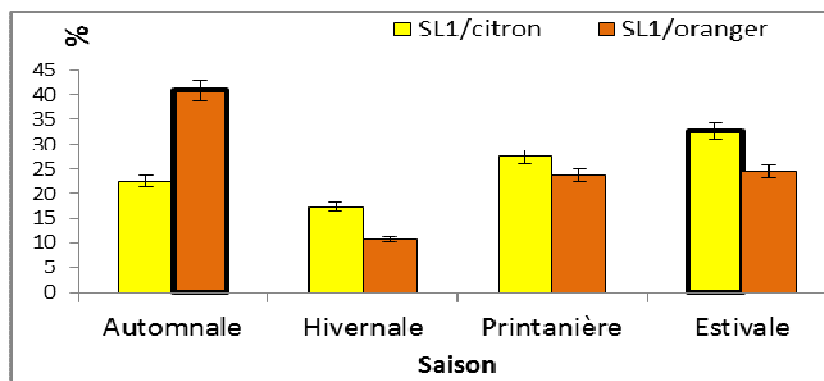


Figure 73: Abondance saisonnière du premier stade larvaire (L_1) d'*A. aurantii*.

La variation temporelle de la population larvaire (L_1) saisonnières de *A.aurantii*, vérifiée par le test One way Anova au seuil de 5%, confirme que les taux des populations présentent une variation très significative selon la plante hôte et la saison ($p=0,002414$, Ratio= 25,16, $p<5\%$).

• Etude des abondances temporelles selon les saisons

Une analyse en composante principale à été réalisée à partir des données des abondances des populations influencées par la saison (phénologie de l'arbre).

L'axe 1 représente les différentes saisons et l'axe 2 montre le plus faible taux de contribution des variations sur les deux plantes hôtes. L'analyse des correspondances principales (ACP) illustrées sur la figure 74 montre 63,38% des contributions des informations sur l'axe 1 et -24,04% sur l'axe 2, avec 2 enveloppes représentatives. L'analyse

de l'ACP confirme la distribution du stade larvaire selon les saisons et selon la plante hôte. Il y'a deux groupes distincts :

- Le 1^{er} groupe renferme une population automnale importante de l'oranger, elle se situe sur le côté positif de l'axe 1 et de l'axe 2.

- Le 2^{ème} groupe renferme la population printanière, hivernale et estivale sur citronnier. La plus importante population est estivale, se situe sur le coté positif de l'axe 1 et négatif de l'axe 2 (Fig. 74).

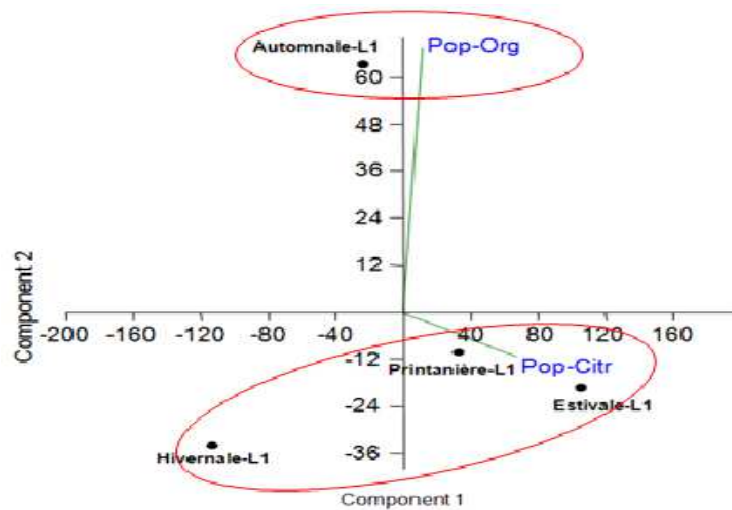


Figure 74: Analyse en composantes principale(ACP) sur les variations temporelles d'*A. aurantii* sur citronnier et sur oranger.

➤ Détermination du nombre de génération sur oranger et citronnier

Selon les fluctuations du stade larvaire sous les conditions climatiques de la Mitidja, cette espèce semble présenter 4 générations par an sur le citronnier et 3 sur l'oranger, repérées par les abondances maximales des larves distribuées pendant la période d'étude de septembre 2010 à Aout 2011 (Fig. 75).

Sur le citronnier nous avons noté une génération du premier stade larvaire remarquable en période **printanière** avec un pic de 392 individus (soit 8,95%) enregistré au mois de mai. Suivi de la génération **estivale** avec un pic de 7,24% en juillet, une génération **automnale** avec un pourcentage de 8,06% et enfin une génération hivernale en février (11,99%)

Sur oranger, la génération **automne** est la plus remarquable avec un pic de 11,49% enregistrés au mois d'octobre, suivi de la génération **estivale** avec taux maximal de 7,38%), suivi de la génération **printanière** avec un maximum de 6,96% en mai.

Un déclin très important de la population est noté (2,78%) en décembre sur citronnier et 5,03% sur oranger. Ce phénomène est survenu suite aux précipitations importantes durant ces mois, et qui ont pu diminuer le nombre de larves du premier stade mobile et fixé possédant un corps non ou mal protégé par le bouclier. Un autre déclin au mois de mars sur oranger (0,8%) et sur citronnier (3,76%) due aux traitements insecticides qui ont eu lieu durant cette période en raison de l'explosion de fortes infestations de cochenilles et d'autres auxiliaires ravageurs, favorisées par les conditions favorables de la période printanière.

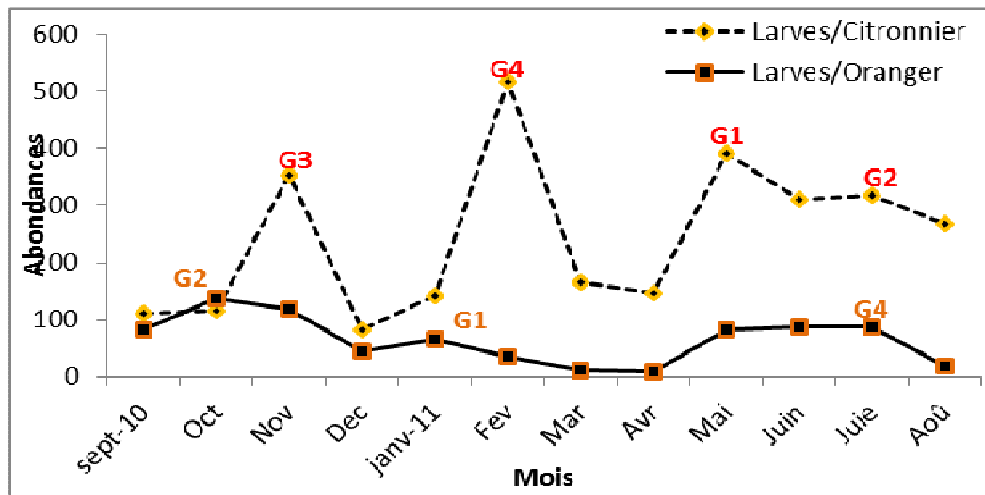


Figure 75: Nombre de génération d'*A. aurantii* sur les citronnier et oranger en Mitidja

4.1.5.- Détermination de la période de fécondation d'*A.aurantii*

Ce travail est basé sur l'observation de la période de vol des mâles, qui survient en fin du cycle évolutif, se terminant par la période de fécondation afin de favoriser la reproduction sexuée chez les diaspines.

Le taux des mâles en vol, sur la figure 76, est plus remarquable sur citronnier (74,15%) que sur oranger (25,85%).

Le vol des mâles les plus remarquables survient 4 fois pendant l'année sur citronnier, un automnal avec maximum de 128 individus au mois de novembre, un hivernal avec un maximum de 142 individus au mois de février, un printanier avec un maximum individus de 142 au mois de mai et un estival avec un maximum d'individus de 225 au mois de juillet. Par contre sur oranger, il n'y a que trois vols par an, deux plus importants : un automnal avec 91 individus en mois d'octobre, et un vol estival avec 59 individus en mois de juillet. Donc la période la plus favorable au vol des mâles et à la fécondation sur citronnier est la période estivale, et sur oranger est celle de l'automne. Ce qui montre encore l'influence de la plante hôte sur le développement du sexe mâle.

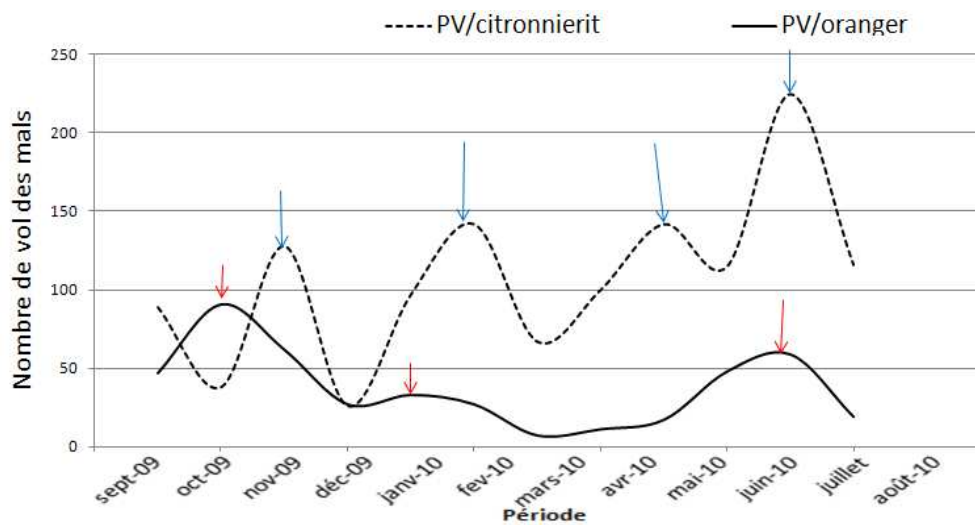


Figure 76: Analyse comparative des périodes de vol des mâles sur citronnier et sur oranger.

4.1.6.- Etude de type de reproduction d'*A. aurantii*

Les cochenilles se reproduisent par voie normale bisexuée ou par parthénogénèse. Les deux modes peuvent d'ailleurs coexister chez une même espèce; il peut alors apparaître des lignées parthénogénétiques ou bisexuées, qui sont dénommées races biologiques. Ces lignées ont été observées chez plusieurs espèces (Balachowsky, 1939). La reproduction bisexuée est le mode le plus courant, il se rencontre dans la majorité des cas. Le mâle existe mais il se raréfie considérablement chez certaines espèces. La présence du mâle chez une espèce n'exclut pas la possibilité que l'espèce peut se reproduire par voie parthénogénèse facultative. Mais inversement, toutes les espèces chez lesquelles le mâle existe, ne sont pas facultativement parthénogénétiques (Balachowsky, 1939).

Pour comprendre le type de reproduction le plus adopté pour *A. aurantii*, il est important de suivre la concordance entre de présence et l'abondance de femelles adultes et des mâles adultes en vol pendant la période d'étude.

Sur les figures 77 et 78 les fluctuations temporelles des puparées vides, qui évoquent la période des vols des mâles assurant la fécondation des femelles adultes, sur les deux plantes hôte, varient selon les périodes de l'année et la plante hôte.

Sur oranger, la population issue de la période **automnale** semble donner entièrement une génération sexuée, vu que les mâles adultes sont plus abondants par rapport aux femelles adultes sur les deux plantes hôtes. Sur oranger, les mâles font le double des taux de femelles en mois de juillet et janvier et quatre fois la population de femelles adultes en octobre. Par contre, les populations des périodes : **hivernale, printanière et estivale** semblent avoir une part de reproduction sexuée plus importante, vu que, le taux des femelles représente la moitié du taux des mâles en vol, surtout aux mois de janvier et juin (Fig. 77).

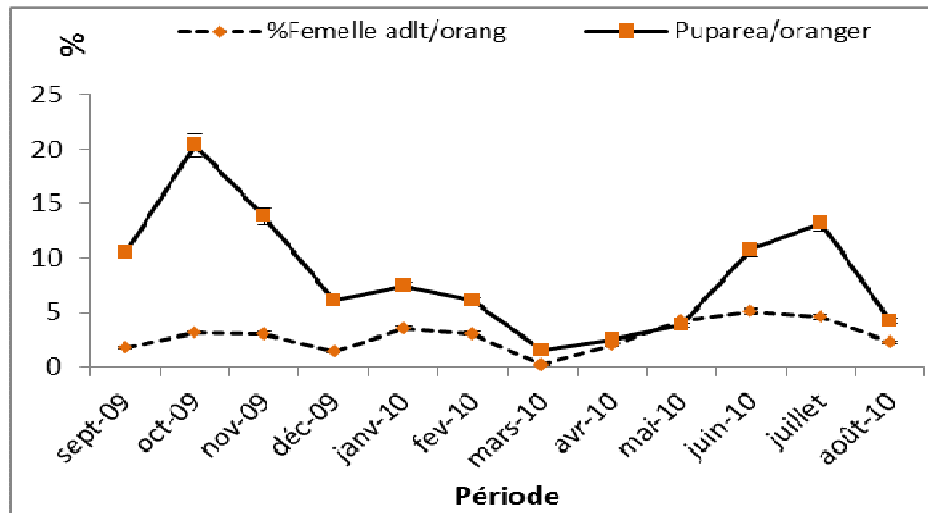


Figure 77: Analyse de la variation des abondances du vol des mâles et l'abondance des femelles adultes sur oranger.

Sur le citronnier, les populations issues des périodes **estivale, hivernale, et automnale**, semblent se reproduire aussi par voie entièrement sexuée, grâce au nombre de mâles en vols importants (9,96%/4,82% ; 11,05%/9,95% ; 17,51%/11,88%), par contre, les populations de la période **printanière** se reproduisent par les deux voies parténogénétique et sexuée (bisexuées), puisque les mâles sont présents en nombre presque égale pour féconder les femelles adultes (11,05%/22,87%) (Fig. 78).

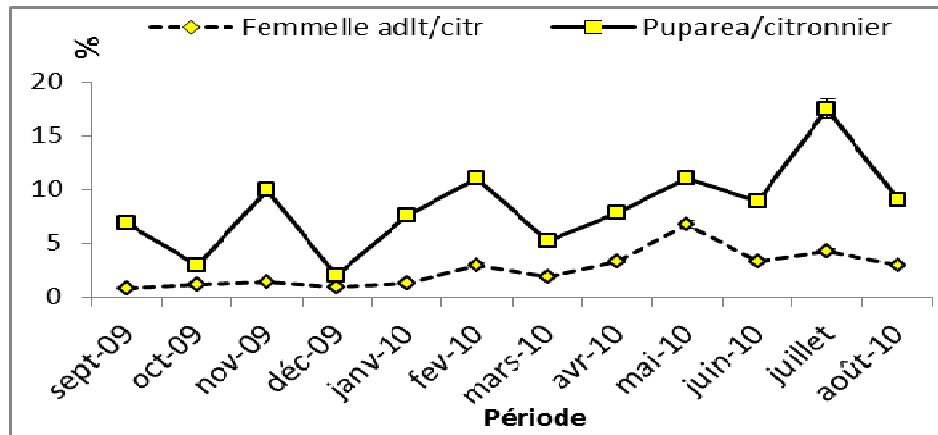


Figure 78: Analyse de la variation des abondances du vol des mâles et l'abondance des femelles adultes sur citronnier.

Pour les deux plantes, il y'a une génération entièrement sexuée en période automnale sur l'oranger et en période estivale sur citronnier. Les autres périodes semblent offrir les deux modes de reproduction en même temps (parthénogénétique et sexuée).

L'analyse de variance de l'évolution temporelle de la population des mâles en vol d'*A. aurantii* sur les deux plantes hôtes d'agrumes, par le model GLM, montre que le facteur plante hôte crée une différence significative ($p=0,001$, Ratio= 17,730) entre les populations des mâles vivant sur citronnier et celles vivant sur oranger. Par ailleurs, le facteur temps, ne crée pas une différence significative entre les populations des mâles en vols ($p= 0,346$, Ratio=1,263).

4.1.7.- Etude de l'influence des facteurs climatiques (températures et pluviométrie) sur *A. aurantii*.

Cette étude a été possible grâce à l'obtention des données climatologiques annuelles des sites d'étude, qui ont pour rôle l'influence directement (effet physique) et indirect (effet sur la plante hôte source de nutriments) sur la dynamique de cette cochenille.

Le diagramme ombrothermique de la période 2010-2011 (Office Nationale de la Météorologie, Dar El Beida) est utilisé pour étudier l'impact de la température et de pluviométrie sur la dynamique des populations d'*A. aurantii*, sur le citronnier et l'oranger, en raison de la situation de cette station à proximité de ces vergers. Dreux (1980) précise qu'un

climat d'une région est sec quand la courbe des températures se trouve au dessus de celle des précipitations et humide dans le cas contraire.

- **Effet des températures**

* La température moyenne mensuelle : nous avons étudié ce paramètre pour voir l'influence de la moyenne des températures sur l'évolution de la population globale, d'adultes, de larves et de puparias vides, sur citronnier et oranger pendant les mêmes périodes de l'année.

+ **Sur la population globale**

La température moyenne maximale assurant un taux d'individus important de 16,19% sur oranger est de 20,77°C durant la période automnale, et un taux de 14,95% sur citronnier à une température de 18,64°C en période printanière.

Les températures moyennes minimales assurant l'émergence de faibles populations, sont de 14,32°C sur oranger et donnant un taux de 1,28% au début de printemps, et de 14,64°C sur citronnier donnant un taux de 2,66% en période hivernale.

- Températures maximales et minimales: l'étude de ces paramètres vise la connaissance profonde de l'influence de la variation des températures mensuelles sur l'évolution et distribution temporelles des populations globales d'adultes, de larves et de puparias vides d'*A. aurantii* sur citronnier et oranger pendant les mêmes périodes de l'année (Fig. 79).

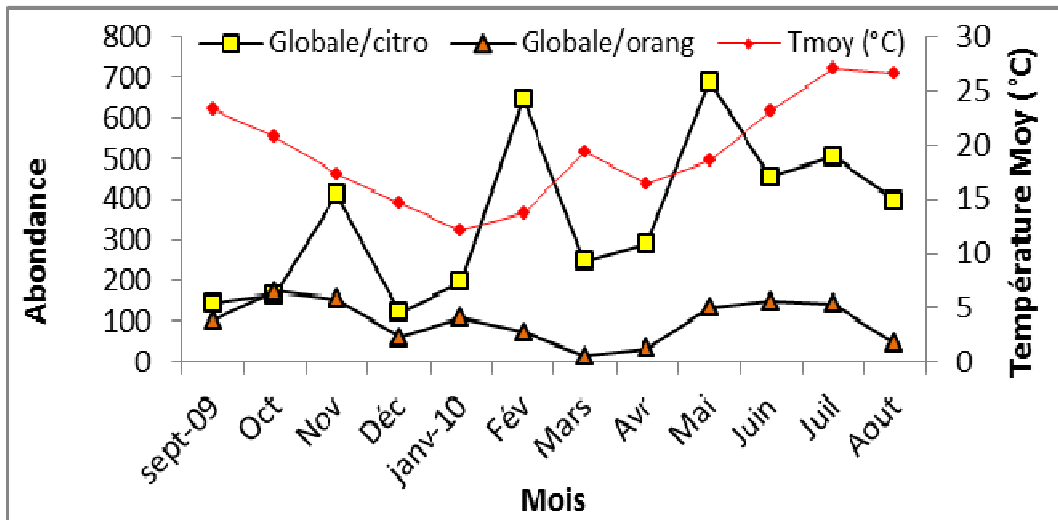


Figure 79: Relation entre les températures minimales et maximales sur l'évolution des populations d'*A.aurantii* sur citronnier et oranger (Globale/citr: population globale sur citronnier, Globale/orang: population globale sur oranger, Tmoy: températures moyennes mensuelles).

Selon la figure 80, les températures maximales mensuelles durant la période d'étude varient entre 27,11°C en juillet et 8,21°C en décembre. Le maximum de population (14,63%) sur oranger est obtenu entre 20,77°C et 14,68°C au mois d'octobre, et (16,13%) sur citronnier obtenu entre 18,64°C et 12,81°C au mois de mai. Cette différence d'abondance est probablement le résultat de l'interaction des effets climatiques et nutritionnels.

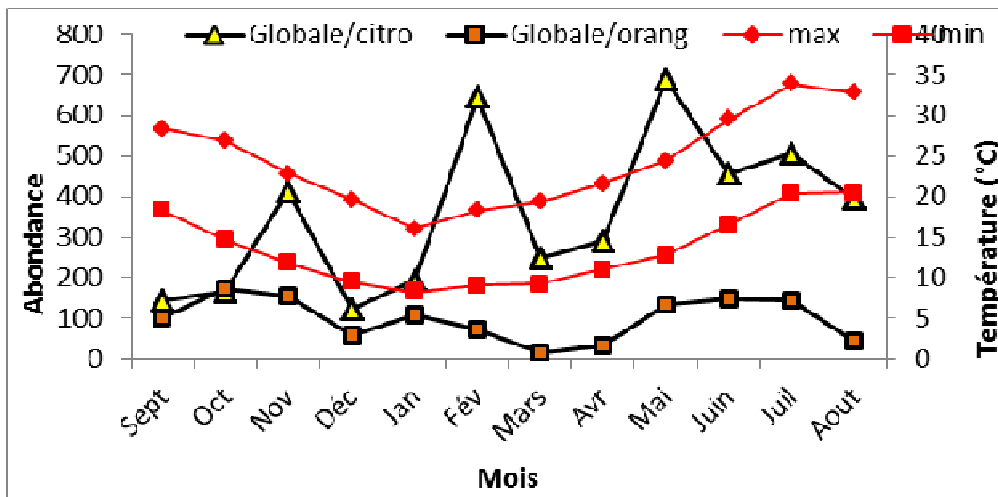


Figure 80: Relation entre les températures minimales et maximales sur l'évolution des larves d'*A.aurantii* sur oranger et citronnier (Globale/citr: population globale sur citronnier, Globale/orang: population globale sur oranger, max: températures maximales mensuelle, min : température minimale mensuelle).

+ Sur la population larvaire

Les températures de l'environnement variant entre (8,2°C - 33,84°C) peuvent permettre la présence d'*A. aurantii* sur l'oranger avec des degrés d'infestation variant entre 15,71% et 1,15%. Les fortes infestations sont à des températures situées entre 21,59°C et 26,86°C par contre celles qui ont permis une faible infestation sont situées entre 11,02°C et 20,77°C. Les températures moyennes ont produit des infestations moyennes. Les caractéristiques morphologiques de l'oranger (frondaison très dense de couleur sombre) créent un microclimat (température et l'humidité) en influant directement sur l'accroissement des populations larvaires durant les différentes périodes de l'année. Les faibles infestations des larves observées durant le mois d'avril, sont influées par les traitements phytosanitaires effectués, et ceux du mois d'août, par la sensibilité des larves aux hautes températures, causée par l'absence ou la fragilité du bouclier protecteur du corps

Les températures, favorisant une forte abondance (15,71%) sur oranger, varient entre 14,68°C et 26,86°C (Fig. 81), par contre celles qui ont permis le maximum de populations (14,36%) sur **citronnier**, varient entre 12,81°C et 24,48°C (55). Le minimum de population (2,54%) est obtenu à des températures variant de 14,57°C et 19,39°C (Fig.81)

L'ajustement des fluctuations des températures maximales, minimales, et des abondances des populations larvaires d'*A. aurantii* au modèle Motomura sur citronnier et oranger montre que, les températures moyennement élevées agissent positivement sur l'accroissement de ces populations. Ces larves sont sensibles aux variations des températures, elles présentent une faible résistance aux plus hautes températures, et aux plus faibles températures, ce qui diminue leur taux ou retarde leur émergence. Quand les températures sont supérieures à 26,86°C ou inférieures 12,81°C, les populations larvaires d'*A. aurantii* deviennent très sensibles et cessent de se développer sur les orangers et les citronniers (Fig. 81).

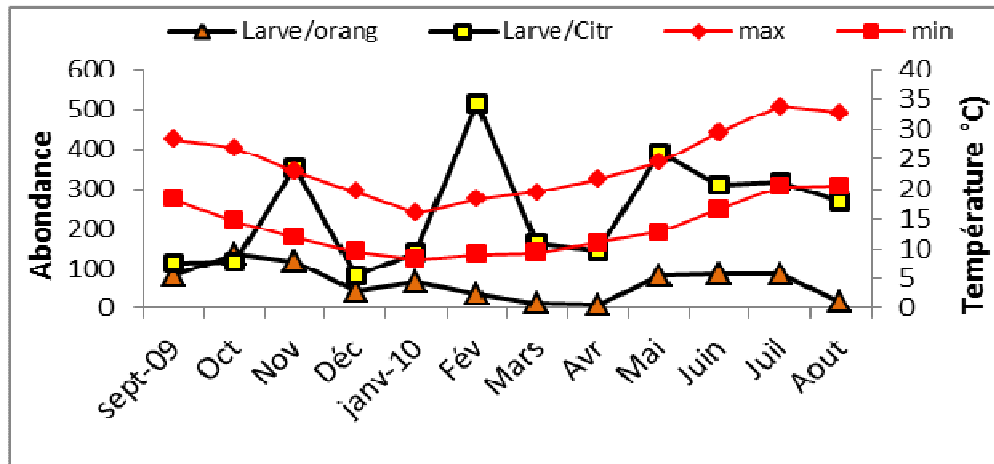


Figure 81: Relation entre les températures et l'évolution de la population larvaires d'*A. aurantii* sur oranger.

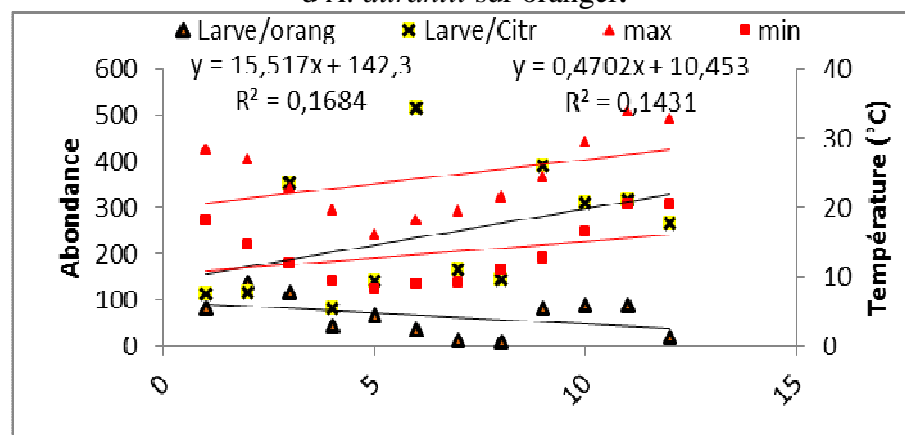


Figure 82: Ajustement des fluctuations des températures moyennes, minimales, maximales et des abondances des populations larvaires d'*A. aurantii* au model Motomura (Larve-citr : Population du stade larvaire sur citronnier, Lave-Org : Population du stade larvaire sur oranger, Tmin : Température minimale, Tmax : Température maximale, Tmoy : Température moyenne).

+ Sur la population adulte

Sur les figures 83 et 84 nous remarquons que la cochenille adulte a pu se développer sous les températures variant entre 12,13°C et 27,11°C sur les deux plantes hôtes durant la période sèche s'étalant de mai jusqu'à octobre. En dehors de ces températures la cochenille n'a pu développer une population.

Les températures maximales variant entre 12,81°C et 24,48° ont permis le maximum de population 21,95% sur oranger, et celles variant entre 16,61°C et 29,53°C ont permis le maximum de population 14,89% sur citronnier. Les températures minimales variant entre 8°C et 18,23°C semblent permettre la résistance et le développement de la cochenille.

Les températures moyennes assurant le développement d'une population moyenne de la cochenille varient entre 12,13°C et 27,11°C.

Les courbes de développement et de tendance montrent que l'accroissement des populations adultes d'*A. aurantii* sur citronnier n'est pas vraiment affecté par les variations des températures, surtout sur oranger où la variation des températures sont amoindries par la qualité dense de la fronde.

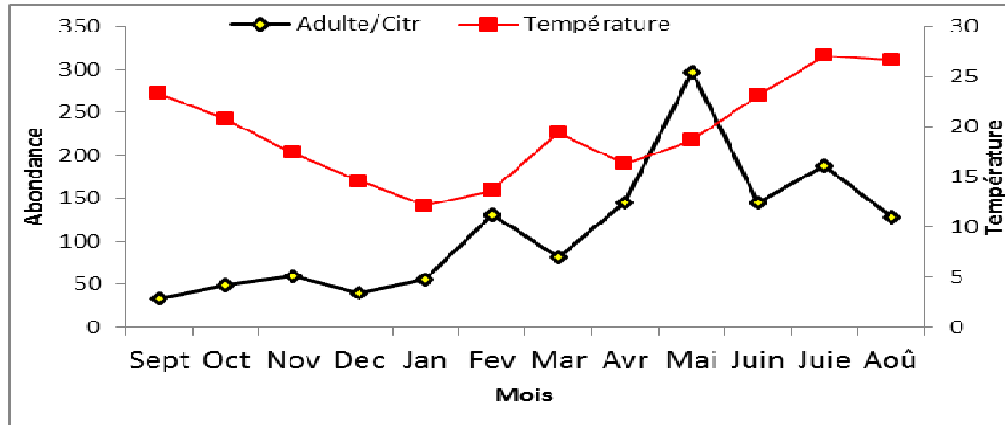


Figure 83: Effet des températures minimales et maximales sur l'évolution des adultes d'*A.aurantii* sur citronnier et oranger

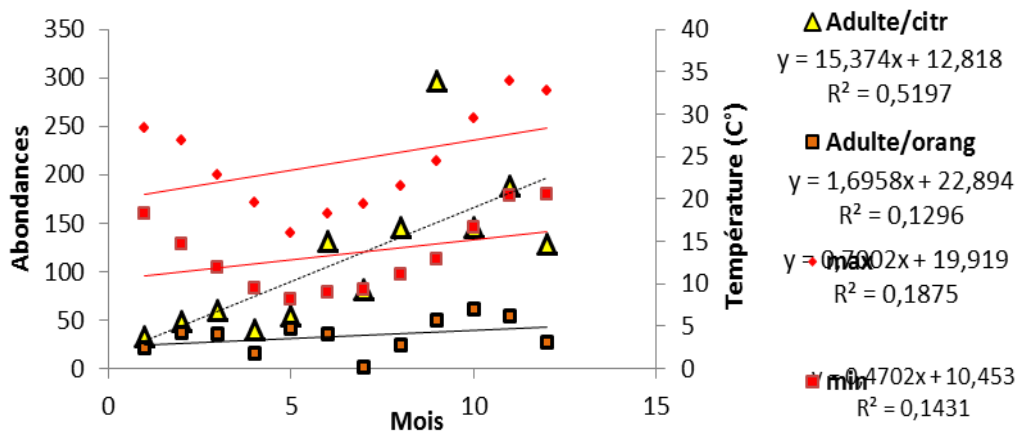


Figure 84: Ajustement des fluctuations des températures moyennes, minimales, maximales et des abondances des populations adultes d'*A. aurantii* au modèle Motomura (Adulte/citr : Population des adultes sur citronnier, Adulte/orang: Population des adultes sur oranger, min : Température minimale, max : Température maximale).

➤ **Sur les puparias vides**

La température moyenne optimum pour favoriser une fécondation importante est de 27,11°C dans un verger de citronnier et 20,77°C dans celui de l'oranger.

La période préférée pour l'émergence des mâles sur citronnier, afin de s'accoupler avec les femelles adultes, est celle de l'été où le maximum de puparias vides affiché est de 17,51% à une température mensuelle située entre 20,39°C et 33,83°C.

Sur oranger, la période préférée pour l'émergence des mâles est l'automne avec un taux maximum en vol de 20,31% sous les températures mensuelles situées entre 14,68°C et 26,86°C.

Les taux minimaux de populations d'*A.aurantii* obtenus sur les deux plantes hôtes sont enregistrés à des températures situées entre 9,24°C et 19,39°C sur oranger et entre 9,53°C et 19,61°C sur citronnier.

Les saisons estivale et automnale, semblent être les meilleures périodes pour l'émergence des mâles et leur accouplement avec les femelles adultes. Ces dernières cherchent la lumière et les températures favorables qui poussent les femelles adultes à se rapprocher de l'extrémité inférieure du voile pour s'aérer et s'accoupler (Fig. 85).

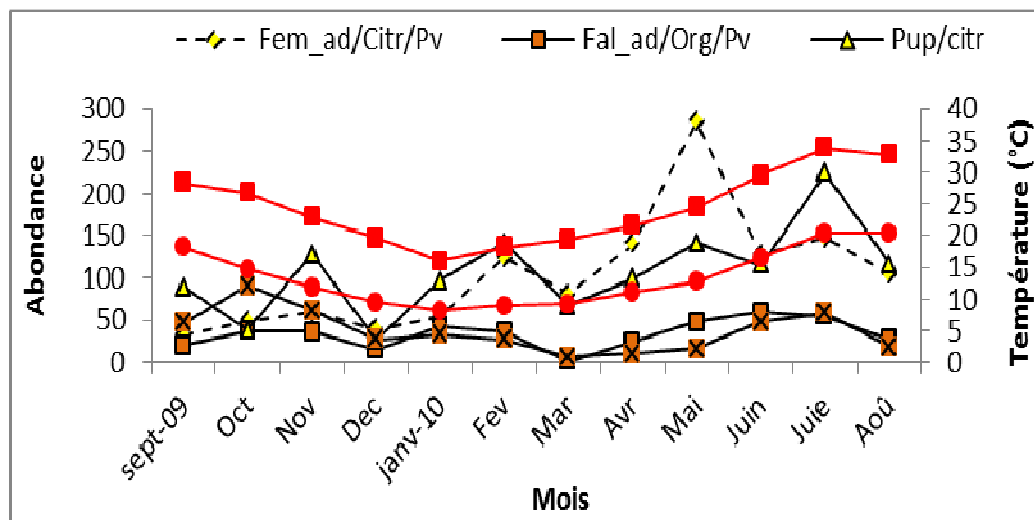


Figure 85: Effet des températures maximales et minimales sur la période de fécondation chez *A.aurantii* sur citronnier et sur oranger.

- Effet de la variation de la pluviométrie

L'étude des variations de l'hygrométrie a montré l'existence d'une relation étroite entre le développement des larves et les taux de pluviométrie reçus sur l'arbre.

+Sur la population globale

L'ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes et des abondances des populations globales d'*A. aurantii* au model Motomura sur la figure 86 et 87 montre que la période des précipitations affecte l'accroissement de la population d'*A. aurantii* sur oranger et sur citronnier. L'arbre protège le ravageur des froids hivernaux selon sa phyllotaxie et la densité du feuillage.

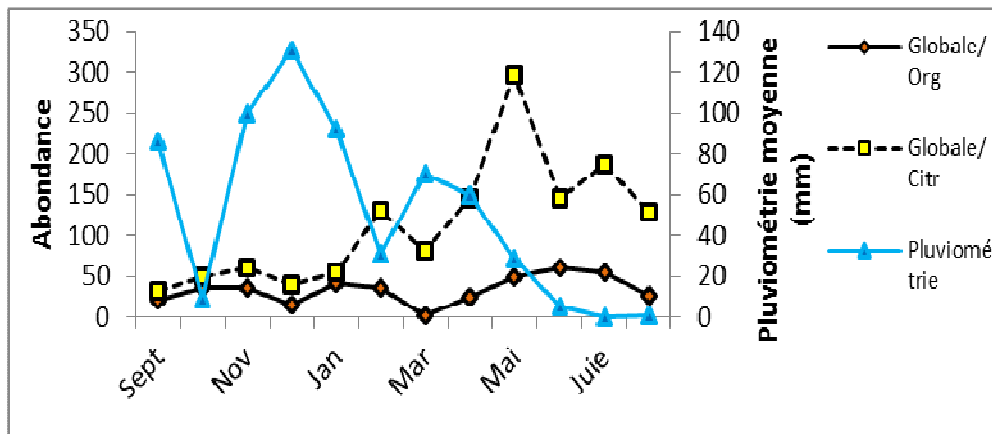


Figure 86: Effet des pluviométries sur l'évolution de la population globale d'*A.aurantii* sur citronnier et sur oranger (Pop-globale-Org : population entière sur oranger, population entière sur citronnier, Pv : pluviométrie).

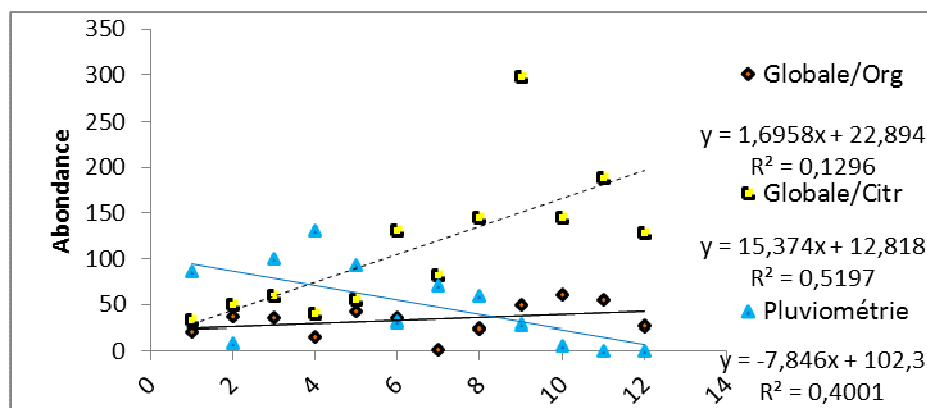


Figure 87: Ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes et des abondances des populations globales d'*A. aurantii* au model Motomura sur citronnier et oranger (Pop-globale-Org : population entière sur oranger, population entière sur citronnier, Pv: pluviométrie).

+ Sur la population larvaire

Les figures 88, 89 montrent la fragilité du stade larvaire provoquées par l'absence du bouclier ou sa fragilité due où nombre de mues incomplètes de l'état mobile des premiers stades larvaire. Ces facteurs rendent ce stade très exposé aux effets néfastes des averses de précipitations et des froids hivernaux.

Le maximum de population (15,71%) est obtenu à une pluviométrie de 8,9 mm au mois d'octobre et le minimum de population (1,15%) est obtenu à 60,1 mm au mois d'avril. Nous remarquons que le taux de la population larvaire a baissé passant de 15,71% à 10,09% quant les précipitations ont chuté de 8,9 mm à 0 mm. Ce dernier peut être affecté par lessivage des précipitations et parfois ce phénomène s'accroît s'il est accompagné de vagues de froid.

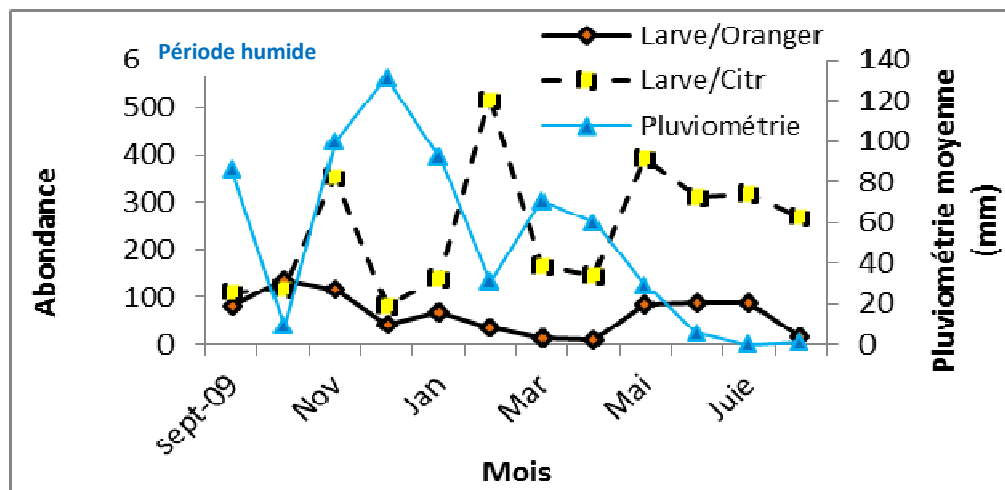


Figure 88: Effet des pluviométries sur l'évolution de la population larvaires d'*A. aurantii* sur citronnier (Larve-Citr : taux des larves sur citronnier, Pv: pluviométrie).

L'ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes annuelles et des abondances des populations larvaires d'*A. aurantii* au model Motomura sur la figure et 99 montre que, la période des précipitations affecte l'accroissement de la population d'*A. aurantii* sur oranger et sur citronnier d'une manière différente. L'arbre protège le ravageur des froids hivernaux selon sa phyllotaxie et la densité du feuillage.

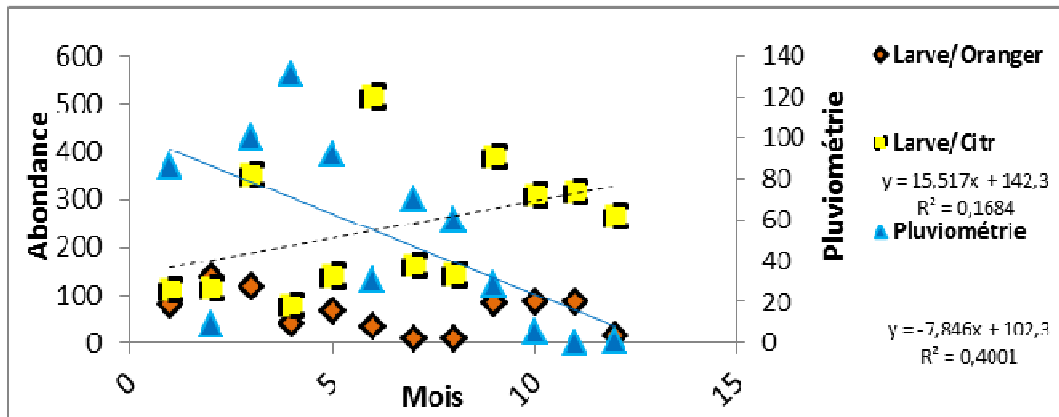


Figure 89: Ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes et des abondances des populations larvaires d'*A. aurantii* au model Motomura sur le citronnier (Larve-Citr : taux des larves sur citronnier, Pv : pluviométrie)

Les analyses statistiques démontrent clairement, par le test de corrélation linéaire, l'existence d'une corrélation marginale ($p= 0,059$) entre l'abondance de la population d'*A.aurantii* vivant sur citronnier et les taux de précipitations annuelles. Par contre sur oranger, ce facteur n'affecte pas les abondances de cette cochenille. Encore une fois, l'intervention de la plante hôte par sa phyllotaxie et claire pour limiter l'action des précipitations sur l'insecte.

+ Sur la population des adultes

D'après les fluctuations temporelles des adultes et des précipitations illustrées sur les figures (Fig. 90, 91) il semble que les femelles et les mâles adultes ne présentent pas une sensibilité visible vis à vis des précipitations mensuelles. Ce stade à croissance avancée possède une protection assurée par un bouclier solide formé par trois mues successives, de couleur rouge brique en plus d'un voile entourant le prosoma sous le bouclier.

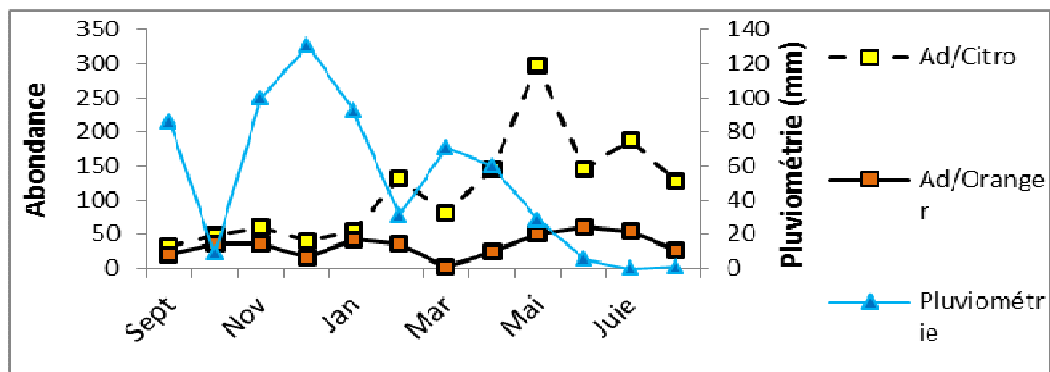


Figure 90: Effet des pluviométries sur l'évolution des adultes d'*A.aurantii* sur le citronnier et sur l'oranger (Ad/Citro: taux des adultes sur citronnier, Ad/Oranger: taux des adultes sur oranger).

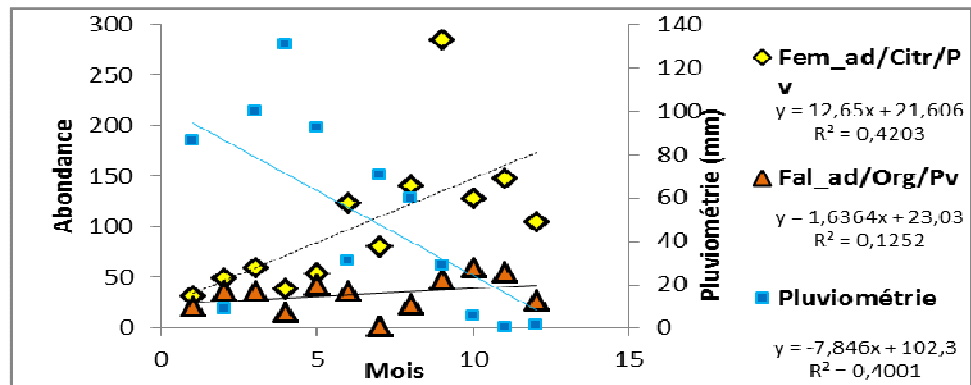


Figure 91: Ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes et des abondances des populations adulte d'*A.aurantii* au model Motomura sur le citronnier et l'oranger (Fad-Citr : taux des femelles adultes sur citronnier, Fad-Org: taux des femelles adultes sur orange).

+ Sur les puparias.

Les précipitations variant entre 0 et 130 mm permettent l'accroissement de la population d'*A.aurantii* mais avec des abondances variables selon le taux des précipitations dans le milieu. (Fig. 92).

La période pluvieuse et froide semble néfaste pour ce stade. Les courbes de développement et de tendance montrent que l'abondance d'*A.aurantii* suit une variation temporelle inverse à celle des précipitations. Les précipitations affectent les pupariums vides en raison de leur entassement l'un sur l'autre ou sur les autres stades. L'oranger les protège un peu des froids et des précipitations hivernaux par sa fronde dense (Fig. 93).

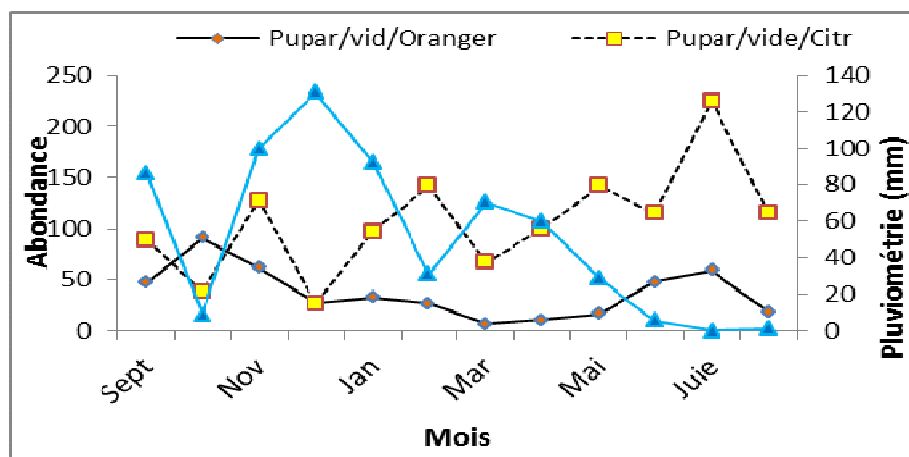


Figure 92: Effet de l'hygrométrie sur l'évolution des puparias vides d'*A.aurantii* sur le citronnier et sur l'oranger (Pupar/vid/Oranger: taux de males en vol sur oranger, Pup/vid/Citr: taux de males en vol sur citronnier).

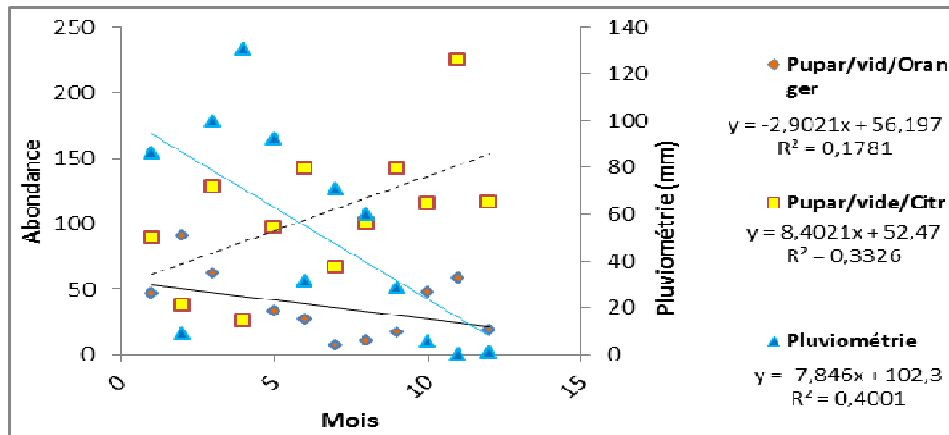


Figure 93: L'Ajustement des fluctuations des pluviométries moyennes et des abondances des puparias des mâles adultes d'*A. aurantii* au model Motomura sur le citronnier et sur l'oranger.

La comparaison par paire réalisée par le test One-way ANOVA révèle une différence très significative entre les puparias vides sur les deux plantes hôtes ($p=0,0005852$, ratio=15,67).

4.2.- Discussion

Pour comprendre le comportement d'une espèce, il est nécessaire de connaître ses traits de vie et les effets de ses interactions intra et interspécifiques (Begon et *al.*, 1996 in Maher, 2002). Nos résultats montrent que cette espèce phytophage se nourrissant de sève élaborée de leur plante hôte (Germain et Matile-Ferrero, 2005), a une évolution intimement liée à celle des *Citrus* qui l'hébergent (Berkani (1995).

Sous l'effet des conditions de la Mitidja, Il ressort que la différence entre les abondances de ce ravageur sur citronnier et sur oranger est très hautement significative. Ce qui montre le rôle important que joue la plante-hôte sur la densité des populations de la cochenille. Cette action du végétal a d'ailleurs pu être étudiée antérieurement dans le cas d'autres insectes dont les dégâts sont étroitement liés à l'évolution de la plante-hôte, compte tenu de leur propre développement (Balachowsky, 1951). L'influence du facteur « hôte » sur la cochenille se révèle par une mortalité plus ou moins élevée, un allongement de la durée du développement et par des modifications de sa fécondité cela est en fonction de la variété de la plante hôte et de son état physiologique (Hafez et Salema, 1970 in Kumbasli, 2005). Elle agit également sur la durée de cycle, sur la taille, sur la fécondité et sur la sex-ratio (Biche et Sellami, 1999). Chez les insectes polyphages, la femelle pond en général sur des plantes qui

permettront le développement satisfaisant de la descendance (Queindec, 1967). Ce développement est sous l'influence de la variation des ressources énergétiques et les conditions microclimatiques créées par l'abri offert à l'insecte par la plante-hôte, grâce aux particularités morphologiques de cette dernière (densité de feuillage par exemple), une des raisons de la préférence pour des espèces comme les cochenilles chez lesquelles le thigmotactisme joue un rôle important. Comme elles préfèrent les parties de l'arbre exposées au soleil chez les vieux et aérés citrus. (Balachowsky, 1950). Il se trouve aussi, que le citronnier étudié est de la variété quatre saisons avec quatre poussées de sève, base nourrissante des cochenilles, et de structure naturelle du support plus aérée, mieux exposées aux rayons solaires et de couleur plus claire. Outre, la présence de substances aromatiques excitantes détermine, parmi d'autres facteurs, la localisation de l'insecte au niveau de sa plante-hôte (Dethier, 1970).

Dans l'ordre de susceptibilité, il a été démontré aussi, que cette cochenille attaque d'abord *Citrus limon*, ensuite *Citrus paradisi*, l'oranger (*Citrus sinensis*), et les mandariniers (*C. reticulata* et *C. unshiu* (Cameron *et al.*, 1969 ; Habib *et al.*, 1972 ; Bedford, 1998).

Nos résultats ont montrés que les populations des jeunes stades larvaires sont les plus prépondérants par rapport au stade adulte, quelque soit la plante hôte. Mais avec une différence significative d'abondance entre les abondances temporelles observées entre le citronnier et l'oranger. L'espèce végétale influence diverses caractéristiques d'évolution de l'insecte : vitesse d'évolution, descendance, mortalité (Beck, 1965), alors que la variété peut intervenir à son tour sur la taille et la descendance de l'insecte (Painter, 1951).

Cette différence des abondances peut être expliquée aussi, par :

- l'action faible des prédateurs et les parasitoïdes qui ne sont pas très intéressés par ces stades larvaires moins nourrissants par rapport aux stades adultes ou les femelles subissent une mort physiologique juste après la ponte et les mâles adultes après l'accouplement, ce qui fait diminuer leur nombre.

Compte tenu de l'évolution phénologique de l'arbre et du cycle biologique d'*A. aurantii*, on constate que la répartition saisonnière décrypte 3 pics importants sur les deux plantes hôte, mais produit un meilleur potentiel biotique remarquable, sur oranger durant la

période automnale et sur citronnier durant la période printanière. Les individus de la cochenille sont plus performants quant ils se développent sur le citronnier comparé à ceux évoluant sur oranger (Hare *et al.*, 1990 ; Hare et Luk, 1991, 1994). Cette différence est peut être due à la qualité et la à nature de la sève foliaire qui varient en fonction des saisons et en fonction de l'espèce hôte.

Le mâle du genre *Aonidiella* manifeste 4 vols par an, un au printemps, un en été, un en automne et un juste avant la période hivernale (<http://e-phy.agriculture.gouv.fr>). En Mitidja, les vols des mâles les plus remarquables surviennent quatre fois pendant l'année sur citronnier, un automnal, un hivernal, un printanier et un plus important en estival. Par contre sur oranger il n' ya que trois vols par an, dont le meilleur est observé durant la période automnale. Le taux des mâles en vol est influencé par les conditions microclimatiques créées par le couvert végétal des agrumes qui diffèrent selon la plante hôte. Le citronnier, variété quatre saisons, dégage des arômes très forts susceptibles d'attirer plus de mâles, a une fronde très aérée avec des feuilles moins dense, facilitant aux mâles de pénétrer, d'atteindre et de féconder le maximum de femelles adultes trouvées sur les espaces foliaires. Ces caractéristiques semblent être des facteurs agissant positivement sur l'attraction et l'abondance des mâles en vol sur cet arbre. S'ajoutant à cela les facteurs génétiques qui font appel au mode de reproduction le plus approprié pour la cochenille pendant une période et sous conditions précises. Cette différence est liée aux conditions climatiques (Grassé, 1970), qui est dans notre cas microclimatiques créées par la forme de la fronde de l'arbre.

La variation du Sexe-ratio a montré une différence très significative, avec 20,31% de mâles sur 9,16% de femelles adultes en période automnale, et 14,85% de mâles sur 13,1% de femelles adultes en période estivale. Ce qui explique que le mode de reproduction est entièrement sexué durant ces périodes. Cette différence significative est observée pour deux populations mâles sur les deux plante hôte, par contre le facteur période n'a pas d'influence significative sur leur variation.

Le nombre de génération par an chez *A. aurantii* varie entre 2 et 6 selon les conditions climatiques locales, principalement la température et l'humidité relative (Beardsley et Gonzalez, 1975). En générale, le plus grand nombre de générations est observé dans les zones avec les basses humidités et des températures relativement hautes (Bodenheimer, 1951). Selon Asplanato (2000), *A. aurantii* développe 3 générations en Uruguay. Dans le bassin

méditerranéen le nombre de générations par an d'*A. aurantii* varie en fonction de la situation géographique des régions. Entre 3 et 5 en Italie (Sicile) (Tumminelli *et al.* 1996) et en Egypte (Habib *et al.*, 1972) et 3 générations par an au Maroc (Delucchi, 1965). En Espagne, à Valencia, *A. aurantii* complète trois générations par an. Le 1^{ier} pic est observé autour de la fin mai, le deuxième à la fin du mois d'aout et le troisième autour de novembre selon les conditions climatiques (Ripollés, 1990 ; Rodrigo et Garcia-Mari, 1990, 1992 ; Rodrigo, 1993).

Ces résultats concordent avec ceux que nous avons enregistrés en Algérie, où trois générations distinctes ont été notées par an, sur le citronnier et sur l'oranger dans la région de la Mitidja à savoir : une génération printanière, une génération estivale et une génération automnale. En hiver, il semble y'avoir une génération mais faiblement abondante et variable selon le changement des conditions climatiques d'une année à l'autre.

Sur oranger, la génération automnale est la plus remarquable avec un pic en octobre. Par contre sur citronnier, c'est la génération printanière qui est la plus importante avec un pic au mois de mai. Ce qui montre l'influence de la plante hôte.

Les fluctuations temporelles des puparias vides, quittés par les mâles adultes pour voler à la recherche des femelles adultes en vue de les féconder, sur les deux plantes hôtes, donnent une idée sur la part de reproduction sexuée chez *A. aurantii* selon la plante hôte.

Les populations automnale sur oranger, et automnale, hivernale et estivale sur citronnier, semblent être entièrement sexuées, en raison du taux des mâles qui fait le double du taux des femelles et qui est suffisant pour assurer la production d'une génération sexuée. Ce mode de reproduction est déjà signalé par Quayle, (1911) et Flander, (1953).

Cette diaspine est ovovivipare, les œufs se développent dans le corps de la cochenille et pour cette raison qu'elles sont difficiles à observer (Dickson, 1951; Ebeling, 1959). Par contre, les populations des périodes : hivernale, printanière, estivale vivant sur oranger et printanière vivant sur citronnier, semblent se reproduire par voie bisexuée, car le taux des femelles dépasse le taux des mâles en vol au mois d'avril, mai, juin, janvier et février sur oranger et au mois d'avril et mai sur citronnier. Il peut alors apparaître des lignées parthénogénétiques ou bisexuées, qui sont dénommées races biologiques.(Balachowsky,

1939). Bourijate et Bonafonte (1982), estiment de leur côté qu'un accouplement différé provoque une diminution de la période d'oviposition avec une augmentation de la ponte initiale dans les espèces à fécondité inchangée telles que *A. aurantii*.

L'analyse statistique démontre que la plante influe d'une manière significative sur la production des puparias mâles d'*A. aurantii*. Par contre, le facteur période n'a aucun effet significatif sur ces derniers. Cette différence montre que cette cochenille présente une part de reproduction sexuée importante par rapport à la part de reproduction parthénogénétique ou bisexuée, qui est déterminée sur citronnier en période estivale, et sur oranger en période automnale. De cela nous pouvons conclure que la lumière, les températures clémentes, et la source alimentaire semblent être des facteurs favorables pour le développement et l'activité sexuelle des mâles, comme soulignent plusieurs auteurs (Ebeling, 1959; Crroll and Luk, 1984; Luk and Podoler, 1985; Reeve, 1987; Yu, 1986; Walde *et al.*, 1989; Hare *et al.*, 1990; Hare and Luk, 1991, 1994; Hare and Morgan, 2000), qui ont signalé aussi que la plante hôte est à l'origine de différentes variations bioécologiques d'un insecte. Telle que la différence trouvée dans la grandeur moyenne du bouclier d'*A. aurantii* peut dépendre de l'organe, source de nourriture sur lequel l'insecte se nourrit, de la région géographique, de la période de l'année et de la plante hôte.

En Mitidja, *A. aurantii* préfère le citronnier appartenant à la variété quatre saisons (quatre poussées de sève annuelles) pour:

- la nature de la sève, substance recherchée par les cochenilles.
- la phyllotaxie de la fronde des arbres qui est très aérée et mieux exposées aux rayons solaires, de couleur claire et moins dense et dégageant des arômes d'attraction très forte.
- le citronnier offre une meilleure nutrition pour *A. aurantii* pouvant être vérifié plus tard par une étude nutritionnelle basée sur l'analyse quantitative et qualitative des ressources énergétiques.

Le climat (principalement la température et la pluviométrie) est le principal facteur abiotique affectant l'écologie d'*A. aurantii*, l'émergence des larves mobiles jusqu'à leur fixation sur l'organe, la reproduction et la mort des adultes. Dans la deuxième étape, cette cochenille reste fixée dans le même site pendant toute sa vie, et les tissus végétaux sur

lesquels elle se développe deviennent le principal facteur biotique qui affecte leur écologie. Dajoz, (1985) confirme que les facteurs écologiques agissent sur les êtres vivants en modifiant leurs taux de fécondité et de mortalité ainsi que sur les cycles de développement et par la suite sur les densités des populations.

Plusieurs travaux ont étudiés le seuil du développement et l'impact du facteur température sur *A. aurantii*. Bimboni (1970) sur fruits Willard (1972), qui a utilisé les disques de feuilles flottants sur l'eau et a déterminé le seuil de développement des femelles d'*A. aurantii*. Yu et Luk (1988) ont trouvé sur citronnier un seuil similaire de 11,6 °C pour les femelles et (12,6°C) pour les mâles.

Le premier et le deuxième stade larvaire sont les plus résistants aux hautes températures, les femelles à bouclier ont une résistance intermédiaire, par contre les mâles adultes et les puparias sont hautement susceptibles aux hautes températures (Abdelrahman, 1974). Selon le même auteur, les hautes températures sont le facteur le plus déterminant des abondances des populations de cochenilles. Willar (1972) a trouvé que les femelles et les mâles d'*A. aurantii* complètent leur développement à une température de 29°C.

Durant la période s'étalant de mai 2009 jusqu'à octobre 2010, en Algérie, nous avons noté que les températures situées entre 08,21°C et 33,83°C permettent toujours la survie et l'évolution d'une population d'*A. aurantii* à des abondances variant entre 0,49% et 14,89%.

La température permettant un maximum d'abondance d'*A. aurantii* (16,13%), est comprise entre 20,49°C et 32,82 sur citronnier. Cela concorde avec les résultats de Bodenheimer (1951), où il a signalé que les conditions optimales pour le développement des cochenilles sont décrites par les températures comprises entre 23 et 27,5°C.

Par contre sur l'oranger, la température est comprise entre 8,21°C et 16,04°C. Ce qui ne concorde pas avec le résultat de Bodenheimer (1951), montre l'influence de l'espèce hôte.

Les températures permettant un minimum de population globale sur oranger (1,17%) sont comprises entre 9,24°C et 14,32°C et sur citronnier (2,85%) entre 9,53°C et 14,57°C. Ces résultats confirment l'intervention de l'espèce hôte qui influe sur la variation des températures, en créant un microclimat par sa taille et sa forme. Selon Bodenheimer, (1951),

le froid, la température et les mauvaises conditions de développement sont susceptibles de jouer un rôle régulateur qui peut être également influencé par l'habitat et les conditions de nutrition. Durant la période hivernale (décembre), nous avons recensée une population moindre d'*A. auarantii*.

Selon Biche (1987), les adultes femelles fécondées (*P. oleae*) emmagasinent durant toute la période hivernale beaucoup de réserves nutritives, ce qui contribue directement au processus de l'ovogenèse et de la multiplication des ovocytes. Ceci a été confirmé lors de la fécondité printanière et la fécondité estivale. Ce qui nous a donné des populations printanières d'*A. auarantii* importantes. D'après le même auteur, il ressort aussi que les températures estivales comprises entre 30 et 35°C diminuent la période d'oviposition et le nombre d'œufs. Aussi, Smith *et al.* (1997) ont cité qu'en Australie cette cochenille se développe sous de hautes températures (30-38)°C et une humidité relative basse. De plus, la température affectant la fécondité des femelles d'*A. aurantii*. Willard (172) a obtenu le maximum des moyennes de 267 de nymphes par femelle à 30°C et un minimum de 46 larves à 15°C.

La température de 26,86°C enregistré au mois d'octobre, dans la région de la Mitidja centre, a contribué à la baisse des populations larvaires d'*A. aurantii* qui était de 15,71%, et chutent à 10,09% au mois de juillet quand la température est augmenté et a atteint 33,83 °C.

La densité des populations d'*A. aurantii* dépend de la température et l'humidité relative. Selon Bondeheimer (1951), les conditions optimales pour le développement des cochenilles sont les températures comprises entre 23 et 27,5°C et une humidité de 70,80%.

En Mitidja, les précipitations variant entre (0-28,8) mm favorisent l'accroissement de la population larvaire d'*A. aurantii*. A 21,13mm un maximum de population est noté sur oranger (21,95%) et à 70,63mm sur citronnier (14,98%). Le minimum est enregistré à 5,5mm sur oranger et 130,8mm sur citronnier.

La période pluvieuse est néfaste pour le stade larvaire, à cause de sa mobilité et l'absence de bouclier ou sa fragilité.

Sur oranger, les températures moyennes du milieu permettant un meilleur développement d'*A. aurantii* sont situées entre (14°C - 27°C), elles peuvent permettre des

infestations, à des degrés différents. Les températures inférieures à 16°C diminuent la densité des populations, et celles comprises entre 26°C et 16°C permettent une infestation plus importante. La morphologie de l'oranger crée un microclimat influant directement sur l'accroissement des populations durant les différentes périodes de l'année.

Les diminutions de la population sont observées sous des conditions où l'humidité est moins élevée et la température qui dépasse les 30°C, où une humidité élevée accompagnée d'une température très élevée (McLaren, 1971).

En Mitidja, nous avons remarqué que, quand les températures augmentent et l'humidité diminue la population d'*A. aurantii* augmente, et quand les températures diminuent et les pluviométries augmentent, le nombre d'individus augmente, mais quand les deux facteurs, température et humidité, diminuent le nombre d'individus augmente et quand ils augmentent le nombre d'individus diminue. Ce ravageur se reproduit mieux durant les saisons chaudes et secs ou moins humides. C'est la raison pour laquelle *A.aurantii* se rencontre beaucoup plus dans les régions méditerranéennes (Hall, 1924).

Les températures et les pluviométries semblent avoir un effet remarquable sur la croissance des colonies sur les deux plantes hôtes. Les quelques travaux se rapportant à l'effet mécanique de la chute des pluies simulée par l'infiltromètre à aspersion sur les populations d'insectes, ont consisté à corréliser des variations d'effectifs des ravageurs avec des variations de pluviométrie (Hughes, 1963; Podoler *et al.*, 1981; Delobel et Le Rü B., 1984). L'accroissement temporel des abondances des populations de la cochenille évolue inversement à l'accroissement des taux de précipitations. Aussi, Smith *et al.* (1997) ont cité qu'en Australie la cochenille se développe sous une humidité relativement basse. La température de l'ordre de 30°C accélère le développement de la cochenille (Fabres, 1981).

Le climat, notamment la température et l'hygrométrie, sont d'une grande importance dans l'évolution de populations et sur la biologie des ravageurs. Ils peuvent agir sur deux niveaux. Ils règlent le développement plus particulièrement, le taux de mortalité, la diapause des espèces. Enfin, ils jouent un rôle primordial dans la distribution temporelle des populations à l'échelle des arbres et des régions. Les mécanismes de la régulation du niveau de la population sont donc différents selon l'habitat. La plante constitue un facteur limitant

pour le développement de la cochenille avec une incidence directe sur le niveau d'abondance dans les deux types d'habitat agrumicoles.

4.3.- Conclusion

L'influence temporelle directe des ressources énergétiques (plante) et les conditions climatiques (température et précipitations) sur les variations temporelles des abondances de population globale et de tous les stades biologiques larvaires, adultes et puparias d'*A. aurantii* est confirmée par notre étude éco-biologique.

Il ressort de nos résultats que, le citronnier offre un meilleur développement pour *A.aurantii* par rapport à l'oranger avec une différence d'abondances très hautement significative noté au niveau des différents stades évolutifs.

En Mitidja, *A. aurantii* présente 3 pics saisonniers importants sur les deux plantes hôte. Mais le meilleur potentiel biotique est produit sur l'oranger durant la période automnale et sur citronnier durant les périodes hivernale et printanière.

Le stade larvaire est plus prépondérant quelque soit la plante hôte. Cela, peut être expliqué par une fécondité importante, l'action faible des prédateurs et des parasitoïdes, qui préfèrent plus les stades adultes riches en nutriments et soumis à la mortalité physiologiques. Ces larves préfèrent généralement cette variété de citronnier quatre saison en raison de ces quatre poussées de sève annuelles, base nourrissante des cochenilles, et de sa fronde aérée et mieux exposées au soleil. Ce potentiel biotique larvaire est dense sur oranger au mois de septembre et novembre, décembre, octobre et janvier, et sur citronnier au mois de février, mars, mai et aout.

La distribution temporelle des adultes a la même allure sur les deux plantes hôtes durant l'année. Leur émergence est remarquable en période printanière sur citronnier et en période automnale et hivernale sur oranger.

Cette distribution temporelle est probablement le résultat de la différence en composition chimique entre les deux plantes durant ces périodes. Etant donné que, le **facteur période** ne crée pas une différence significative contrairement au **facteur espèce hôte**, qui

exerce une différence très hautement significative entre la distribution de ces deux populations. Par contre, entre les mêmes stades de développement, la différence est significative entre les deux plantes hôtes.

L'interaction entre le facteur **stade** et le **facteur plante hôte**, exerce une différence hautement significative entre les populations sur citronnier et oranger. Ce qui démontre le degré de l'importance du type de ressources énergétiques pour chaque stade évolutif et la qualité de nutriments nécessaires pour chacun.

Sous les conditions climatiques de la Mitidja, *A. aurantii* semble développer 4 générations par an sur le citronnier et 3 sur l'oranger selon le nombre de poussées de sève. Les plus remarquables populations sont: **l'automne** sur oranger, et la **printanière** sur le citronnier. Ce qui montre que la plante constitue un facteur limitant pour le développement de la cochenille avec une incidence directe sur le niveau d'abondance et de distribution temporelle des populations, par la qualité des ressources énergétique et leurs disponibilités.

Le type de reproduction d'*A.aurantii* est entièrement sexuées, du moment que la présence des mâles est plus prépondérante que celle des femelles adultes, avec une plus remarquable population de mâles sur citronnier que sur oranger. Ces derniers développent quatre vols annuels sur citronnier dont le plus important est en période estivale, et trois vols sur oranger dont le meilleur est en période automnale. Donc nous pouvons émettre l'hypothèse que la part de reproduction sexuée varie selon les conditions abiotiques et biotiques du milieu.

Les hautes températures, les faibles précipitations et l'absence de gelées favorisent le maintien des mâles en vie et de même une fécondation abondante aboutissant aux plus importantes abondances des générations sexées. S'ajoutant à cela l'espèce hôte qui a sa part d'influence, par voie nutritionnelle, sur l'acquisition des réserves énergétiques en quantité et qualité.

A. *Aurantii* suit sur citrus une évolution temporelle progressive en parallèle avec l'accroissement des températures et l'abaissement de l'humidité. Les conditions climatiques étudiées permettant le bon développement de cette cochenille sont : les températures comprises entre 12,13°C et 27,5°C avec un taux d'humidité de 70,80%. Cependant, la

température de 27,80°C permet l'obtention de maximum de population et les températures situées entre 08,21°C et 33,83°C permettent l'existence permanente et l'évolution d'une population à des abondances variant entre 0,49% et 14,89%.

Sur citronnier, la température permettant un maximum d'abondance d'*A. aurantii* (16,13%), est comprise entre 20,49°C et 32,82°C. Sur oranger, elle est comprise entre 8,21°C et 16,04°C. Les températures donnant un minimum de population globale sont comprises entre 9,24°C et 14,32°C sur oranger (1,17%) et 9,53°C et 14,57°C sur citronnier (2,85%). Ce qui permet de dire que la température est susceptible de jouer un rôle régulateur qui peut être également influencé par l'habitat (taille et phyllotaxie de l'arbre) et les conditions de nutrition.

Les précipitations faibles (0 - 28,8) mm ont favorisées l'accroissement de la population larvaire d'*A. aurantii*. Ce qui, sous entend que, la période pluvieuse est néfaste pour ce stade, à cause de sa mobilité sans bouclier ou fixé avec bouclier fragile. Ce ravageur se reproduit mieux durant les saisons chaudes et secs ou chaudes et moins humides.

Le climat, notamment la température, la pluviométrie, l'interaction entre ces facteurs et le type d'habitat, sont d'une grande importance dans l'évolution des populations et sur la biologie des ravageurs. Ils peuvent agir sur deux niveaux : d'une part ils règlent le développement plus particulièrement, l'émergence, le taux de mortalité, l'abondance et la diapause des espèces et, d'autre part, ils jouent un rôle primordial dans la distribution temporelle des populations à l'échelle de l'arbre et de la région.

Cette étude a conduit à l'acquisition d'une bonne connaissance de la bioécologie d'*A.aurantii* et les interactions entre les composantes principales, tels les stades évolutifs, la plante hôte, la période, l'hygrométrie et la température. Ces facteurs préfigurent dans les programmes économiques de l'agrumiculture de vergers et prévoient la mise en place structurelle et fonctionnelle de l'écosystème selon la localité et l'âge de la plante hôte.

5.-. Etude de la relation entre *Lepidosaphes beckii* et sa plante hôte

5.1 - Résultats

5.1.1 - Analyse de la variation des abondances globales de *L.beckii*

- selon la plante hôte

La figure 94 montre que la population de *L.beckii* est nettement plus élevée sur l'oranger avec un taux de 65,23%, ce qui indique qu'elle est sur son hôte préférentiel.

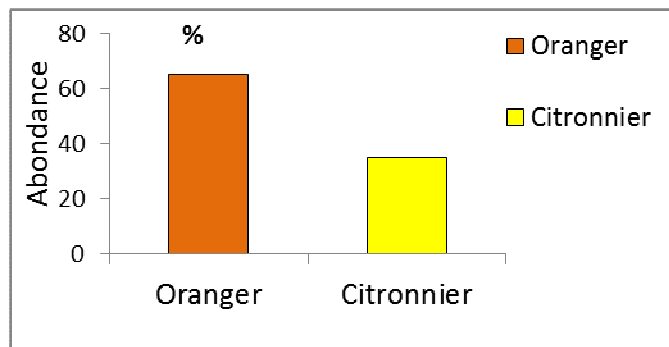


Figure 94: Abondance de la population globale de *L. beckii* sur les plantes hôtes (Total-org : la population globale sur oranger, total-citr: population globale sur citronnier).

Sur la figure 95, les deux stades de développement de *L.beckii* se développent mieux sur oranger. Les taux maximum d'abondance est de 40,34% d'individus pour le stade larvaire et de 24,89% d'individus pour le stade adulte.

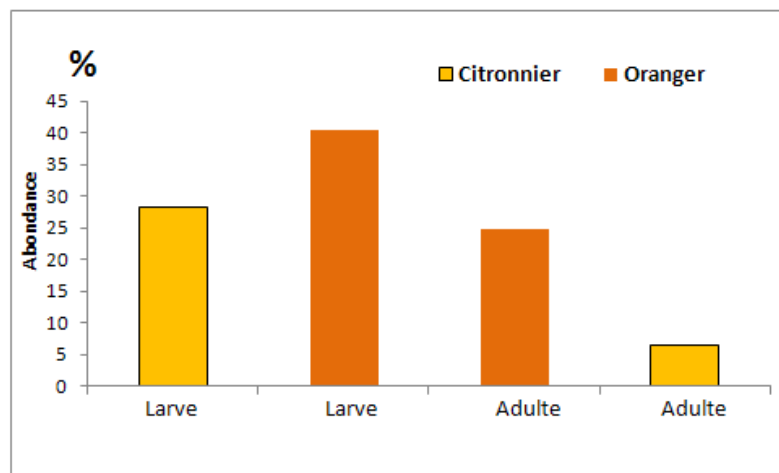


Figure 95: Variation de l'abondance globale des populations des adultes et des larves de *L.beckii* sur deux plantes hôtes (Sadlt-Citr : population d'adultes sur citronnier. Sadlt-Org : population sur oranger. SL-Citr : population de larves sur citronnier. SL-Org : population de larves sur oranger).

- **selon la période d'infestation**

La figure 96 montre que l'abondance temporelle de *L.beckii* sur citronnier varie selon les périodes de l'année. Le mois le plus peuplé et le plus favorable pour son développement sur les deux plantes hôtes sont le mois de juillet et août, mais elle semble mieux se développer sur oranger (33,49%).

Les populations de *L.beckii* sur les feuilles semblent suivre la même distribution temporelle sur les deux plantes hôtes. Une intense activité est enregistrée de la mi-avril jusqu'à la fin août où l'on note un pic important (33,5% sur oranger au mois de juillet et 22,50% sur citronnier au mois d'août). Il s'agit vraisemblablement d'une génération estivale. Les deux autres générations, de février à mai et d'octobre à décembre, présentent des taux de population faibles. Les populations ont presque disparues au mois de septembre et octobre sur les deux plantes hôtes (0,57-0,9)% (Fig. 96).

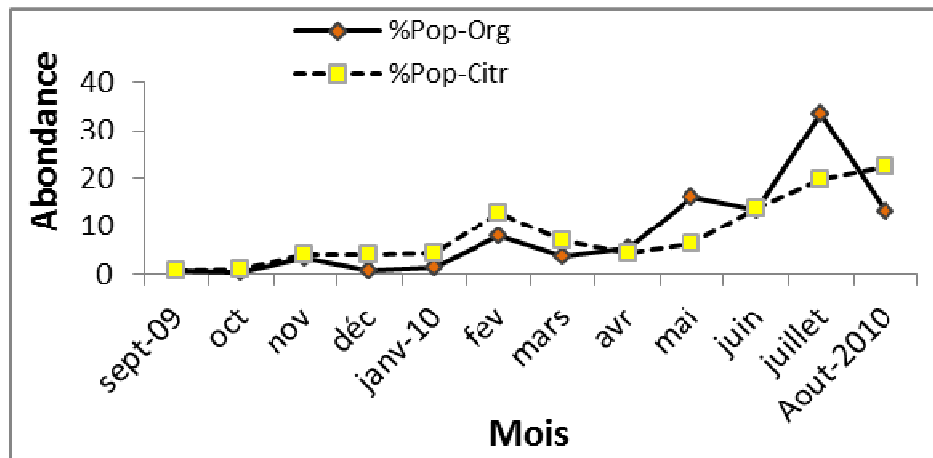


Figure 96: Représentation des courbes de synthèse pour la variation temporelle de la population globale de *L.beckii* sur plantes hôtes (Pop-Org: population sur oranger, Pop-Citr: population sur citronnier).

5.1.2 - Analyse de la variation des abondances temporelles globales des stades biologiques

• stades adultes et larvaires

La figure 97 montre que les taux d'abondance des stades évolutifs de *L.beckii* sont plus élevés au mois d'août et de juillet. Les femelles adultes affichent leur plus fort taux durant le mois de juillet (37,21%) sur l'oranger et durant le mois d'août (34,82%) sur le citronnier. Les plus basses infestations ont été enregistrées durant le mois de septembre dans les deux vergers, avec un taux de 0,68% chez le citronnier et 0,83% chez l'oranger. Donc nous pouvons dire que les adultes de *L.beckii* se développent mieux sur oranger en période estivale et printanière.

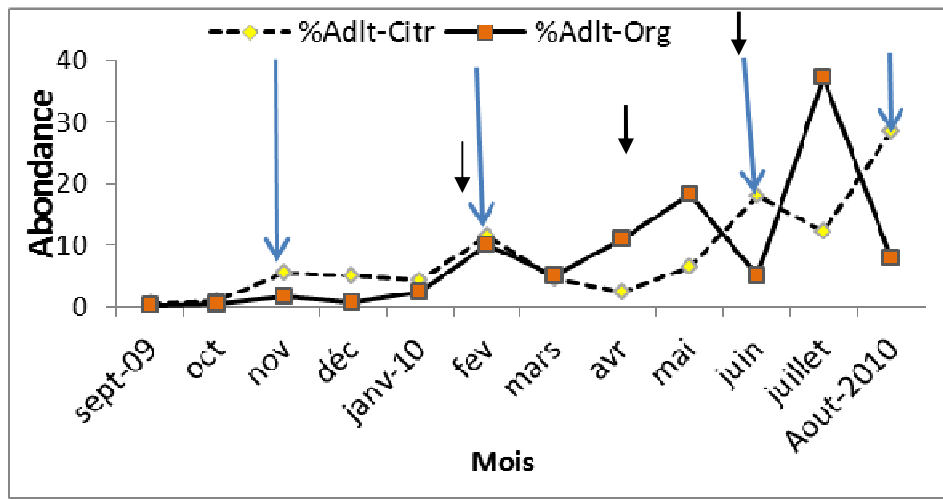


Figure 97: Variation de l'abondance temporelle des adultes de *L. beckii* sur les deux plantes hôte (**Adlt-Citr** : population d'adultes sur citronnier, **Adlt-Org** : population sur oranger, **L-Citr** : population de larves sur citronnier, **L-Org** : population de larves sur oranger).

Pour les stades larvaires, nous remarquons presque la même évolution sur les deux plantes hôtes. Par contre, nous notons un décalage d'apparition par rapport aux femelles adultes. Ceci est le résultat du passage des larves de 2^{ème} stade au stade adulte. Les larves affichent un pic important au mois de juillet sur les deux plantes hôtes (35% sur citronnier et 31,02% sur oranger), suivi d'un autre pic moyen au mois de février (15,19% sur citronnier et 6,73% sur oranger). Nous pouvons dire donc que, le citronnier offre de meilleures conditions nutritionnelles pour le stade larvaire en saison estivale et printanière (Fig.98).

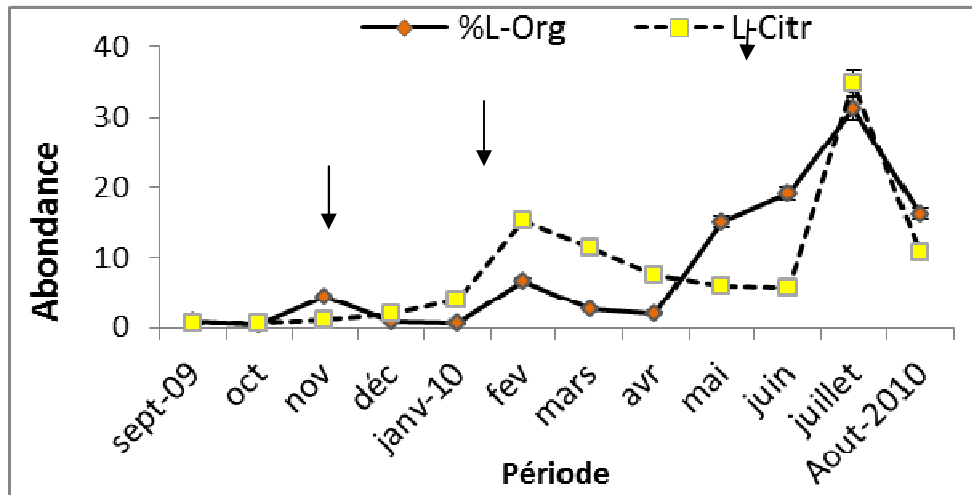


Figure 98: Variation de l'abondance temporelle des larves de *L. beckii* sur les deux plantes hôte (Adlt-Citr : population d'adultes sur citronnier. Adlt-Org : population sur oranger. L-Citr : population de larves sur citronnier. L-Org : population de larves sur oranger.)

Les données recueillies sur les fluctuations des populations de *L. beckii* en fonction du temps et de la plante hôte, font l'objet d'une analyse statistique. Pour cela, nous avons fait appel à l'analyse de variance à l'aide du logiciel Systat ver. 12 où les différences ont été considérées significatives à $p < 0.05$ (Fig. 99). L'évolution de la population de *L. beckii* selon la plante hôtes, montre une différence d'abondance hautement significative ($p=0,000$, ratio= 5,705 $p > 5\%$). Par contre, la variation de la distribution temporelle des stades larvaires et adultes de *L. beckii* sur les deux plantes hôtes, montre qu'il n'y a pas de différence significative ($p=0,233$, ratio= 1,477, $p > 5\%$) (Tab.18). Les stades adulte et larvaire sont plus abondants durant le mois de juillet (Fig. 99). La variation temporelle de la population de *L. beckii*, vérifiée par le test One way Anova au seuil de 5%, montre que le nombre d'individus présente une variation significative selon la plante hôte ($p= 0,013$, ratio= 4,261) et le la période ($p= 0,010$, ratio= 6,347) (Tab. 19). Nous pouvons dire que la variation de l'abondance temporelle de la population dépend de la qualité des nutriments de la plante qui varient suivant la période phénologique.

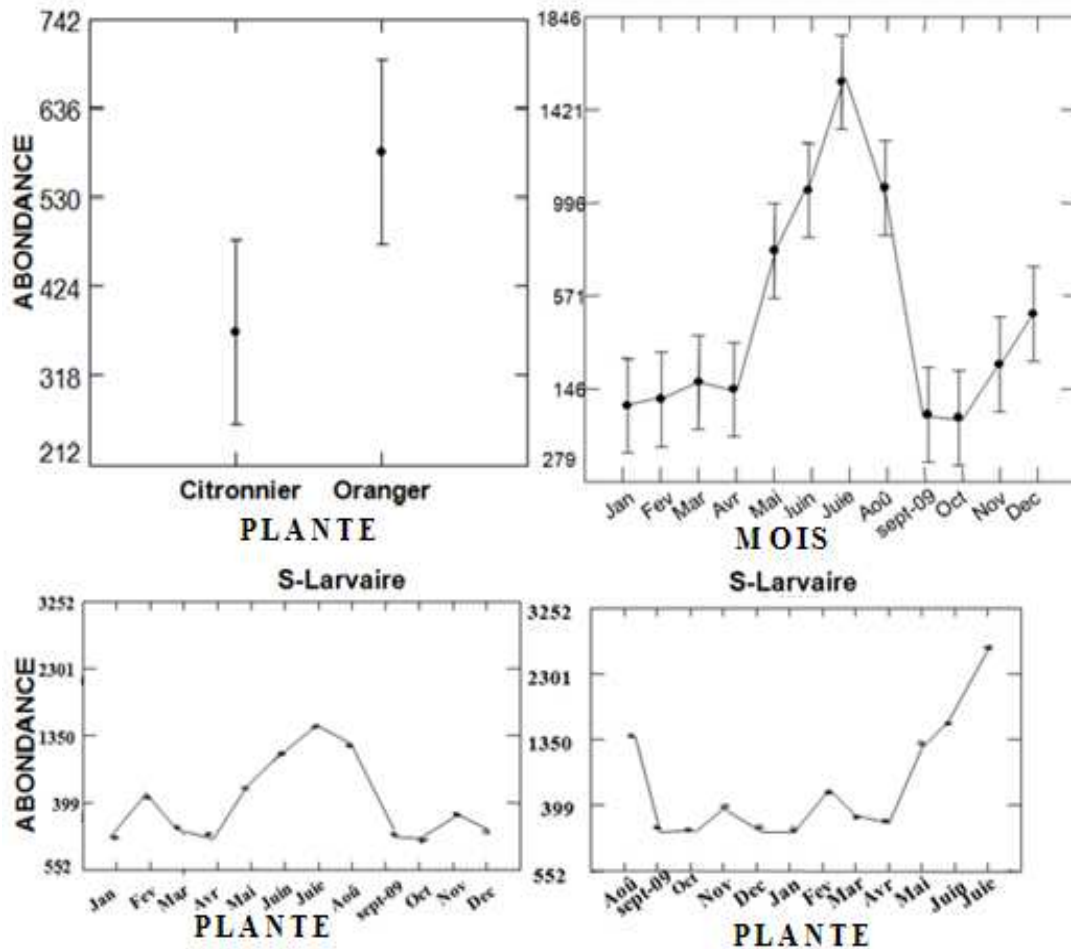


Figure 99: L'évolution de l'abondance totale de *L. beckii* et des stades évolutifs selon la plante hôte et la période de l'année.

Tableau 18: Analyse de la variance de l'évolution temporelle des stades évolutifs de *L. beckii* en fonction de ses plantes hôtes

Analyse de la variance par le test GLM					
source	Somme des écarts	df	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Date	273280.042	1	273280.042	1.477	0.233
Plante-hôte	1.16079 ^E +07	11	1055260.884	5.705	0.000
Stade	882050.042	2	441025.021	2.384	0.108
Erreur	6103816.021	33	184964.122		

Tableau 19: Analyse de variance, de l'évolution de l'abondance des stades évolutifs de *L. beckii* en fonction de ses plantes hôtes.

Analyse de Variance par le test One Way Anova					
source	Somme des écarts	df	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Date	9519876.092	11	865443.281	4.261	0.010
Plante-hôte	2578285.187	2	1289142.594	6.347	0.013
Stade	3939658.563	22	179075.389	0.882	0.616
Erreur	2437437.500	12	203119.792		

5.1.3 - Etude du choix de l'hôte par *L.beckii*

Le test de Cros-Corrélation montre la possibilité pour *L.beckii* de se développer sur deux espèces d'agrumes avec des abondances variables (Tab.20).

Tableau 20: Étude du choix de l'hôte de *L.beckii* (Barycentre).

Stade biologique	Barycentre	Lag	p
L ₁ -citronnier	6,57	0	0,036
L ₁ -oranger	6,54		
L ₂ -citronnier	6,5	0	0,07
L ₂ -citronnier	6,47		
Nymphe-oranger	6,96	0	0,007
Nymphe-citronnier	6,91		

Le niveau d'infestation de *L.beckii*, révèle que la cochenille abonde avec un décalage de quelques jours (inférieur à une semaine) comparativement sur citronnier que sur oranger. La probabilité associée à la différence d'installation de la cochenille est significative (p=0,036 et p= 0,007) (Tab.20). Cette différence semble être liée la physiologie de la plante, notamment les poussées de sève. D'après la valeur du

«Lag»= Zéro (**Analyse cross-corrélation**), nous pouvons dire que ce ravageur n'a pas de choix pour s'installer sur oranger où citronnier.

5.1.4 - Étude de la variation des abondances de la population de *L. beckii* selon les saisons

Selon la figure 100, les larves sont nettement abondantes sur l'oranger durant la saison estivale (66,53%). Par contre sur le citronnier, c'est en hiver que ces larves sont abondantes. Ce résultat semble être liée directement à la poussé de sève hivernale chez le citronnier.

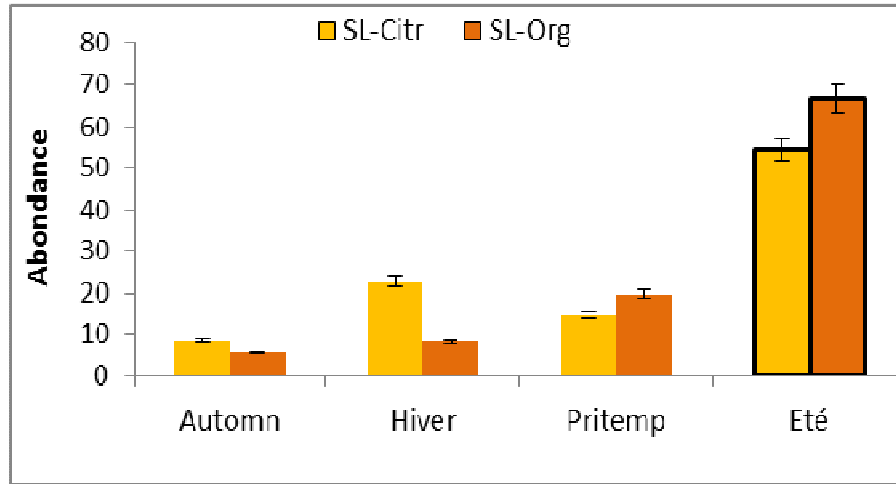


Figure 100: L'évolution saisonnière des larves de *L.beckii* selon la plante hôte (Sadlt-Citr : population d'adultes sur citronnier. Sadlt-Org : population sur oranger. SL-Citr: population de larves sur citronnier. SL-Org : population de larves sur oranger).

Les adultes par contre, sont beaucoup plus actifs durant la période printanière et estivale (Fig. 101).

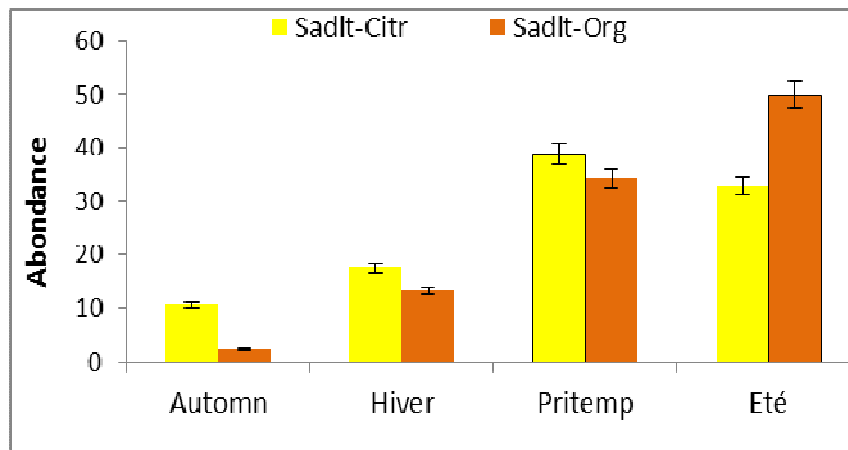


Figure 101: L'évolution saisonnière des adultes de *L.beckii* selon la plante hôte (Sadlt-Citr : population d'adultes sur citronnier. Sadlt-Org: population d'adulte sur oranger. SL-Citr: population de larves sur citronnier. SL-Org: population de larves sur oranger).

Les courbes de tendance sur la figure 102 montre que la distribution des deux populations de males durant les quatre saisons sur citronnier et sur oranger, évoluent de la même manière dans le temps ($r^2_{Citr}= 0,7436$; $r^2_{Org}= 0,877$).

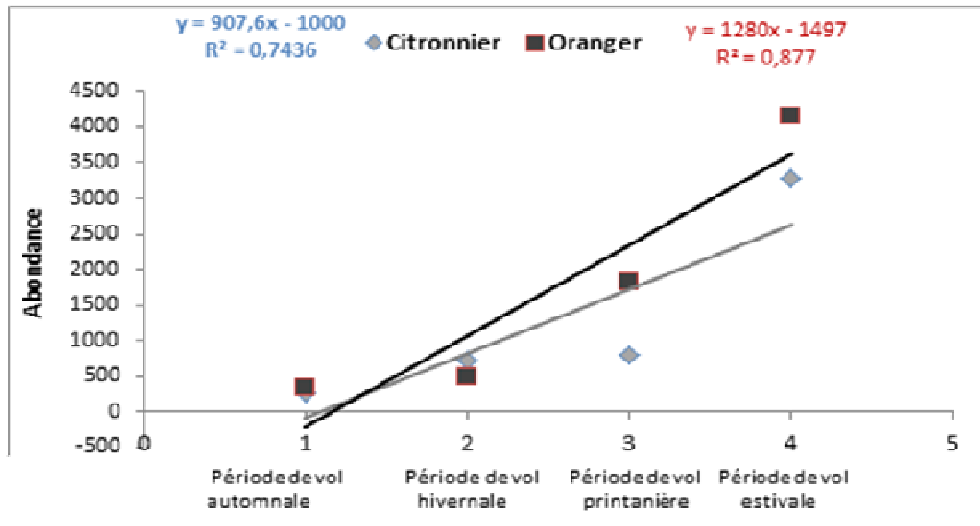


Figure 102: Ajustement de l'évolution saisonnière des mâles de *L. beckii* selon la plante hôte (model Motomura).

L'analyse de variance, effectuée par le test GLM, a démontré que la variation de la population globale, des larves et des adultes est significative selon la saison ($p=0,029$, ratio=4,251) (Tab. 21; Fig. 103 et 104).

Tableau 21: Variation de l'abondance saisonnière de *L. beckii*

Analyse de variance GLM					
Source	Somme des écarts	df	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Saison	1.67650E+07	3	5588332.417	4.251	0.029
Erreur	1.57737E+07	12	1314478.208		

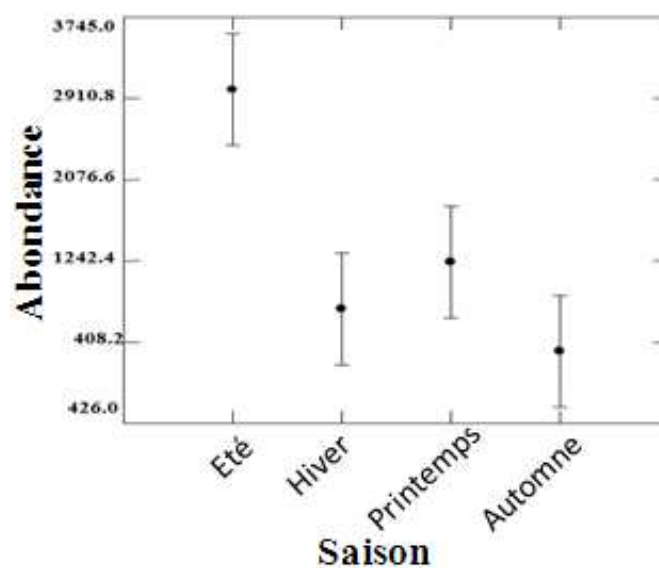


Figure 103: Variation de l'abondance globale saisonnière de *L. beckii*

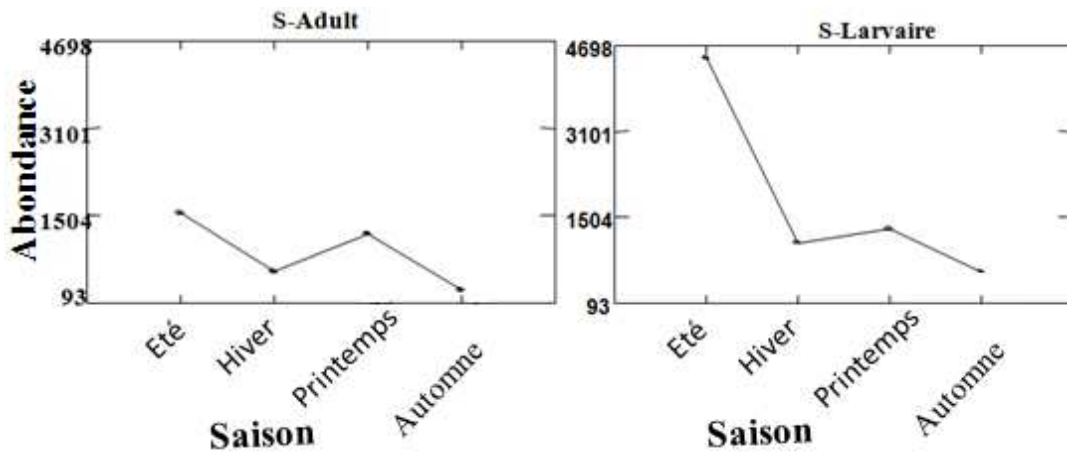


Figure 104: Variation de l'abondance saisonnière du stade larvaire et adulte de *L.beckii* sur les deux plantes hôtes.

5.1.5 - Étude de la période de reproduction

La figure ci-dessous montre que la période de reproduction est plus remarquable sur oranger (57,30%) et elle survient quatre fois pendant l'année sur oranger et trois fois sur citronnier.

Sur oranger les taux maximums des adultes sont de 35,48% en juillet 17,45% en avril, 4,81% en février et 3,33% en novembre ; et sur citronnier 27,30% en juillet, 7,70% en février et 2,7% en novembre (Fig. 105).

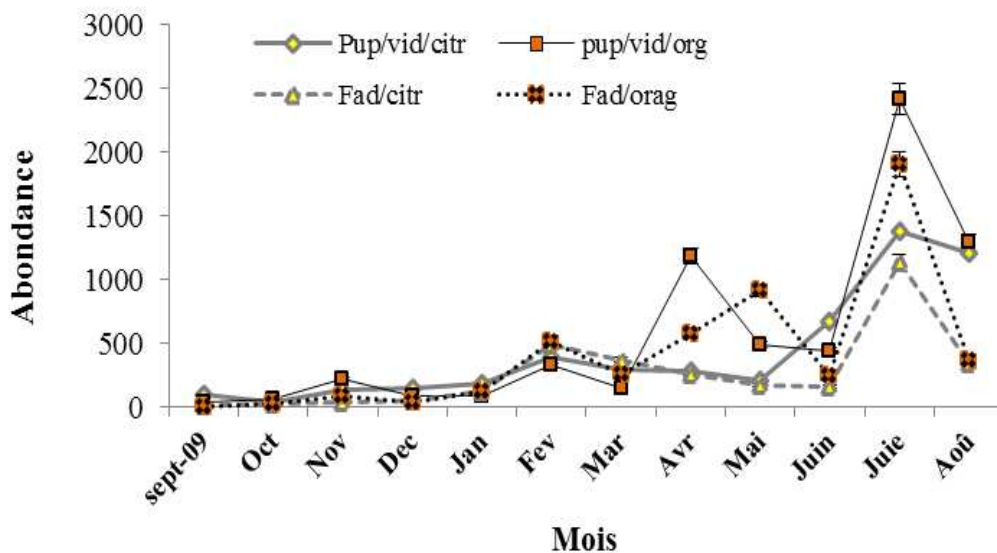


Figure 105: Variation temporelle de la période de fécondation.

Le cumul des éclosions des mâles est le plus important sur l'oranger (6812 pupariums vides) que sur le citronnier (5076 pupariums vides). Par contre, trois périodes de vol sont à noter (Fig. 106):

- Un premier vol durant la période automnale qui reste le plus faible. Les conditions climatiques à cette saison semblent être défavorables pour l'activité des mâles adultes. Un deuxième vol printanier coïncidant avec la maturité sexuelle des femelles adultes. Un troisième vol, le plus important est noté durant la période estivale.

Cette variation confirme les résultats rapportés par Fabres, (1981) qui dit que la reproduction de *L.beckii* est de type sexué, avec une période d'activité reproductrice très remarquable en période estivale soutenue par l'abondance des mâles.

Tableau 22: Variation temporelle de la période des vols des mâles de *L. beckii*

Analyse de Variance de la période des vols des mâles (GLM)				
source	Somme des écarts	Moyenne des écarts	F-ratio	P
	f			
Plante-hôte	125570.667	125570.667	1.523	0.243
Date	6953314.333	632119.485	7.666	0.001
Erreur	907024.333	82456.758		

L'analyse de variance de la période de reproduction en fonction du temps a montré qu'il y'a une différence hautement significative ($p=0,001$, ratio= 7,66) (Tab. 22, Fig. 108).

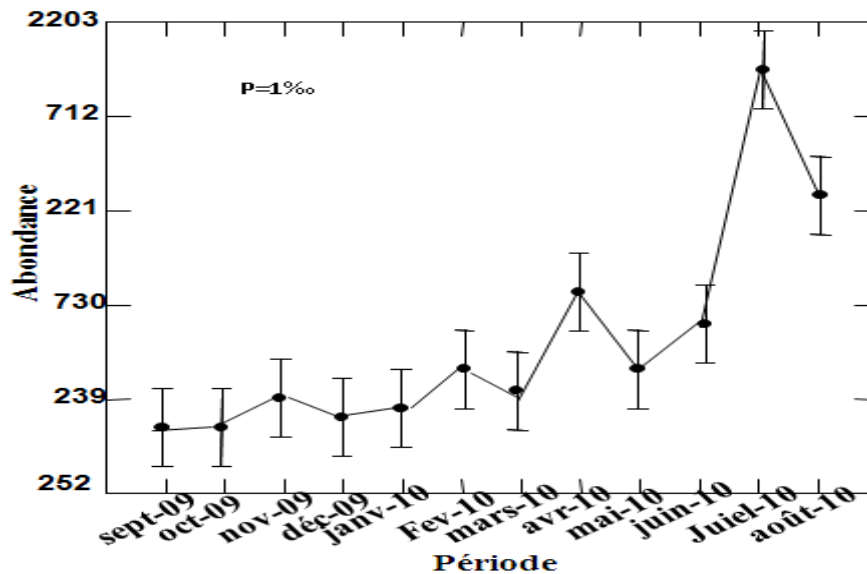


Figure 106: Présentation de la variation temporelle de l'abondance des puparias vides de *L. beckii* sur les deux plantes hôtes

5.1.6 - Étude de la variation de la période de reproduction

Tableau 23: Variation de la fécondité en fonction de la période de l'année, la plante hôte et l'abondance des mâles et des femelles.

Analyse de variance par GLM (Puparia/Fadlt)					
Source	Somme des écarts	df	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Plante-hôte	648675.000		648675.000	5.666	0.023
Date	7337391.167		667035.561	5.826	0.000
		1			
Stade	642181.333		642181.333	5.609	0.024
Erreur	3892619.167		114488.799		
		4			

L'analyse de variance montre une différence temporelle des périodes de reproduction hautement significative selon les périodes de l'année ($p=0,000$, $r= 5,826$, $p<0,05\%$). De même, la plante hôte agit significativement sur le sexe- ratio ($p= 0,023$, ratio= 5,66) (Tab.23).

5.1.7 - Étude de l'influence des facteurs climatiques sur l'abondance et la distribution des populations de *L.beckii*.

Les adultes, les larves et les puparias vides sont plus abondants lors des périodes de fortes températures. Les figures 107 (b, d, f, h) montrent que les températures moyennes supérieures à 13°C semblent favoriser les infestations et l'activité des populations de *L.beckii* et conditionnent leur distribution temporelle sur les deux plantes hôtes. Bodenheimer (1951) montre que les températures supérieures à 8°C (zéro de développement) favorisent le développement de la cochenille.

Les femelles adultes sont présentes durant toute l'année où elles passent par des maximums en février (13,63°C), mai (18,64°C) et juillet (27,11°C). Cette évolution coïncide parfaitement avec les émergences des mâles (Fig.107h) pour l'activité d'accouplement.

Les larves sont fortement présentes également durant la période de l'année. Par contre, les larves semblent être très affectées par les pluviométries abondantes du mois de septembre, décembre et mars, où on assiste à un déclin de la densité de la population (Fig. 107e). Cette sensibilité est due vraisemblablement d'abord à l'absence ou à la faible structure

du revêtement de protection et au poids léger de leur corps, facile à être emporter par les ruissellements sur les feuilles.

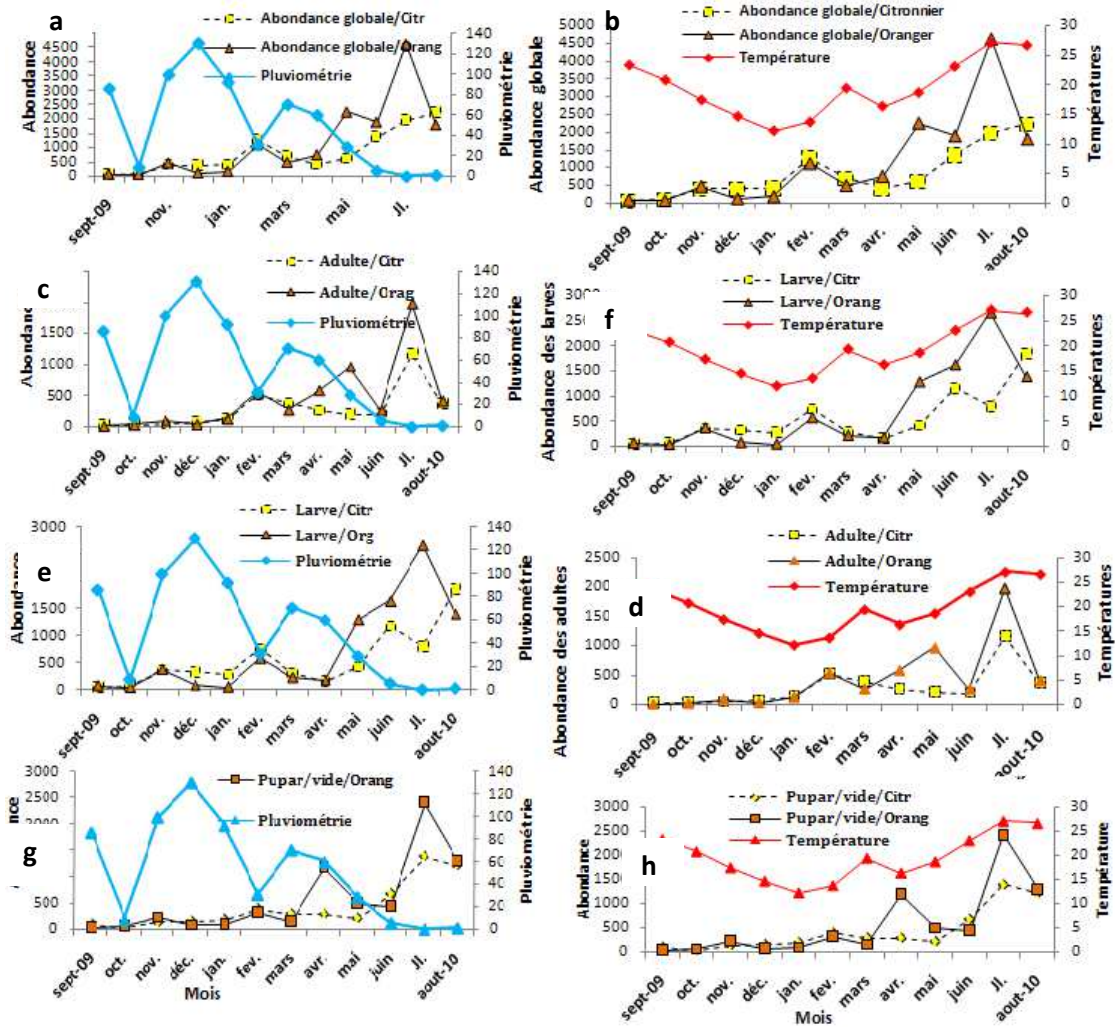


Figure 107: Evolution des populations globales, larvaires et adultes de *L. beckii* en fonction des températures et de la pluviométrie (2009-2010).

L'analyse mise en évidence par le test de corrélation linéaire à l'aide du logiciel PAST (Paléontological Statistics, ver. 1.81), montre l'existence d'une relation étroite entre l'évolution des abondances de *L. beckii* et la variation des températures et pluviométrie (Tab. 24).

Tableau 24: Analyse des corrélations existantes entre les facteurs climatiques et la variation de la population de *L. beckii*, par le Test de corrélation linéaire.

	T.max	T.min	T.moy.	P (mm)	Sad-C	SL-Cit	Sad-Or	SL-Or
T/max	0	2,34E-08	1,05E-09	0,012923	0,30949	0,090045	0,13322	0,0039663
T/min	0,98017	0	4,54E-12	0,015991	0,46185	0,10036	0,18507	0,0099013
T/moy.	0,98936	099643	0	0,010611	0,39141	0,09263	0,15413	0,0055731
P/mm	-0,6905	0,67515	-0,70397	0	0,11361	0,2967	0,079231	0,024433
Sad-C	0,32069	0,23518	0,27255	0,48076	0	0,2868	0,016628	0,024438
SL-Cit	0,51031	0,49681	0,50683	-0,3288	0,33522	0	0,26999	0,011929
Sad-Or	0,45915	0,41045	0,43827	0,52564	0,67224	0,34642	0	0,0011797
SL-Or	0,76203	0,70854	0,74354	0,64189	0,64187	0,69605	0,81695	0

Le tableau 24 montre l'existence d'une corrélation positive significative entre l'abondance des populations larvaires et la variation du facteur: température minimale, maximale et moyenne ($p= 0,0039$, ratio= 0,76; $p= 0,0099$, ratio=0,70; $p=0,0055$, ratio= 0,74) respectivement, et une corrélation significative négative avec la variation de la pluviométrie ($p= 0,024$, ratio= -0,69) sur l'oranger.

Sur le citronnier, la corrélation est significative et positive entre l'abondance des populations larvaires et la variation des facteurs climatiques: température maximale ($p=0,90$; ratio= 0,51) et moyenne ($p=0,50$; ratio= 0,50).

Pour l'abondance des populations du stade adulte, l'étude des corrélations a révélée une corrélation marginale négative ($p= 0,079$, ratio= -0,525) avec la variation du facteur pluviométrie sur oranger. Par contre, sur le citronnier, les adultes ne sont pas influencés par les facteurs climatiques étudiés ($p_{TM}= 0,39$, ratio= 0,43; $p_{pv}= 0,11$, Ratio= -0,52).

5.2 - Discussion

Les diaspines mènent une vie sédentaire très stricte, caractérisée par des mœurs de parasites fixés, exclusivement phytophage (Grassé, 1951). Nos résultats confirment que leur évolution est intimement liée à celle des *Citrus* qui l'hébergent. L'évolution de ces derniers se traduit par l'apparition de nouvelles poussées de sève régulant les infestations durant l'année.

Pour comprendre le comportement d'une espèce, il est nécessaire de connaître ses traits de vie et les effets de ses interactions intra et interspécifique (Begon *et al.*, 1996 in Maher, 2002).

L'influence du facteur « hôte » sur la cochenille se révèle par une mortalité plus ou moins élevée en fonction de la variété de la plante hôte et de son état physiologique (Hafez et Salema, 1970 in Kumbasli, 2005). Les poussées de sèves faibles de la période automnale et hivernale agissent négativement sur le développement de la cochenille.

L'élévation marquée en nombre de larves en été durant le mois de juillet, est dû aux conditions climatiques favorables du printemps et l'état végétatif de l'hôte, qui offre un maximum de nourriture favorisant leur développement. Nos résultats confirment clairement ceux trouvés par Sigwalt (1971) en Tunisie, Ouzzani (1984) à Boufarik et Zellat (1989) à Mohammedia.

Les changements climatiques se font déjà sentir depuis quelques années au niveau mondial (GIEC, 2007). En Algérie les températures de 27,11°C et la pluviométrie de 0mm (juillet) et la température de 22,65°C et la pluviométrie de 1,2 mm (aout) favorisent une plus forte infestation respectivement sur oranger (4628 individus) et sur citronnier (2220 individus). Nos résultats concordent avec ceux de Fabres, (1981), qui dit que la température de 30°C et la pluviométrie inférieure à 35,8 mm, accélèrent le développement de *L.beckii*. Raisons pour lesquelles ce ravageur se rencontre beaucoup plus dans les régions méditerranéennes (Hall, 1924).

Nous ajoutons que, les larves sont très affectées par les pluviométries abondantes du mois de septembre, décembre et mars. Cette sensibilité est due au poids léger de leur corps facile à emporté par les ruissellements sur les feuilles, et par l'absence ou la structure fine du revêtement de protection, qui est le bouclier. Par contre, les adultes ne sont pas affectés par les facteurs climatiques, d'une part, grâce à leur protection par le bouclier bien développé, et d'autre part, grâce à la nature des feuilles de citrus qui sont riches en nutriments en quantité et en qualité.

L'abondance de la population est meilleure en saison sèche, chaude et moins humide. Cette dernière favorise l'éclosion, le vol facile des males sur citronnier et sur oranger. Ces

mâles sont destinés uniquement pour la fécondation des femelles adultes puis subissent une mort physiologique.

L'analyse statistique des corrélations démontre l'existence d'une corrélation positive significative, entre l'abondance des populations du stade larvaire de *L.beckii* et la variation des températures et une corrélation négative significative avec la variation de la pluviométrie sur plantes hôtes.

5.3 - Conclusion

Dans notre pays, l'agrumiculture constitue aujourd'hui, d'un point de vue économique, une culture très importante. Les problèmes phytosanitaires de cette dernière sont classés parmi les contraintes majeures pour le développement de ce secteur.

La plante hôte et les conditions climatiques sont à l'origine de la distribution spatiale et de l'abondance de *L.beckii* sur leur hôte. L'oranger semble être l'hôte préférentiel pour cette cochenille en lui offrant une meilleure nutrition qui peut être vérifié ultérieurement par une étude nutritionnelle basée sur l'analyse quantitative et qualitative des ressources énergétiques. La plante constitue donc un facteur déterminant pour son développement, sa distribution, et sa reproduction sur les deux hôtes. On peut dire que. Cette diaspine développe trois (3) générations annuelles sur les deux plantes hôtes: la plus importante est en période estivale suivie de la printanière. Mais sur citronnier le pic est enregistré au mois d'aout et sur oranger au mois de juillet. Cela peut s'expliquer par la qualité des nutriments et leurs abondances temporelles (poussées de sèves importantes) nécessaires pour le développement de ce ravageur.

Une corrélation positive entre le facteur température et l'abondance de la population des stades larvaires est démontrée. Par contre, la corrélation entre le facteur précipitation et les populations des stades larvaires, est marginale. Cela signifie que le stade larvaire de *L.beckii* est sensible à la pluviométrie abondante et aux froids hivernaux qui agissent négativement sur sa vie. Ce qui fait de ces éléments des facteurs limitant pour l'accroissement de la population de *L. beckii* dans la région étudiée.

Chapitre IV:
Relations nutritionnelles
cochenilles diaspines plantes
hôtes

Chapitre IV: Relations nutritionnelles cochenilles diaspines plantes hôtes

Généralités

Au cours de la sélection de la plante hôte par l'insecte phytophage, une partie des événements comportementaux qui mènent, soit à la prise de nourriture soit au dépôt de ponte, a lieu sur la surface des feuilles. Lorsque l'insecte se déplace sur la surface de la feuille, il se trouve en contact avec un grand nombre de stimuli, d'ordre visuel, tactile, olfactif et gustatif (Derridj, 1996).

En ce qui concerne les stimuli gustatifs, ils sont essentiellement d'ordre biochimique. Ils peuvent être d'origine exogène (poussières, pollens, miellats d'insectes, produits excrétés par les micro-organismes, substances polluantes de l'atmosphère) et endogène tels que les composés des cires cuticulaires et les métabolites primaires et secondaires provenant des tissus de la plante. Ceux-ci peuvent à leur tour être métabolisés par les micro-organismes épiphytes. Ces substances sont plus ou moins imbriquées dans les cires et leur détection par l'insecte va dépendre de son comportement, des parties de son corps (pattes, pièces buccales, ovipositeur) en contact avec la surface foliaire, et des sensilles gustatives (type, nombre, localisation) concernées dans la reconnaissance du site (Derridj, 1996).

Chez les cochenilles, le comportement alimentaire a été décrit ou évoqué chez des Coccidae et des Pseudococcidae dans un petit nombre de cas comparativement aux Aphididae (Smith, 1926, Heriot, 1934, Pesson, 1944, Grasse, 1951, Albrigo et Brooks, 1977, Yasuda, 1979, Campbell, 1990, Molyneux *et al*, 1990 in Calatayud, 1994).

Après avoir localisé leurs plantes hôtes, soit par des stimuli visuels ou chimiques ou les deux en même temps, les insectes doivent vérifier le contenu en substances chimiques de la plante (Jolivet, 1998), ce qui s'effectue au stade larvaire mobile chez les diaspines. Lors de la

localisation de leur plante hôte, les insectes utilisent plus particulièrement la vision, l'olfaction et le goût de l'aliment.

Un insecte spécifique à une plante, retrouve chez celle-ci un contenu nutritif adéquat, c'est-à-dire que le contenu en substances nutritives de la plante lui permet de poursuivre son cycle vital, lui assure aussi un bon fitness et la survie de sa progéniture. De plus, il a en sa possession les outils lui permettant de détoxiquer les substances chimiques contenues dans sa plante hôte. Ces outils sont des enzymes, des oxydases à fonction mixtes (Marie-Claude, 2002).

Le comportement alimentaire des hémiptères comprend une séquence de pénétration dans le tissu nourricier, suivi d'une injection de salive et d'aspiration de liquides cellulaire, accompagnée de la pénétration de protéines étrangères qui sont plus ou moins modulées par la spécificité de la relation insecte/hôte (Le Gall, sd.). Ce comportement est conditionné par les caractéristiques physiologiques et chimiques de la plante. En fait, il est évident que les substances chimiques contenues dans les plantes ont joué et jouent encore un rôle très important dans les relations des insectes et des plantes (Marie-Claude, 2002). D'où ils peuvent inhiber, stimuler l'alimentation du phytophage, où développer, limiter où inhiber sa croissance. Comme il se trouve que les substances secondaires jouent un rôle indirect dans la relation plante insecte, par contre les substances primaires sont des paramètres de performance des individus ravageurs tels que la survie, le développement, la croissance et la fécondité, qui peuvent, à travers des effets multiplicatifs, avoir un impact significatif sur les populations.

Ces paramètres de performance sont fondamentaux pour l'insecte. Or, la nutrition de la plante se trouve sous la dépendance de facteurs agissant sur sa résistance physiologique et biochimique contre les ravageurs qui sont:

1- Les facteurs intrinsèques comprenant : les facteurs génétiques, la nature du porte-greffe et l'âge des tissus ou de la plante.

2 – Les facteurs extrinsèques parmi lesquels nous pouvons distinguer : les facteurs climatiques et les facteurs culturaux (structure du sol, sa nature chimique, la fertilisation, enfin les traitements pesticides (Chaboussou, 1972).

Les diaspines représentent des facteurs limitant importants de la productivité agrumicole. Il est donc primordial d'essayer de prédire leur comportement tel que l'augmentation de leurs dégâts liés au changement de plusieurs facteurs, notamment la qualité chimique des nutriments au niveau des feuilles. Les quels agissant par différentes voies sur les ravageurs (reproduction, l'hivernation et comportement). Par exemple lorsque la disponibilité en azote du milieu est élevée, il y a une plus grande synthèse d'acides aminés et en conséquence une diminution de la quantité de sucres solubles (Marçais *et al.*, sd). Ces derniers, normalement présents en grande quantité dans la sève, sont la source nutritionnelle pour les cochenilles en favorisant leur prolifération.

Dans cette partie nous étudions trois types de relations nutritionnelles des diaspines avec leur plante hôte:

1 - Relation physique diaspine-plante hôte

L'étude histologique des feuilles d'agrumes infestées par *P. ziziphi* permet l'observation sous microscope optique la relation physique entre ce ravageur et sa plante hôte. Cet outil est le plus ancien pour décrire le trajet des stylets des Homoptères dans la plante, notamment sa large utilisation chez les Aphides (Evert *et al.*, 1973, Pollard, 1973, Tjallingii, 1978 in Calatayud, 1994), l'observation du trajet des stylets de la cochenille et la localisation des tissus les plus impliqués dans le mécanisme de fixation et de nutrition.

1.1- Matériels et méthode

-Matériel biologique:

Pour réaliser les coupes transversales, nous avons utilisé les feuilles de clémentinier infestées par *P.ziziphi*.

-Matériel non biologique (Annexe V).

Le liquide fixateur de Halmi (Gabe, 1968): Cette solution est préparée avec 45 g de chlorure mercurique, 0,5 g de chlorure de sodium et 2,0 g d'acide trichloracétique que l'on dissout dans 80 ml d'eau .A ce volume, on ajoute 20 ml de formol et 10 ml d'une solution saturée en acide picrique.

- Méthode de travail

Les feuilles de clémentinier, infestées de cochenilles de différents stades et sur les deux faces supérieure et inférieure, sont sectionnés et plongés dans le liquide fixateur de Halmi (Gabe, 1968) (Fig. 108).



Figure 108: Préparation de feuille sectionnées

Après 24 heures de fixation, l'ensemble feuille/insectes est déshydraté par des bains successifs d'alcools éthyliques (30 secondes par bain) et d'alcool butylique 1 (24 h) puis imprégné de paraffine par trois bains de 30 secondes chacun. Il est ensuite inclus dans la paraffine et, après solidification, les blocs ainsi formés (Fig. 2) sont coupés au microtome (épaisseur de 6 μm) (Fig. 109).

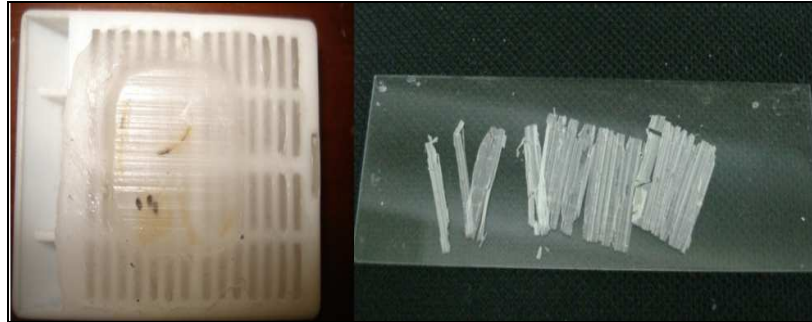


Figure 109: Réalisation des coupes histologiques au microtome (Bloc après solidification, Lamelle de récupération de coupes).

Les coupes obtenues sont déparaffinées par un bain de toluène pendant 5 secondes. Elles sont ensuite réhydratées progressivement (2 secondes par bains successifs d'alcool et d'eau). Puis, elles sont colorées pendant quelques minutes à la safranine, donnant ainsi à la gaine des stylets de I 'Homoptère une coloration rouge vive, puis avec le bleu de méthyle, une coloration bleue à la cellulose (Locquin et Langeron, 1978).

Après colorations, elles sont déshydratées dans deux bains successifs d'alcool butylique II et de toluène (2 secondes par bain). Un montage entre lame et lamelle est alors réalisé pour permettre les observations sous microscope optique au grossissement (10 \times , 40 \times et 100 \times).

1.2 - Résultats et discussion.

1.2.1 - Reconnaissance de site de nourriture

Après avoir suivi le comportement d'acceptation de l'hôte par les larves du premier stade mobile de *P. ziziphi* sous loupe binoculaire, il nous a été apparu que le degré de reconnaissance (Antéxénose) de site favorable à la nourriture est de **15 mn**, à partir du moment de la sortie de la larve du bouclier jusqu'à sa fixation finale sur la feuille. Durant cette période, la larve effectue des passages sur la face supérieure et la face inférieure de la feuille entravés par des arrêts de quelques secondes chacun (période de recherche et de reconnaissance de site d'alimentation convenable pour le développement complet de l'insecte). Ces arrêts brefs semblent nécessaires pour reconnaître le meilleur site de fixation et d'alimentation. Cette reconnaissance est offerte par des informations trouvées sur la face externe de la feuille (cuticule). Cette dernière, selon Derridj, (1995), porte des métabolites d'origine photosynthétiques comme plusieurs espèces végétales, tels que les sucres solubles, acide malique et proline, calcium, sodium et potassium, à dispersion plus au moins homogène et à micro localisation variée selon les espèces. Leur rôle rentre dans la sélection du site de ponte chez la pyrale de maïs (*Ostrinia nubilalis*: Lepidoptera : Pyralidae). Ces composés peuvent donner des informations sur l'état physiologique, l'espèce hôte et leur teneur qui peut entraîner un refus de la plante ou de site de ponte.

Ce qui nous laisse dire que, la surface foliaire constitue une source d'informations sur la plante et son environnement.

Ces observations ont été complétées par une étude histologique afin de comprendre le mécanisme de la pénétration du stylet dans la plante après la détermination de meilleur site de fixation et d'alimentation.

1.2.2 - Relation physique

La coupe transversale de la *P. ziziphi* fixée sur la feuille de clémentinier présenté dans la figure 110, montre que l'adhésion du corps de la cochenille à la partie superficielle de la feuille (inférieure ou supérieure). Cette superficie occupée dépend de la taille de ravageur, qui est liée à son tour au stade biologique de chaque individu. Plus l'individu est âgé et plus il couvre plusieurs cellules de la feuille engendrant ainsi l'empêchement de la réalisation de la photosynthèse dans cet endroit.

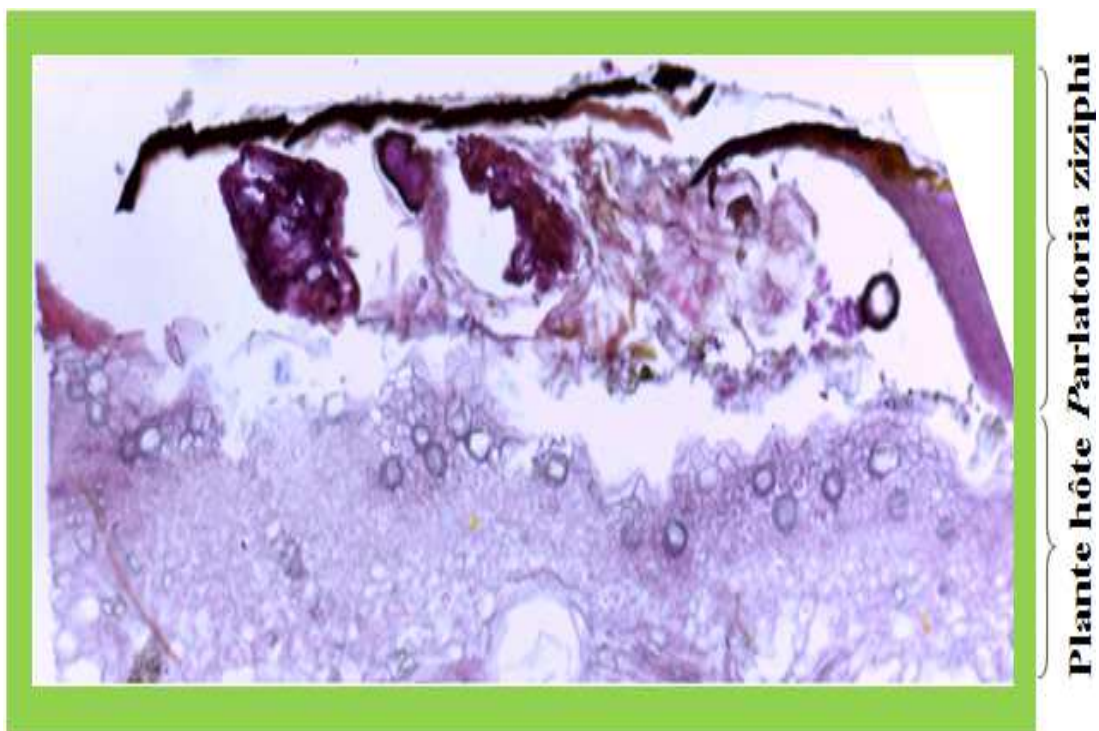


Figure 110: Relation physique de *Parlatoria ziziphi* avec sa plante hôte.

La coupe numéro 111 montre la structure histologique du corps de la cochenille et de la feuille de clémentinier.

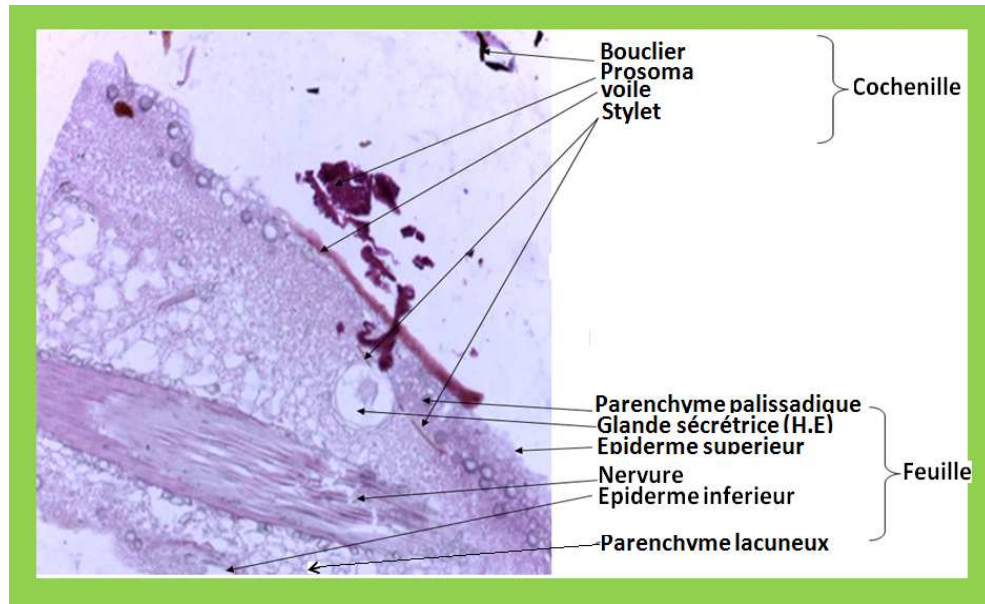


Figure 111: Vue globale d'une feuille de clémentinier infestée par *P. ziziphi*.

Sur la coupe histologique 112, nous observons le rapport général du labium et des stylets, similaire, à celui déjà observé chez d'autres Pseudococcides. Le point d'insertion du stylet accompagné de la destruction des cellules épidermiques causée par l'action mécanique de la pénétration du labium. Avant la pénétration, le stylet est replié en boucle dans une loge ventrale du labium appelée crumena. Sur les coupes de végétal (Fig.112), le trajet des stylets de *P. ziziphi* est repéré par une coloration à la safranine. L'insertion des stylets dans les tissus végétaux s'accompagne du dépôt périodique de substances. Après retrait des stylets, ces substances persistent et constituent une gaine. Le trajet des stylets est visualisé grâce au caractère chromophile de la gaine. Cette gaine, dite parfois nutritive, résiduelle ou plus communément sétale, a d'abord été considérée comme le produit d'une réaction du végétal à la piqûre (Catalayud, 1994). Mais plusieurs travaux réalisés sur d'autres Homoptères montrent qu'elle provient surtout de l'insecte (Grasse, 1951). Le faufiletage des stylets des Aphides jusqu'au phloème est le résultat d'une combinaison éventuelle de stimuli chimiques et physiques. Selon Miles, (1972), Srivastava, (1989), Rahbe *et al.*, (1993), les sécrétions salivaires, dont celles formant la gaine sétale, pourraient jouer un rôle important dans l'interaction plantes-Homoptères en facilitant l'atteinte et le retrait des stylets du phloème et en véhiculant des enzymes aux fonctions diverses.

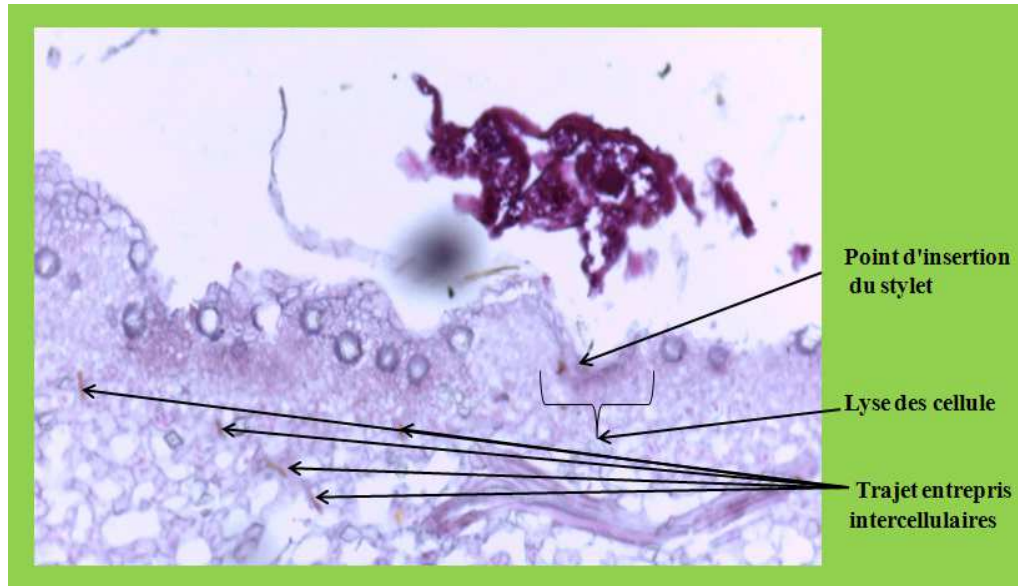


Figure 112: Point d'insertion et trajet du stylet de *P. ziziphi*, la lyse de cellule de la feuille de clémentinier et son trajet entrepris (Gr : 10×).

Sur la figure 113, il apparait que le stylet pénètre dans la feuille et traverse l'épiderme, le parenchyme palissadique jusqu'au parenchyme lacuneux, où se trouvent les réserves énergétiques, qui sont la sève phloémiène. Ce qui explique donc que le comportement alimentaire de cet insecte est de type phloémophage .Ce comportement a également été décrit chez le genre pseudococcus vivant sur le manioc (Calatayud, 1994).

Après avoir pénétré la couche épidermique (Fig.113), le stylet de *P. ziziphi* suit principalement un trajet intercellulaire, comme les stylets de la cochenille de manioc d'après Calatayud, (1994). Ce stylet aboutit, dans la plupart des cas, dans les cellules du parenchyme lacuneux, suggérant que le parenchyme est le site d'alimentation important (Paul-André, 1993). Cependant, la faible résolution de la microscopie optique ne permet pas de démontrer clairement l'existence des trajets intracellulaires des stylets qui, d'ailleurs, est contestée. Chez certains pucerons, le trajet des stylets est essentiellement intramural-extracellulaire et plus rarement strictement intracellulaire vrai (Spiller *et al.*, 1985). La confirmation du trajet intracellulaire ne peut se faire qu'à l'aide de microscope électronique.

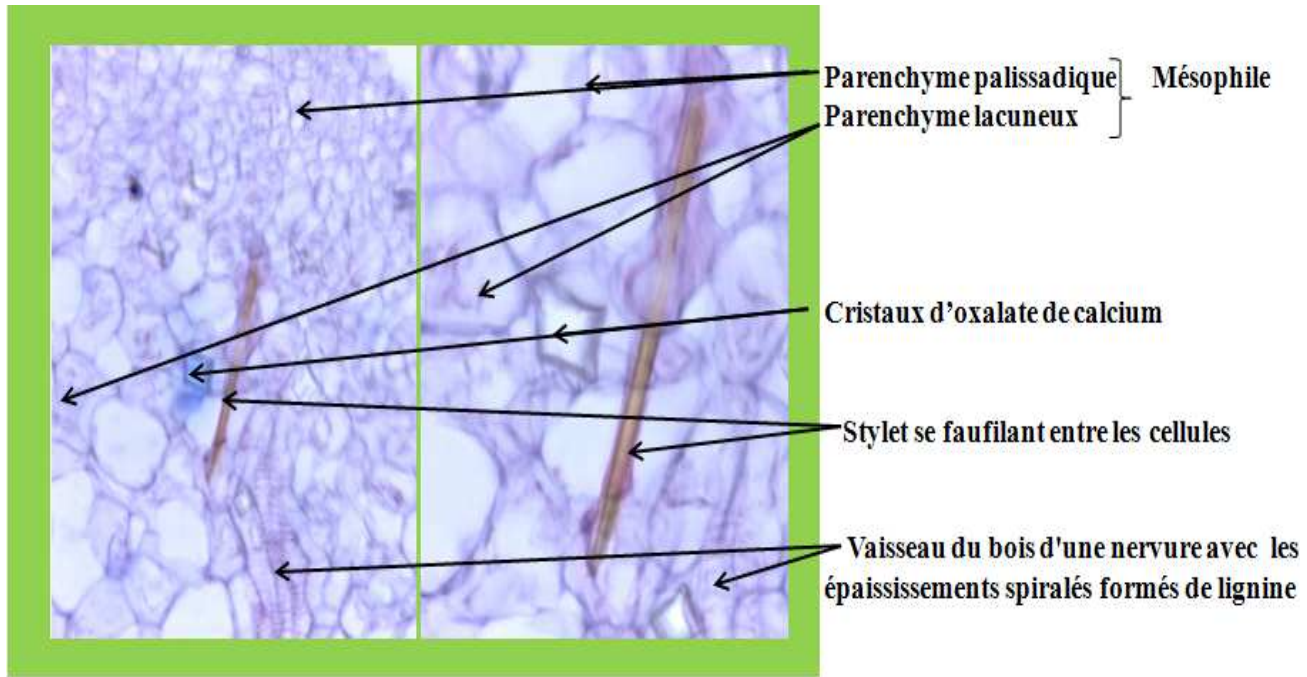


Figure 113: Trajet du stylet dans le parenchyme lacuneux (Gr : 40× et 100×).

Le retrait des stylets est exclu pour la famille des diaspinés, car ce groupe de ravageur ne change pas de site d'alimentation une fois que ce dernier est bien choisi au cours du premier stade mobile de développement. L'insertion du stylet s'accompagne du dépôt continu de sécrétion salivaire dans les tissus végétaux, ce qui cause des lésions au niveau de la piqûre et au niveau du chemin de l'insertion du stylet jusqu'au site d'alimentation. Ces sécrétions persistent et constituent une gaine dite gaine sétale. Le trajet des stylets est visualisé grâce au caractère chromophile de la gaine. Cette gaine, dite plus communément sétale, a d'abord été considérée comme le produit d'une réaction du végétal à la piqûre (Grasse, 1951).

Le rôle joué par la gaine sétale est le guidage des stylets des opophages jusqu'au phloème, qui résulterait d'une combinaison éventuelle de stimuli chimiques et physiques. Les sécrétions salivaires formant la gaine sétale, pourraient jouer un rôle important dans l'interaction plantes-Homoptères en facilitant l'atteinte et le retrait des stylets du phloème et en véhiculant des enzymes aux fonctions diverses (Miles, 1972, Srivastava, 1989).

Selon l'observation de nos coupes transversales, le cheminement du stylet se termine, pour la plupart, dans les cellules non phloémiennes du limbe (parenchyme palissadique et lacuneux) et rarement dans les faisceaux vasculaires phloémiens (xylème et phloème) des nervures. Ce résultat montre que: la cochenille est de caractère principalement non phléimophage de *P.ziziphi*, puisque le stylet n'atteint pas les faisceaux vasculaires phloémiens durant la plupart de nos observations. Le stylet de la cochenille, quand il arrive dans les tissus de nervure, pourrait représenter une nutrition phloémienne de la cochenille pendant une étape transitoire de nutrition par la sève, nécessaire pour le développement d'un stade donné ou de reproduction (Fig. 114, 115).

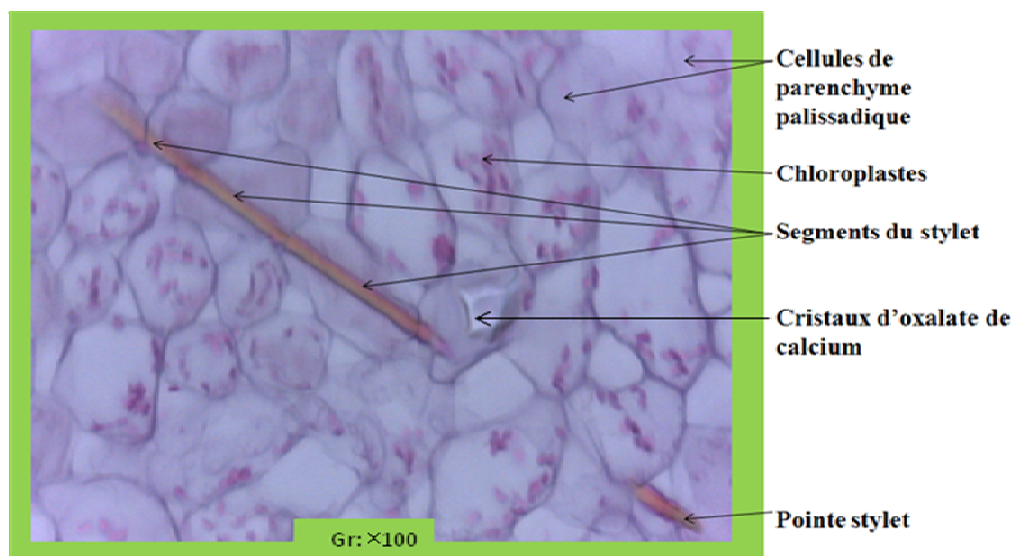


Figure 114: Trajet du stylet dans le parenchyme palissadique (Gr : 40× et 100×).

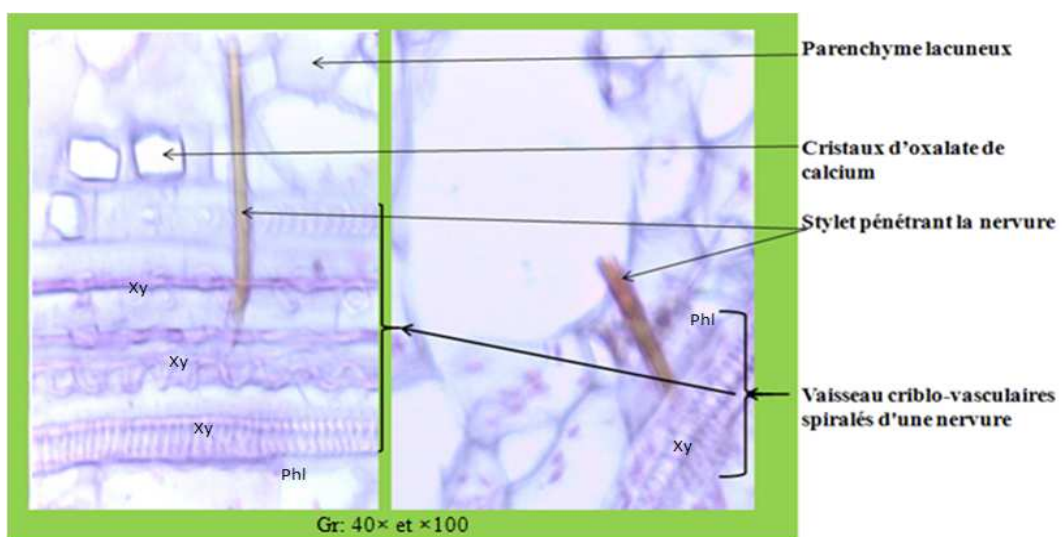


Figure 115: Trajet du stylet dans les nervures (xylème (Xy) et phloème (Phl)) de feuilles de clémentinier.

La réalisation des coupes histologiques du limbe nous permet d'observer en premier : les glandes sécrétrices d'huile essentielle, qui renferment un genre d'arbustes exotiques (Imache *et al.*, 2010) , ces derniers sont très répandus par leur richesse en huiles essentielles (Madjene et Madani, 2010).

Les tissus de la feuille du *Citrus clementina* sont riches en glandes à essences, distribuées dans le parenchyme palissadique, se composant de nombreuses assises de cellules qui s'organisent autour de la poche sécrétrice (Fig.116).

Et en deuxième lieu : l'évitement du stylet de passer par la glande sécrétrice d'huile essentielle en contournant la glande (Fig. 117). Cet évitement est, peut-être dû, à l'effet néfaste sur le stylet par contact, ou bien, sur la vie entière de la cochenille par alimentation.

Cet effet nocif sur la vie de la cochenille a été démontré par notre travail expérimental, en effectuant des traitements par pulvérisation d'huile essentielle de feuilles de bigaradier sur les populations larvaires de *P.ziziphi*. Le résultat a montré que la dose de 0,4µl/ml a provoqué une diminution des populations de 19,88% à 2,32% de larves (L₁ et L₂) après 8 jours de traitement (Belguendouz, *et al.*, 2013).

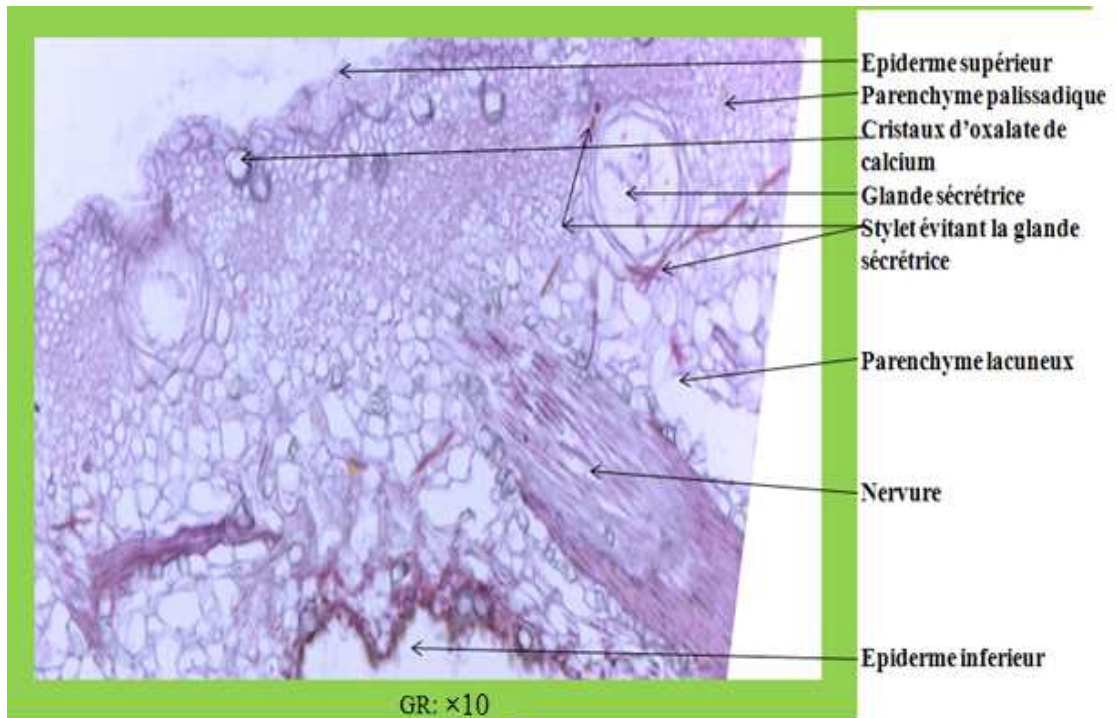


Figure 116: Vue générale sur l'évitement du stylet pour la glande sécrétrice d'huile essentielle

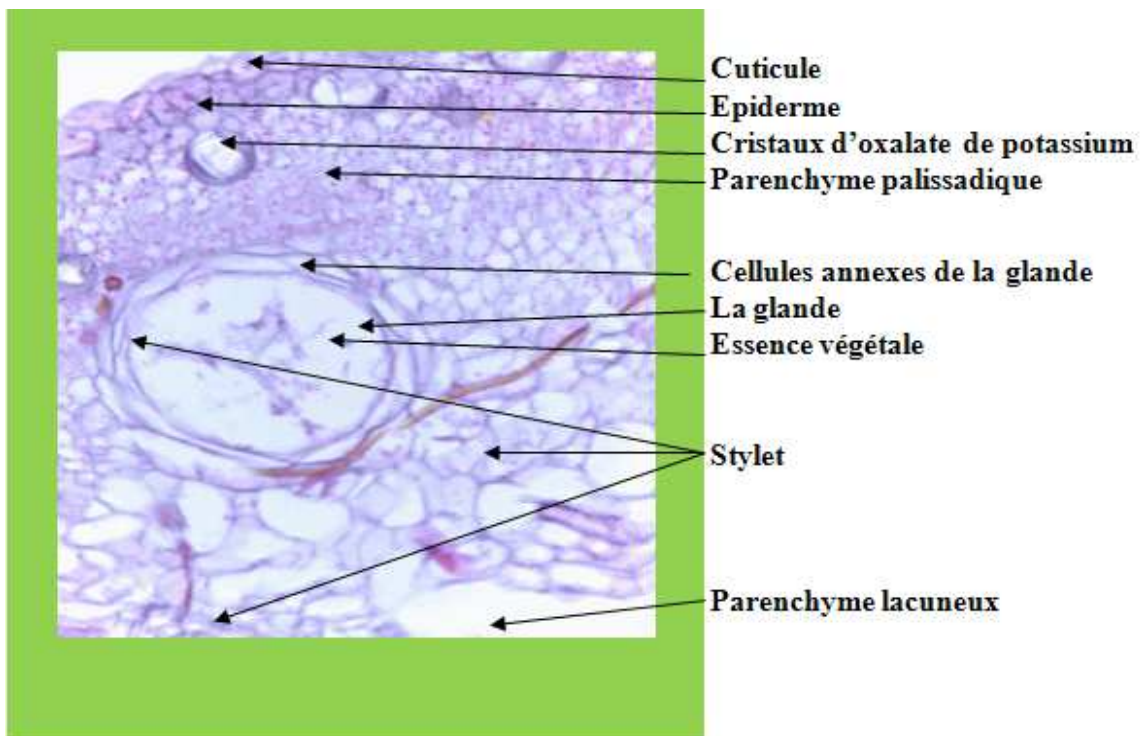


Figure 117: Evitement de la glande sécrétrice d'huile essentielle par le stylet (40×).

1.3.- Conclusion

La cochenille diaspine *P.ziziphi*, semble être du type principalement non phloémophage. Le stylet est long et son cheminement est beaucoup plus intercellulaire, ce qui montre que le liquide intercellulaire est le plus favorisé pour la nutrition pendant une bonne période de sa vie. La sève n'est nécessaire que pendant un stade de développement précis ou de reproduction. L'évitement de stylet pour les glandes sécrétrices de l'huile essentielle montre l'effet toxique de cette essence pour la cochenille. Une étude ultramicroscopique par microscope électronique est nécessaire pour avoir plus de précisions sur le type de nutrition et la relation physique de cette cochenille avec sa plante hôte.

2.- Relation chimique plante hôte-diaspine

2.1.- Matériel et méthodes

L'aptitude des plantes à absorber et à utiliser les éléments minéraux se reflète dans leurs teneurs en ces éléments et dans l'équilibre nutritif, sur lesquels d'utiles informations peuvent être recueillies par l'intermédiaire du diagnostic chimique de certains tissus (Martin-Prevel *et al.*, 1984). Dans cette optique, nous avons choisi les feuilles de clémentinier et de citronnier infestées par la cochenille *P.ziziphi*.

2.1.1.- Préparation des poudres végétales

Les échantillons de feuilles infestées prélevées durant la période de notre étude (septembre 2009 - septembre 2010), ont été le support de suivi de la dynamique des populations de *P.ziziphi*, utilisés par la suite pour le dosage du taux des éléments chimiques et biochimiques, afin de suivre la variation de ces dernières en fonction des abondances des infestations. Ces feuilles ont subi un :

Nettoyage: Après le comptage et la classification de tous les individus, de *P.ziziphi*, un lavage préalable des feuilles est nécessaire, afin d'éliminer les cochenilles et tous les traces de la fumagine et de la poussière.

Séchage et broyage: Les feuilles sont séchées à l'air libre pendant quinze jours, pour éviter les altérations par l'activité enzymatique interne ou les pertes par volatilisation. Il est recommandé en général de faire passer l'échantillon d'abord dans une étuve réglée à 70°C pendant une heure, ensuite les étaler sur un papier et les mettre dans un endroit à l'abri de la lumière.

Les échantillons végétaux secs, sont rapidement broyés et homogénéisés à l'aide d'un broyeur électrique pendant 3 minutes. Le broyeur est immédiatement nettoyé avant d'entamer le broyage de l'échantillon suivant pour empêcher un éventuel mélange entre les échantillons se répercutant sur les résultats.

Après quoi, la poudre végétale est récupérée, tamisée pour homogénéiser la structure granulométrique, et conservée dans des sachets en papier afin de la protéger des effets de l'humidité, tel que l'installation des champignons, jusqu'au dosage.

2.1.2.- Dosage de la fraction minérale

La minéralisation de la poudre végétale obtenue a été réalisée par la méthode préconisée par le comité inter-instituts d'études des techniques analytiques du diagnostic foliaires (C.I.I.A.F.) en 1959, citée par Martin-Prevel et *al.*, (1984) et la méthode de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu par absorption atomique (Pinta, 1973). (Annexe II).

La solution obtenue a servi pour le dosage de:

-Sodium (Na), potassium (K) par spectrophotométrie d'émission de flamme.

-Calcium (Ca), magnésium (Mg) et les oligo-éléments: Fer (Fe), et cuivre (Cu) par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Pour doser la teneur de ces éléments dans l'échantillon, une fiche technique est dressée à l'annexe comportant les réactifs, le mode opératoire et la gamme d'étalonnage de chaque élément considéré (Annexe II).

2.1.3.- Dosage de la fraction organique

L'avantage de cette approche, tient au fait que les teneurs en protéines dans les feuilles et leur propriété nutritionnelle, sont intéressantes.

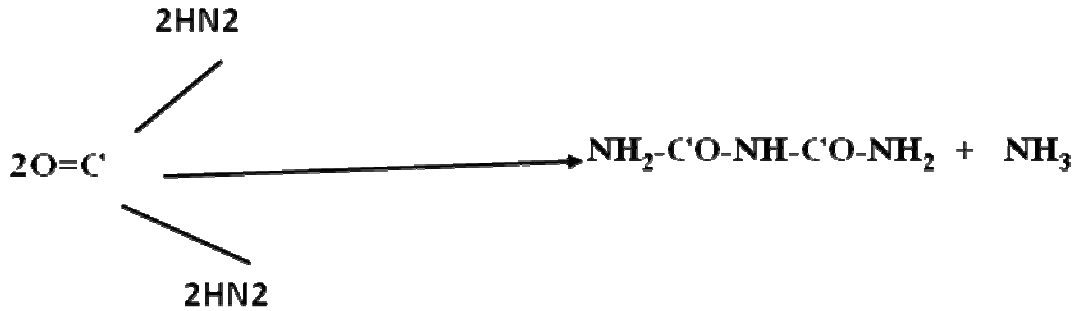
Les méthodes de dosage des protéines peuvent nous donner l'accès à leurs teneurs et à l'étude de leurs propriétés biochimiques en tant que substance attractive, anti-nutritionnelle, ou encore anti-appétante.

L'intérêt des protéines hydrosolubles est aussi primordial que les éléments minéraux dans la dynamique des populations, particulièrement quand il s'agit de l'attraction et l'installation des consommateurs primaires. Ces dosages, permettent d'affiner les connaissances sur les caractéristiques du limbe et de préciser les relations entre l'exploitation sélective et l'évolution de la cochenille.

2.1.3.1 Les protéines totales hydrosolubles

- Principe.

La Biuret résulte de la condensation de 2 molécules d'urée avec départ d'ammoniac.



La Biuret réagit en milieu alcalin avec le CuSO_4 en donnant une coloration

violette dont le maximum d'absorption est à 540 nm. Par suite de leur analogie de structure avec la Biuret, les peptides et les protéines donnent la même réaction. La zone d'utilisation est de 1 à 20 mg/ml.

- Préparation de la courbe d'étalon d'ovalbumine: (Voir annexe III, Tab. 25, Fig. 118).

2.1.3.2.- Les acides aminés

- Mode opératoire

Le réactif utilisé contient deux produits hautement toxiques qui sont: 1- La ninhydrine:R22-36/37/38 et 2-La méthylcellosolve (éthylène mono éthyle éther).

-Préparation de la gamme étalon de Ninhydrine (Voir annexe III, Tab. 26, Fig. 119)

- Traitement des échantillons

Les prises d'essais de 0,2 ml pour les extraits de feuilles sains et 0,2 ml pour les feuilles infectées, ont subi les mêmes étapes que la gamme étalon.

2.1.4.-Dosage des composés polyphénoliques

2.1.4.1 – Dosages des polyphénols totaux

- Méthode d'extraction et dosage des polyphénols

❖ Extraction (Fig. 120a et 120c) :

a- La macération:

La poudre (2 gr) de feuilles est macérée dans un solvant alcoolique « Ethanol (CH₃OH) 40ml à 96% » pendant 24 h à température ambiante, à l'obscurité et sous agitation continue.

b - La pigmentation:

Les extraits alcooliques obtenus sont filtrés, subissent une évaporation sous vide avec un Rotavapor à une température de 40°C. La phase aqueuse obtenue est lavée une ou plusieurs fois dans une ampoule à décanter avec un demi-volume de l'hexane, afin d'éliminer toute trace de composés apolaires (pigments, lipides, etc...).

c. La purification

La phase aqueuse ainsi obtenue est ensuite lavée une ou plusieurs fois avec un volume égale au volume de l'extrait, d'acétate d'éthyle. L'addition d'un mélange de deux solutions aqueuses (4 ml) : sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 20 % (m/v) et l'acide orthophosphorique H_3PO_4 2% (m/v), facilite le passage des composés phénoliques de la phase aqueuse vers le solvant « l'acétate d'éthyle ». La phase organique obtenue est séchée sur sulfate de sodium anhydride Na_2SO_4 pour éliminer toute trace d'eau. Après filtration, le solvant est évaporé sous pression réduite à 60°C . Les extraits phénoliques obtenus sont sous forme d'une poudre ou pflite, de couleur vert clair ou vert foncé suivant les saisons de la plante, ils sont aussi pesés pour calculer le rendement en composés polyphénoliques de chaque plante. Le résidu est repris dans 4 ml d'éthanol pur et conservé à -4°C donnant l'extrait phénolique purifié (Benarous, 2006).

Le rendement en polyphénols totaux est calculé par l'équation suivante :

$$\text{Rdt} = \left(\frac{m}{\text{Ps}} \right) \times 100\%$$

Rdt: Le rendement %
m: la masse d'extrait végétal (g)
ps: prise d'essai (poudre) (g)

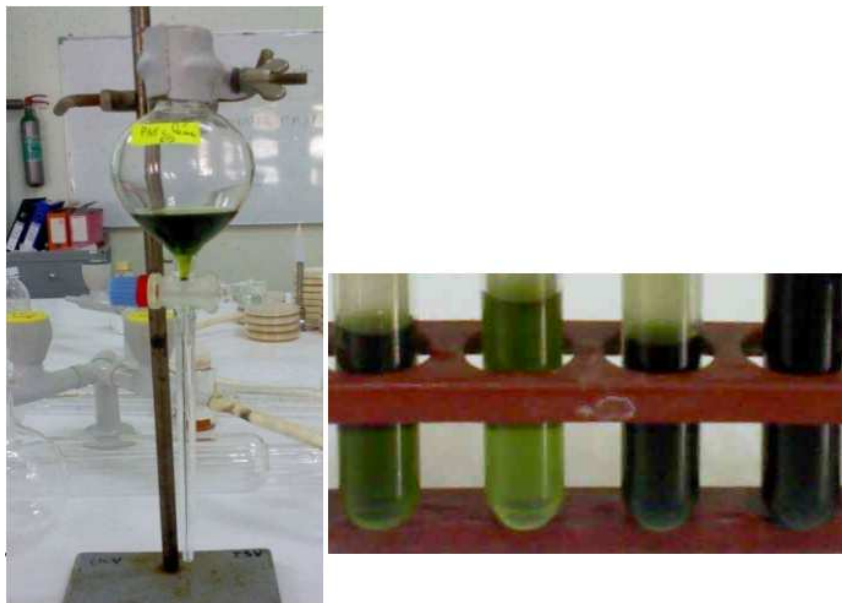


Figure 120a : Extraits polyphénoliques de feuilles d'agrumes.

❖ Dosage

L'estimation de la teneur en composés phénoliques totaux a été réalisée par la méthode de Folin- Ciocalteu (Waterman et Mole, 1994, cité par Mansouri, 2005).

-.Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{HPW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) (Ribereau-Gayon *et al.*, 1976 cité par Benamara *et al.*, 2008).

Ainsi, la quantité de polyphénols pour chaque échantillon est déterminée par la projection de la valeur de la DO à 760 nm sur un courbe étalon d'un polyphénol standard réalisé dans les mêmes conditions (Singleton et Rossi ,1965). Le phénol standard utilisé dans cette méthode est l'acide gallique (Acide 3, 4,5-trihydroxybenzoiique).

- Préparation de la gamme étalon d'acide gallique et de quercitrine (Figure 120_{b1,2}, Tab. 27 : voir annexe IV).

• Traitement des échantillons

L'analyse quantitative des phénols totaux des extraits phénoliques à été réalisée par la même procédure décrite précédemment. La teneur en composés phénoliques de chaque extrait a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage, et exprimée en milligrammes par 100 grammes de la matière sèche équivalent en acide gallique dans l'équation suivante :

C: polyphénols (mg équivalent acide gallique /100g d'extrait).
c : concentration d'acide gallique (mg/ml).
v : volume de l'extrait (ml).
m : masse de l'extrait pur de plante (g).

2.1.4.2 - Dosage des flavonoïdes totaux

L'extrait est concentré au rotavapor à 40°C sous une pression réduite. Le résidu est repris avec de l'eau bouillante, dégraissé avec l'éther de pétrole, puis successivement épuisé avec l'éther diéthylique (4×150 ml), l'acétate d'éthyle (5×150 ml) et le butanol (4×150 ml). La figure ci-dessous résume les différentes étapes de cette extraction par les solvants organiques (Anonyme, 2002). (Fig. 121, annexe IV).

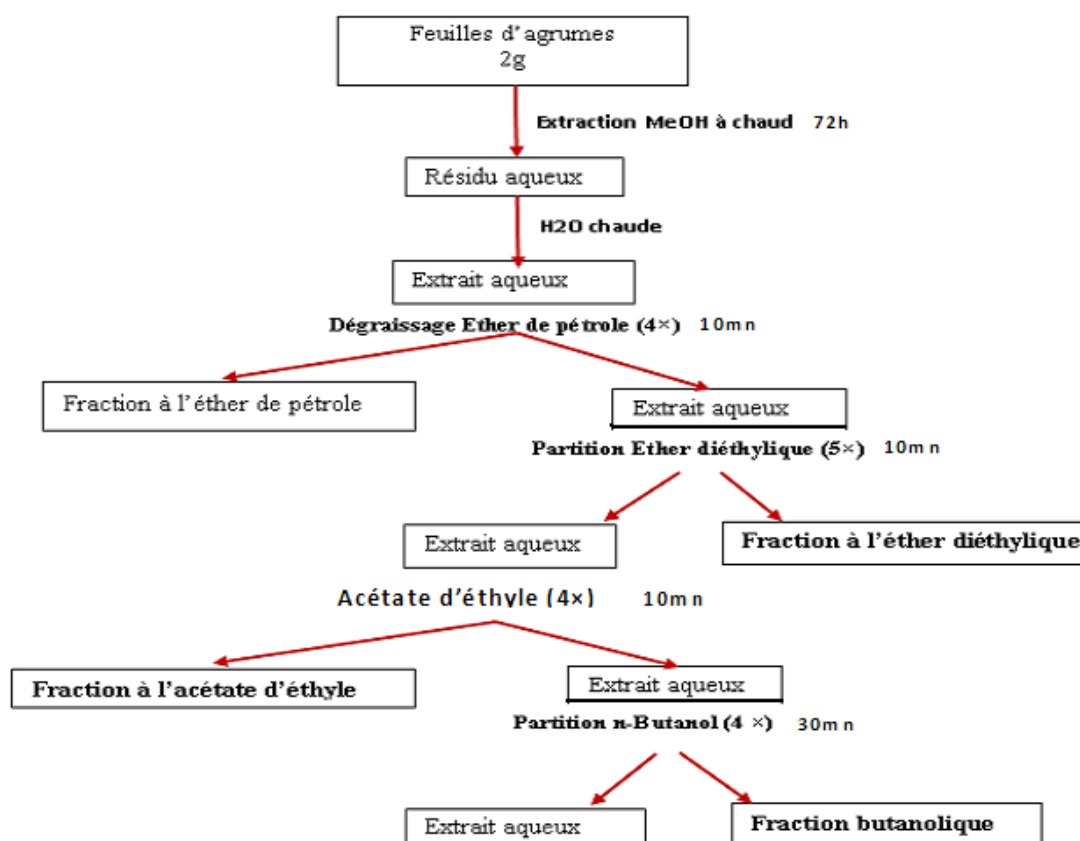


Figure 121: Méthode d'extraction des flavonoïdes

❖ **Dosage**

Le dosage spectrophotométrique des flavonoïdes a été effectué suivant la méthode de Dowd adaptée par Arvouet-Grand *et al.*, (1994). Elle se base sur les propriétés chélatrices de l'ion aluminium. 2 ml d'une solution d'extrait à 1 mg/ml sont ajoutés à 2 ml d'une solution méthanolique de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) (2%). Le blanc est préparé comme précédemment en remplaçant le trichlorure d'aluminium par du méthanol. L'absorbance est lue à 430 nm après 10 minutes d'incubation. La quantité de flavonoïdes totaux, exprimée en g équivalents quercitine pour 1 kg d'extrait, a été estimée à partir d'une droite d'étalonnage tracée avec la Quercitine (Bahorun, 1996).

DO=f(C), nous permet d'obtenir l'équation de la courbe d'étalonnage suivante (0-25 µg/ml): DO = 0.0849 x -0.244 (Fig. 120_{b2}Annexe IV). Pour calculer la concentration des flavonoïdes dans chaque extrait en utilisant l'équation suivante :

$$T = \frac{C \times V \times D}{m}$$

T : teneur en flavonoïdes en mg EQ/g
C : concentration
V : volume d'extrait
D : facteur de dilution
m : masse d'extrait

2.2.- Résultats et discussion**2.2.1 - Fluctuations des populations de *P. ziziphi* selon les taux d'éléments minéraux dans les feuilles.**

Le régime alimentaire des Homoptères est spécifique, ils se nourrissent essentiellement de la sève des végétaux. Ces insectes phytophages n'ont pas tous le même type de relation avec leurs plantes hôtes. Certains insectes sont polyphages, d'autres oligophages ou monophages. La monophagie, des cochenilles diaspines par exemple, est due au développement graduel de mutations restrictives et d'adaptations étroites avec leurs plantes hôtes (Jolivet, 1992). Les Diaspididae sont caractérisées par leur fixation sur un organe de leur plantes hôtes, durant toute leur vie et à partir du premier stade larvaire fixé, telle que l'espèce *P.ziziphi* spécifique aux agrumes.

Pour cela, certaines questions s'imposent, notamment, quelles sont les raisons qui font que cet insecte, de génération en génération, est capable de reconnaître une espèce de plantes en particulier et, en plus, de déterminer avec précision le contenu nutritif de celle-ci

pour sa propre survie et celle de sa progéniture ? Pourquoi un insecte est-il spécifique à une espèce de plante ?

Afin de comprendre ce comportement, un choix de quelques paramètres chimiques à étudier, est effectué sur la base de la disponibilité des moyens et matériel:

2.2.1.1 - Potassium (K)

Les résultats de l'analyse statistique des fluctuations du taux des éléments minéraux en parallèle avec les abondances de *P. ziziphi* sur clémentinier et citronnier, sont consignés dans les tableaux 27, 28, 29 et 30.

Tableau 28: Résultats de l'analyse de variance: Potassium (K).

	S.C.E.	DDL	Carrés moyens	Test F	Prob.	ET	C.V.
Var. totale	10.79	55	0.2				
Var Facteur 1(temps)	10.29		1.71	34285.09	0.0000		
Var Facteur 2(var)	0.03	1	0.30	622.22	0.0000		
Var Facteur 3(âge)	0.02	1	0.02	386.20	0.0000		
Var inter F1*F2	0.37	6	0.06	1249.64	0.0000		
Var inter F1*F3	0.04	6	0.01	122.97	0.0000		
Var inter F2*F3	0.01	1	0.01	228.69	0.0000		
Var inter F1*F2*F3	0.03	6	0.0	84.55	0.0000		
Var résiduelle 1	0.00	28	0.00				
						0.01	0.3

Tableau 29: Classement des moyennes pour le facteur 1: **Temps**

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
6	Mai	2.91	A
7	Juin	2.77	B
5	Avril	2.47	C
3	Février	2.15	D
2	Janvier	2.02	E
1	Décembre	1.98	F
4	Mars	1.62	G

Tableau 30: Classement des moyennes pour le facteur 2: **Variété**

2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
	Citronnier.	2.30	A
	Clémentinier	2.25	B

Tableau 31: Classement des moyennes pour le facteur 3: **Age**

2 ^F	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
1	Age 1	2.29	A
2	Age2	2.25	B

Le tableau de l'analyse de variance révèle des différences très hautement significatives pour les facteurs: **Temps**, **Variété** et **Age** et pour une probabilité inférieure à 0,05.

- Pour le facteur 1 (**Temps**): D'après les résultats recueillis dans le tableau 28, nous notons sept groupes homogènes dont le taux du potassium le plus élevé est représenté durant la pleine saison printanière qui renferme le mois d'avril (2,47 %) suivi par le mois de mai (2,91%) et le mois de Juin (2,77 %) de matière sèche. Les taux les plus faibles sont enregistrés durant les mois les plus froids de l'année (décembre-mars).

- Pour le facteur 2 (**Variété**): Concernant les variétés, nous remarquons clairement que le taux du potassium est nettement supérieur sur le citronnier que sur le clémentinier.

- Pour le facteur 3 (**Age**): Pour le troisième facteur le test de Newman et Keuls démontre que le potassium est en concentration supérieure dans les jeunes feuilles (2,29 %) que dans les feuilles âgées (2,25%).

Discussion

D'après la superposition de la courbe du degré d'infestation de la cochenille à celle de la concentration du potassium (Fig.123, 124) on peut constater que le potassium agit inversement sur la pullulation de *P.ziziphi* sur les deux variétés quelque soit l'âge des feuilles. Il semble jouer un rôle limitateur de la pullulation de cette cochenille. En effet, Chaboussou (1975) a montré que les engrais potassiques entraînent d'importantes régressions des attaques de cochenilles sur les *Citrus*. Une nutrition optimale en potassium correspond aux teneurs les plus faibles en acides aminés libres. Or, un tel enrichissement de la sève élaborée en acides aminés libres, en glucides solubles, provoque un état biochimique de la plante éminemment favorable à la multiplication des insectes opophages, notamment les pucerons, les cicadelles, les acariens et principalement les cochenilles. Ce même auteur affirme que les ravageurs ont des besoins communs en substances solubles : Tout facteur susceptible de stimuler la protéogénèse, au lieu de l'annihiler ou de la supprimer comme font certains pesticides, pourrait être à même de renforcer la résistance de la plante. Etant donné que, le potassium est le cation majoritaire inorganique de cytoplasme végétal et animal. Il est Chaotropique par sa petite taille (champs électrique plus fort à sa surface). Les cations K^+ assurent la neutralité électrique des biomolécules négatives par l'abondance d'oxygène, impliqué dans les fonctions cellulaires essentielles (control électriques de la membrane plasmique et du potentiel osmotique intracellulaire) (Clarkson et Hanson, 1980), le control de la pression de turgescence (Walker *et la.*, 1996), ainsi que son rôle important direct ou indirect dans la régulation d'activités enzymatiques, la synthèse des protéines, la photosynthèse et l'Homéostasie du pH cytoplasmique. Ces fonctions sont essentielles au niveau de la plante entière, comme par exemple, l'ascension de la sève xylémienne par poussée racinaires. Les

carences provoquent la perturbation des flux de sève et la diminution de la vitesse de la sève phloémienne (Marschner *et al.*, 1996).

Sur la base de ces résultats, nous pouvons dire que la recherche d'une nutrition optimale des *Citrus* en potassium, serait doublement bénéfique, d'une part en assurant à la plante une croissance normale et une meilleure récolte, et d'autre part en provoquant une réduction dans la multiplication de cette cochenille.

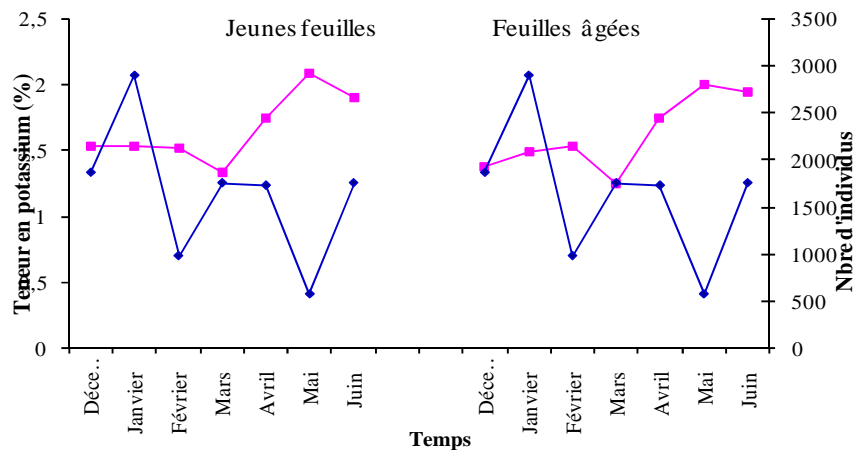


Figure 122 : Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction des taux du potassium sur le citronnier.

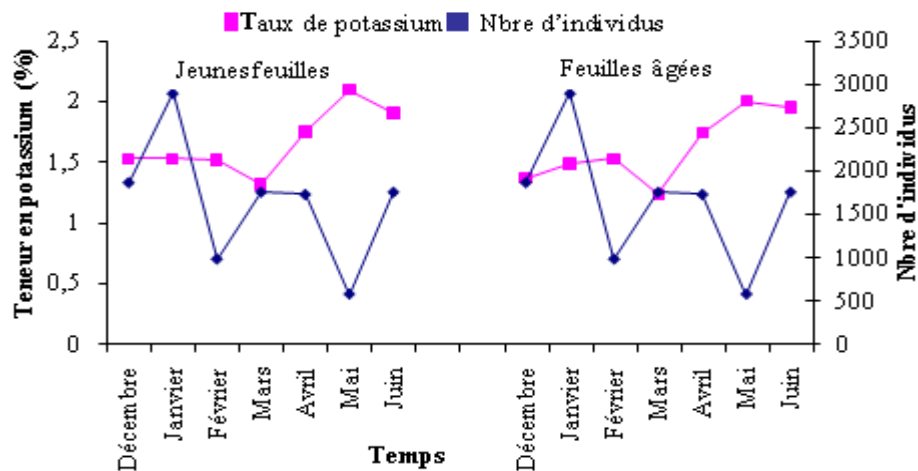


Figure 123: Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction des taux du potassium sur le clémentinier.

2.2.1.2 - Sodium (Na)

Tableau 32: Analyse de variance: **Sodium**

	S.C.E.	DDL	Carrés moyens	Test F	Prob.	ET	C.V.
Var.totale	0.23	55	0.00				
Var. Facteur 1	0.18	6	0.00	532.63	0.0000		
Var. Facteur 2	0.01	1	0.02	90.61	0.0000		
Var .Facteur 3	0.00	1	0.00	0.03	0.8542		
Var .inter F1*F2	0.04	6	0.01	124.33	0.0000		
Var. inter F1*F3	0.00	6	0.00	7.26	0.0001		
Var. inter F2*F3	0.00	1	0.00	23.52	0.0001		
Var. inter F1*F2*F3	0.00	6	0.00	12.38	0.0000		
Var. résiduelle	0.00	28	0.00				
						0.01	0.7 %

Tableau 33: Classement des moyennes pour le facteur 1 : **Temps**

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
6	Mai	1.19	A
7	Juin	1.15	B
3	Février	1.07	C
5	Avril	1.07	C
1	Décembre	1.06	D
4	Mars	1.05	E
2	Janvier	1.01	F

Tableau 34: Classement des moyennes pour le facteur 2 : **Variété**

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
2	Clémentinier	1.10	A
1	Citronnier.	1.08	B

L'analyse de variance révèle que la différence est très hautement significative pour les facteurs : 1 (Temps), 2 (variété), 3(âge), et l'interaction entre eux (1,2), (1,3), (2,3), (1,2,3), mais non significative pour l'âge des feuilles (Tab. 32, 33 et 34).

- pour le facteur 1 (**Temps**): d'après les résultats reportés dans le tableau n°32, nous remarquons que durant la saison printanière le taux du Sodium (Na) est le plus élevé comparativement à la saison hivernale où les taux sont les plus faibles.

- pour le facteur 2(**Variété**) : Le test de Newman et Keuls nous montre que le taux de la concentration du sodium est plus élevé chez le clémentinier (1,10 %) que sur le citronnier (1,08 %). La superposition des courbes des taux du sodium (Na) et la pullulation de *P ziziphi* montre que le sodium influe inversement sur cette diaspine quelque soit l'âge des feuilles comme nous l'avons souligné pour le Potassium (Fig. 124 et 125).

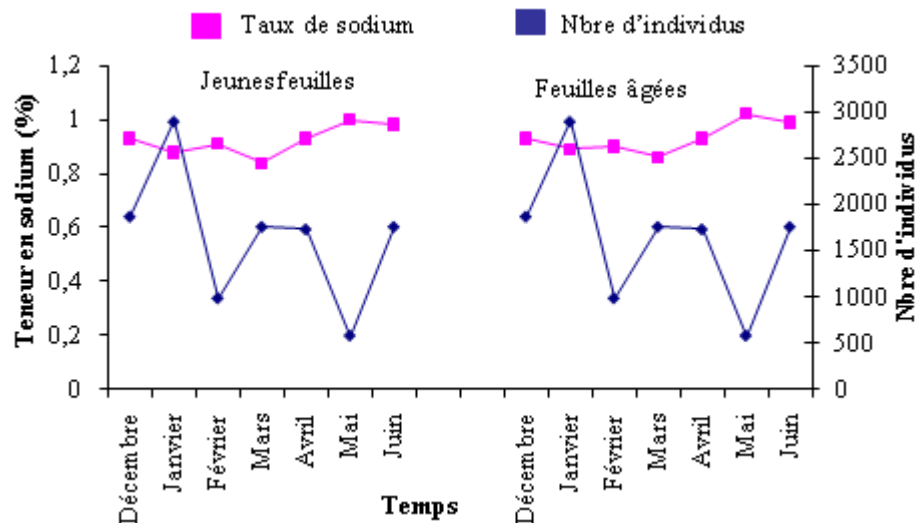


Figure 124 : Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction des taux du sodium sur le citronnier.

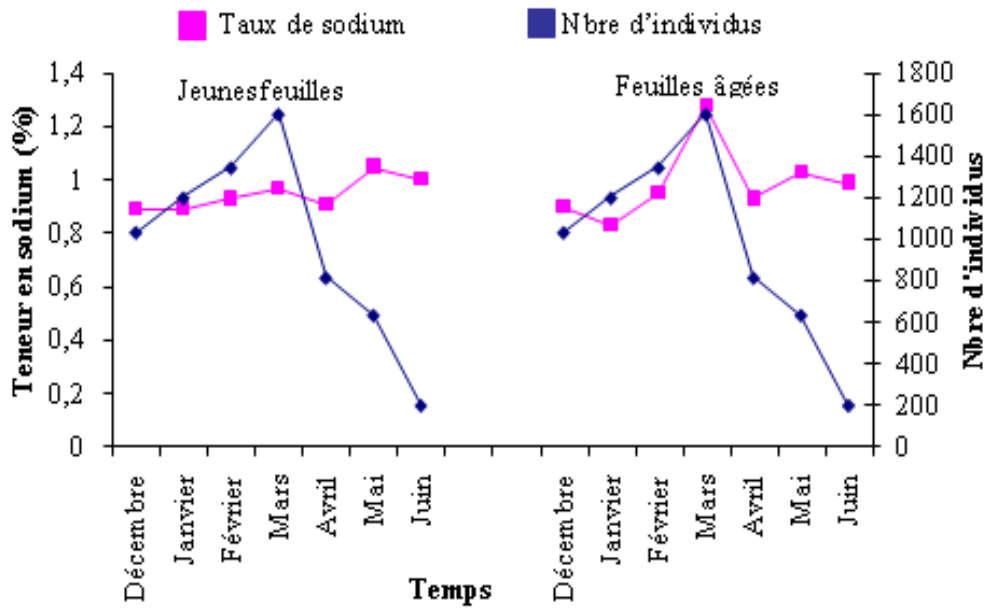


Figure 125 : Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction des taux du sodium sur le clémentinier

Discussion

Martin Prevel *et al* (1984) ont signalé que le sodium n'est indispensable à aucune plante cultivée mais il peut remplacer le potassium (K) en défaut dans ses rôles généraux car les propriétés de son atome sont très voisines de celle du potassium.

2.2.1.3 - Calcium (Ca)

Tableau 35: Analyse de variance: **Calcium**

	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Var. Totale	7.89	55	0.14				
Var. Facteur 1	6.38	6	1.06	2874.93	0.0000		
Var. Facteur 2	0.17	1	0.17	449.38	0.0000		
Var. Facteur 3	0.01	1	0.01	24.33	0.0000		
Var. Inter F1*2	0.56	6	0.09	251.13	0.0000		
Var. Inter F1*3	0.27	6	0.05	123.04	0.0000		
Var. Inter F2*3	0.01	1	0.01	38.32	0.0000		
Var. Inter F1*2*3	0.48	6	0.08	217.96	0.0000		
Var. Résiduelle	0.01	28	0.00				
						0.02	0.3%

Tableau 36: Classement des moyennes pour le facteur 1 : **Temps**

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGENES
1	Décembre	7.38	A
2	Janvier	7.38	A
3	Février	7.28	B
5	Avril	7.16	C
4	Mars	6.84	D
6	Mai	6.59	E
7	Juin		F

Tableau 37: Classement des moyennes pour le facteur 2 : **Variété**

2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGÈNES
	Clémentinier	7.08	A
	Citronnier.	6.97	B

Tableau 38 : Classement des moyennes pour le facteur 3 : **Age**

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGÈNES
1	Age 1	7.03	A
2	Age 2	7.01	B

Les tableaux de l'analyse de variance n°35, 36, 37 et 38 montrent des différences très hautement significatives pour tous les facteurs étudiés : temps, variété et âge ($P=0.000<0.05$).

Le tableau 35 nous montre la présence de six groupes homogènes. Inversement au Potassium et au Sodium, les taux les plus élevés sont enregistrés durant la période la plus froide de l'année à savoir entre décembre (7,38 %) et février (7,28 %). Les taux les plus faibles sont notés durant la période printanière. Le Clémentinier reste la plante où le Calcium est le plus élevé (7,08 %) par rapport au Citronnier (6,97 %) (Tab.37). Pour le troisième facteur, le test de Newman et Keuls démontre que la concentration du Calcium est élevée dans les feuilles âgées (7,03 %) que dans les jeunes feuilles (7,01 %) (Tab. 38).

Discussion

Le tableau de l'analyse de variance nous montre bien que les mois de décembre et janvier présentent les taux les plus élevés de calcium, qui correspondent à une pullulation importante de cette cochenille. Le mois de juin présente le taux le plus faible du Calcium et correspond au degré d'infestation le plus bas, on peut déduire qu'il existe une synchronisation entre le taux du Calcium et l'abondance des populations de *P.ziziphi* pour les deux variétés

des jeunes feuilles et des âgées. Ce phénomène a été observé par Chaboussou (1975), qui a mentionné qu'une certaine prédominance du calcium et du magnésium par rapport au potassium, entraîne des répercussions défavorables en favorisant la multiplication de *A.aurantii* sur *Citrus*. Un bas niveau de Calcium, Steyn enregistre un accroissement significatif de la période du cycle évolutif : de larve à larve. Les basses concentrations de Ca et de Mg dans les feuilles et les hauts niveaux de K restreignent donc le nombre de générations annuelles de cette cochenille. Ce phénomène est aussi observé chez *L. beckii*, lorsqu'un traitement du sol par CaCO_3 a donné le triple de population sur mandarinier, inversement, la réduction de presque la moitié par les traitements " potassiques" (Sidi-Bouknadel, 1971 in Chaboussou, 1975). Un même résultat a été observé chez *Saissetia oleae* (Chaboussou, 1975).

Selon Martin-Prevel *et al.* (1984) le Calcium intervient dans la formation des parois cellulaires pectocellulosiques et joue le rôle du béton armé dans les parois végétales, en donnant la résistance aux tissus. Les attaques ne sont possibles que si cette quantité de calcium descend au dessus d'un seuil, du moment que Nadir, (1965) a pu démontrer qu'un apport massif de potassium est susceptible d'entraîner une augmentation de cet élément dans les feuilles et corrélativement une diminution du Calcium. De même Chaboussou (1975) a mentionné que la recherche d'une nutrition optimale des Citrus en potassium serait doublement bénéfique (bonne croissance et diminution de multiplication de cochenilles) tout en augmentant le rapport K/Ca : C'est ce que l'on constate notamment pour la résistance du maïs à l'helminthosporiose où des *Citrus* aux cochenilles.

Vis-à-vis d'autres affections, c'est l'augmentation de la teneur en Calcium qui agit de façon bénéfique en majorant le rapport Ca/K. C'est notamment ce qu'il paraît bien résulter des travaux de Stall *et al* (1965) concernant l'influence favorable des amendements à base de Calcium sur la régression des attaques de *Botrytis* sur tomate (Fig. 126 , 127).

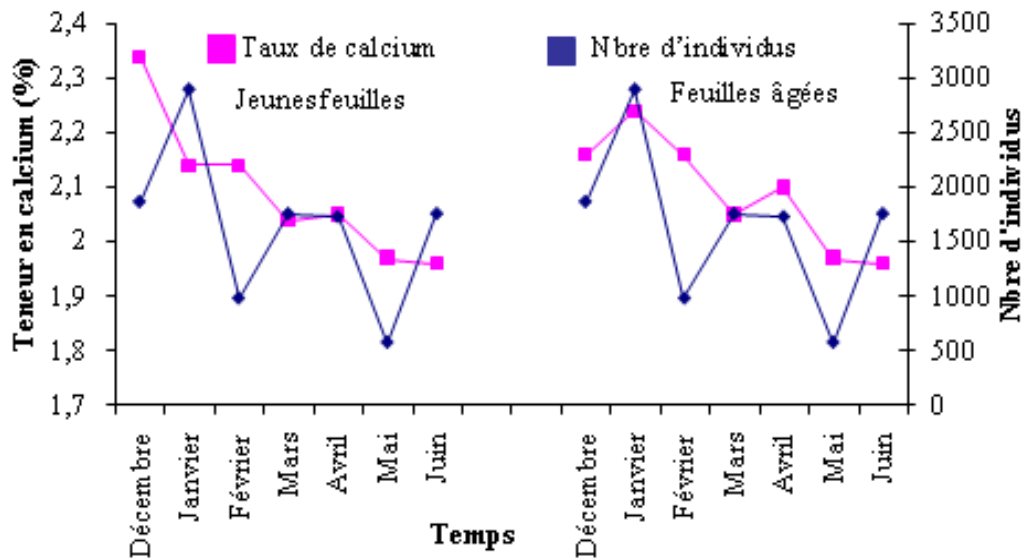


Figure 126: Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux de Calcium sur le citronnier

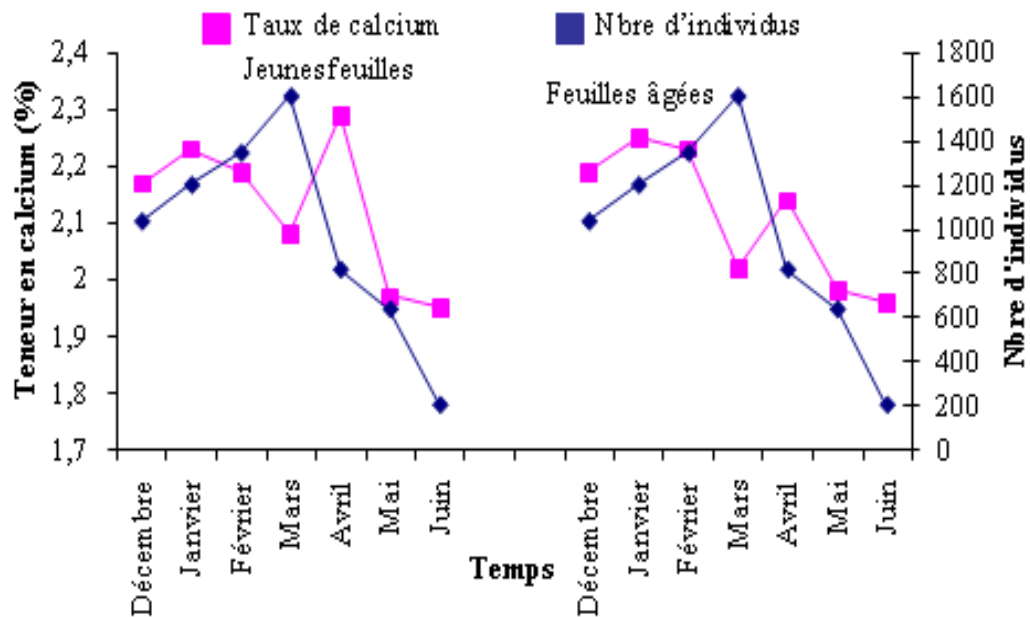


Figure 127: Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux de Calcium sur le clémentinier

2.2.1.4 - Magnésium (Mg)

Tableau 39: Analyse de variance : **Magnésium**

	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	ET	CV
Var. Totale	9.61	55	0.17				
Var. Facteur 1	7.78	6	1.30	12745.66	0.0000		
Var. facteur 2	0.05	1	0.05	501.11	0.0000		
Var. facteur 3	0.01	1	0.01	61.04	0.0000		
Var. Inter F1*2	0.97	6	0.16	1593.47	0.0000		
Var. Inter F1*3	0.52	6	0.09	846.51	0.0000		
Var. Inter F2*3	0.01	1	0.01	53.11	0.0000		
Var.Inter 1*2*3	0.27	6	0.05	446.11	0.0000		
Var.Résiduelle 1	0.00	28	0.00				
						0.01	1.3%

Tableau 40: Classement des moyennes pour le facteur 1 : **Temps**

F1	LIBEL LES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
6	Mai	1.26	A
5	Avril	1.12	B
7	Juin	1.07	C
1	Décembre	0.69	D
4	Mars	0.61	E
3	Février	0.36	F
2	Janvier	0.20	G

Tableau 41 : Classement des moyennes pour le facteur 2 : **Variété**

F1	LIBELLES	MOYENNE S	GROUPES HOMOGENES
1	Citronnier	0.79	A
2	Clémentinier	0.73	B

Tableau 42 : Classement des moyennes pour le facteur 3 : **Age**

F3	LIBELLES	MOYENNE S	GROUPES HOMOGENES
2	Age 2	0.77	A
1	Age 1	0.75	B

L'analyse de variance révèle des différences très hautement significatives pour les facteurs : temps, variétés, âge et leurs interactions ($p < 0.05$) (Tab. 39).

- Pour le facteur **Temps** : d'après les résultats recueillis dans le tableau 40, nous remarquons que la période printanière est la saison où le taux de Magnésium est le plus élevé. Il varie entre 1,26 % au mois de mai et 1,07 % au mois de juin. Les concentrations les plus faibles sont notées durant les mois les plus froids de l'année.

- Pour le facteur **Variété** : le Citronnier reste ici la plante où la concentration du Magnésium est la plus élevée (0.79 %).

- Pour le facteur **Age** des feuilles : C'est toujours les feuilles âgées où la concentration du Magnésium est la plus élevée avec 0,77 % contre 0,75 % pour les jeunes feuilles.

D'après la superposition des graphes (Fig. 128, 129) nous constatons que les populations de la cochenille sont inversement corrélées aux concentrations du Magnésium.

Discussion

Selon Marchal (1980) et Martin Prevel *et al.* (1984), le magnésium est le troisième cation majeur : il rentre dans la constitution de la chlorophylle, et intervient comme cofacteur indispensable dans un grand nombre de réactions enzymatiques spécifiques. Cet élément favorise la synthèse des protéines, des sucres et des lipides, régularise la réduction des nitrates et influence l'absorption et la translocation des phosphates.

Par ailleurs, diverses observations et expérimentations paraissent bien montrer que certains éléments minéraux n'agissent pas seuls, mais interviennent dans l'équilibre cationique $K/Ca + Mg$, et dans l'exercice des rôles propres du potassium et du calcium. Selon Chaboussou (1975), les basses concentrations de Mg dans les feuilles des agrumes accompagnées de hauts niveaux de K restreignent donc le nombre de générations annuelles de *A.aurantii*.

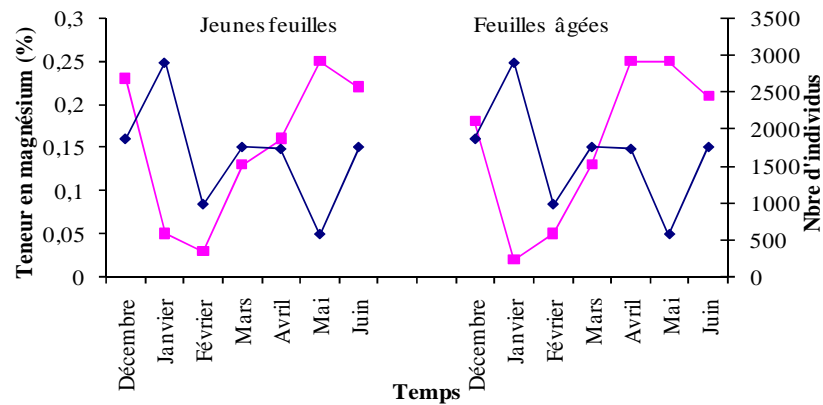


Figure 128: Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux de magnésium sur le citronnier

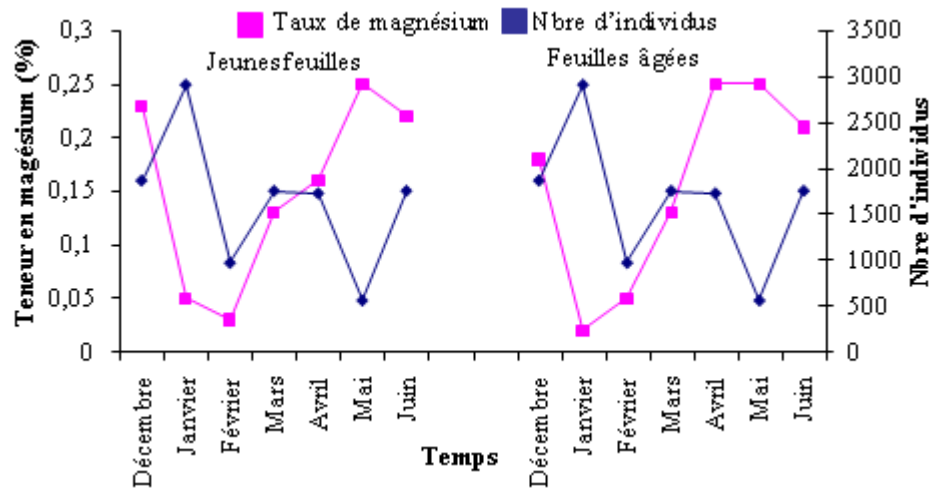


Figure 129: Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux de magnésium sur le clémentinier

2.2.1.5 - Le fer

Tableau 43 : Analyse de variance : Fer

	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Var .totale	0.10	55	0.00				
Var . Facteur 1 (t)	0.07	6	0.01	229.28	0.0000		
Var . Facteur 2 (v)	0.00	1	0.00	32.14	0.0000		
Var . Facteur 3 (a)	0.00	1	0.00	7.00	0.0127		
Var .inter f1*2	0.01	6	0.00	26.81	0.0000		
Var .inter f1*3	0.01	6	0.00	27.67	0.0000		
Var .inter f2*3	0.00	1	0.00	89.29	0.0000		
Var .inter f1*2*3	0.01	6	0.00	19.29	0.0000		
Var . Residuelle 1	0.00	28	0.00			0.01	1.8%

Tableau 44: Classement des moyennes pour le facteur 1 : Temps

F 1	LIBELLES	MOYENN E	GROUPES HOMOGENES
6	Mai	0.47	A
3	Fev	0.41	B
7	Jui	0.41	B
5	Avr	0.39	C
2	Jan	0.37	D
1	Dec	0.36	D
4	Mar	0.36	D

Tableau 45 : Classement des moyennes pour le facteur 2 : Variété

F1	LIBELLES	MOYENNE	GROUPES HOMOGENES
		S	
1	Citronnier	0.40	A
2	Clémentinier	0.39	B

L'analyse de variance (Tab. 43) révèle une différence très hautement significative pour le facteur temps et le facteur variété avec une probabilité de ($P= 1/\text{‰}$), alors qu'elle est non significative pour l'âge des feuilles. L'interaction entre le facteur temps, variété et l'âge de feuilles, est hautement significative ($P=1/\text{‰}$).

Le test de Newman et Keuls montre que c'est, durant les périodes les plus froides de l'année, que la concentration du Fer est la plus faible: 0,36 ppm pour le mois de décembre et 0,37 ppm pour le mois de janvier. Les plus fortes concentrations sont relevées au printemps notamment durant le mois de mai (0,47 ppm). Par ailleurs, le Citronnier demeure, pour cet élément aussi, la plante où la concentration en Fer est la plus élevée (0,40 ppm) par rapport au Clémentinier (0,39 ppm).

D'après la superposition des courbes du taux de Fer et la pullulation de *P.ziziphi* pour les deux variétés, il apparaît nettement que le Fer n'influe pas sur l'évolution des populations de cette diaspine (Fig. 130 et 131).

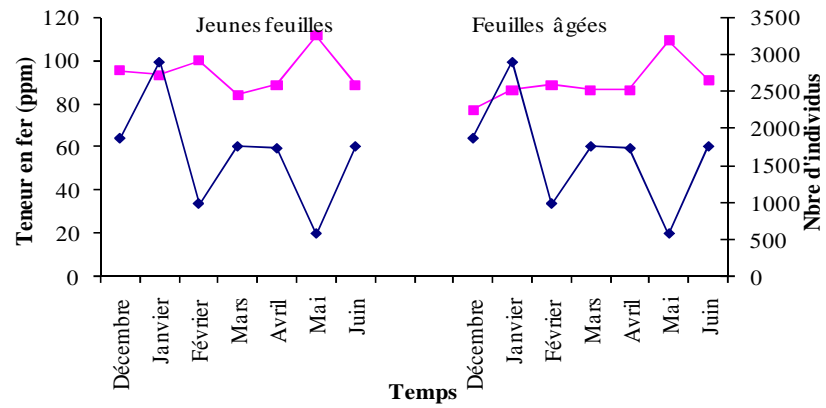


Figure 130: Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux du fer sur le citronnier

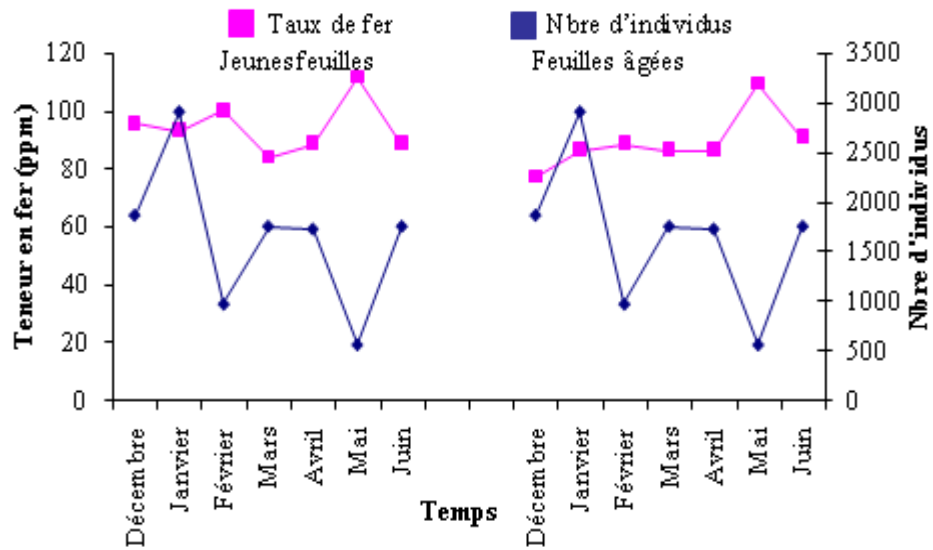


Figure 131: Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux du fer sur le clémentinier

2.2.1.6 - Cuivre (Cu)

Tableau 46 : Analyse de variance : **Cuivre**

	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROB A	E.T	C.V
Var . Facteur 1 (t)	1389.05	55	25.26				
Var . Facteur 2 (v)	152.17	6	25.36	1.00	0.4430		
Var . Facteur 3 (a)	24.90	1	24.90	0.99	0.3307		
Var . Facteur 1 (t)	25.33	1	25.33	1.00	0.3269		
Var .inter f1*2	150.52	6	25.09	0.99	0.4496		
Var .inter f1*3	152.72	6	25.45	1.01	0.4407		
Var .inter f2*3	24.95	1	24.95	0.99	0.3301		
Var .inter f1*2*3	151.21	6	25.20	1.00	0.4468		
Var . Residuelle 1	707.26	28	25.26				
						5.03	471.8 %

D'après le tableau de l'analyse de variance (Tb. 46), la différence est non significative pour le facteur 1 (**Temps**), facteur 2 (**Variété**) et le facteur 3 (**Age**) vu les valeurs de la probabilité obtenus ($P > 0,05$).

Discussion

Les courbes des fluctuations du Cuivre des deux variétés d'agrumes et celle de la pullulation de *P.ziziphi* ne montrent pas une influence bien marquée. Ce qui ne concorde pas avec le travail de Chaboussou (1975), où il a mentionné que la carence notamment du zinc et du fer, favorise la multiplication des cochenilles telle que *Diaspis boisduvali* sur ananas (Fig. 132 et 133).

Les effets bénéfiques indispensables, de divers oligo-éléments pour la résistance de la plante vis-à-vis des maladies ou des insectes favorisent une sécrétion plus abondante de substances protectrices de nature phénolique, qui s'accumulent dans les endroits lésés. Effectivement, si l'attention a été peu attirée jusqu'ici sur ces éventuelles corrélations, un certain nombre de faits paraissent bien confirmer l'influence bénéfique des oligo-éléments sur la santé de la plante (Chaboussou, 1975).

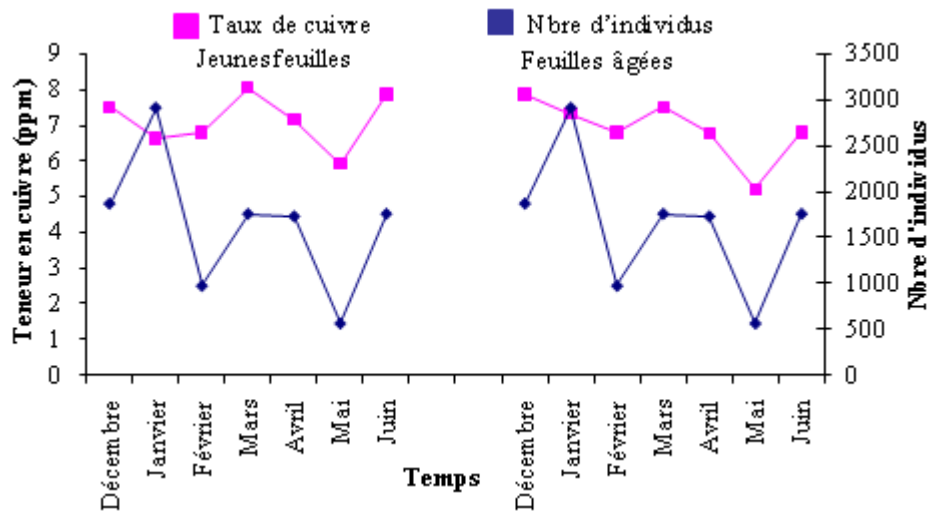


Figure 132: Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux du cuivre sur le citronnier

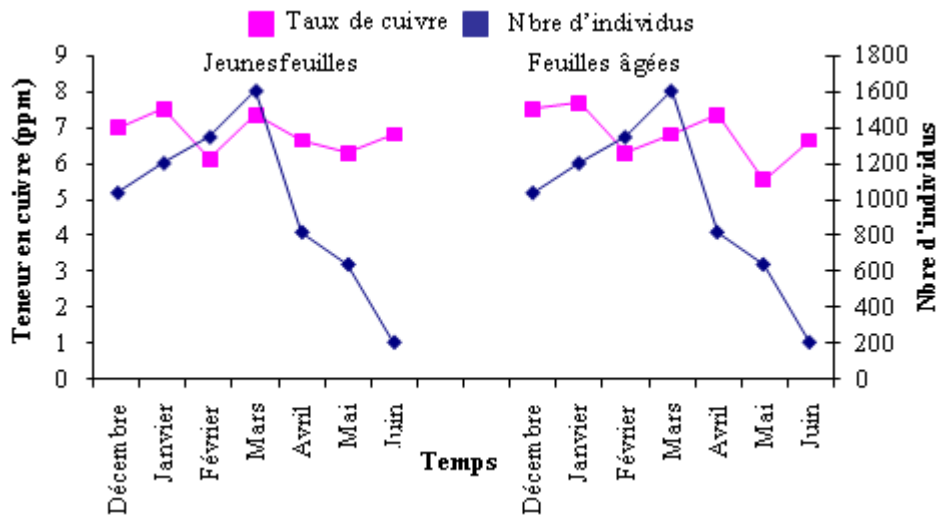


Figure 133: Fluctuations des populations de *P.ziziphi* en fonction du taux du cuivre sur le clémentinier.

2.2.2 - Relation biochimique

2.2.2.1 - Relation avec les protéines totales

D'après le diagramme de la figure 134, nous remarquons clairement que la concentration en protéines hydrosolubles contenues dans les feuilles saines, est très élevée à celle dans les feuilles infestées, avec une concentration de 2,75mg/ml pour les feuilles saines et de 0,62 mg/ml pour les feuilles infestées.

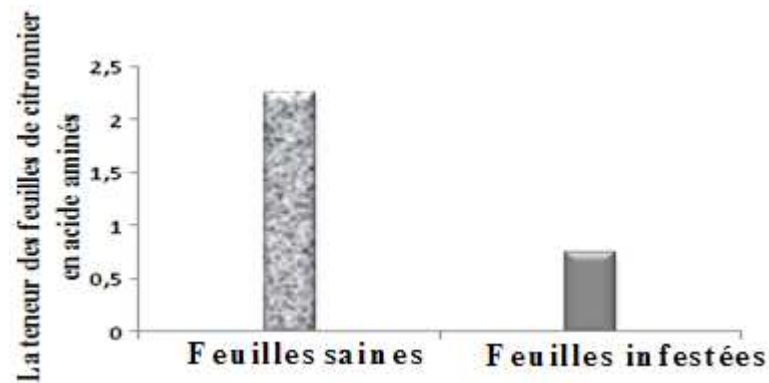


Figure 134: La concentration de protéines dans les feuilles saines et les feuilles infectées du citronnier (*Citrus limon*)

2.2.2.2.- Relation avec les acides aminés

Sur la figure 135, les feuilles saines ont une teneur en acides aminés totaux plus élevée (2,25 mg/ml d'extrait), par rapport aux feuilles infestées par *P. ziziphi* (0,75 mg/ml d'extrait).

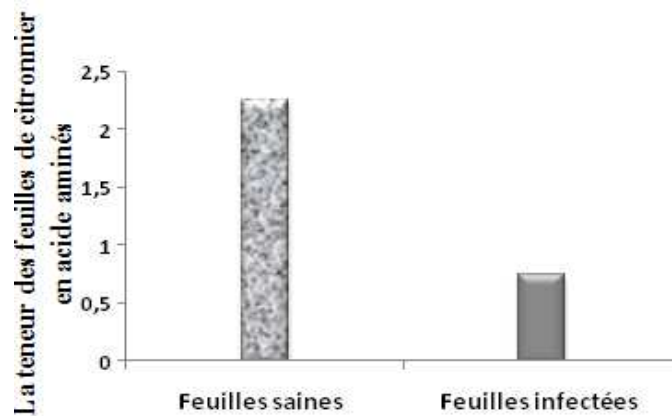


Figure 135: la concentration des acides aminés dans les feuilles saines et les feuilles infectées du citronnier (*Citrus Limon*).

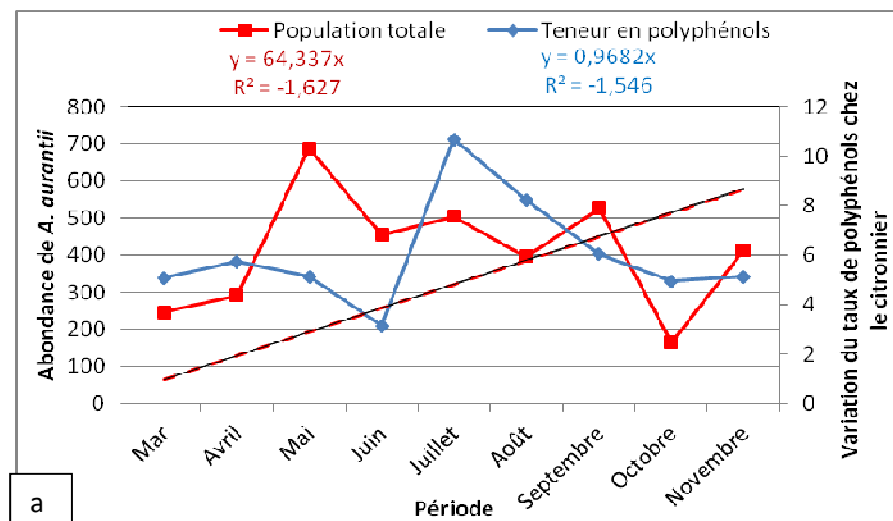
La ressource alimentaire en acides aminés azotés et en lipides se trouve en quantité moindre chez les végétaux que chez les insectes. Cette différence se reflète dans la faible biomasse assimilée et transformée en tissus de croissance des insectes (Strong *et al.*, 1994). Des études ont démontré que seulement 2 à 38 % de la matière végétale ingérée par un insecte est efficacement transformée, ce qui concorde avec nos résultats ou 33,33% de protéines hydrosolubles ont été ingérées par *P. ziziphi*. En effet, cette transformation est due à une série de comportements et d'adaptations physiologiques, que la cochenille a développée pour augmenter au maximum l'assimilation de matières protéiques provenant de la plante.

Les insectes phytophages n'ont pas tous le même type de relation avec leurs plantes hôtes. Certains insectes sont polyphages, d'autres oligophages ou monophages. (Jolivet, 1998 ; Jolivet, 1992). Les cochenilles, notamment *P. ziziphi*, sont monophages qui, autant aux stades larvaires qu'aux stades adultes, s'alimentent d'une seule espèce de plante. Elles seraient, donc, apparues suite au développement graduel de mutations restrictives et d'adaptations étroites avec leurs plantes hôtes (Jolivet, 1992). Cette monophagie a conduit la cochenille à mettre au point des moyens d'équipement enzymatique, lui permettant de détoxiquer les substances liées à ces protéines hydrosolubles contenus dans les plantes, et d'en faire ses ressources alimentaires. Ceux-ci avaient un avantage certain à contourner les défenses des plantes et de même à augmenter le degré de pullulation. En effet, cela montre

que les produits nutritionnels essentiels (glucidiques et azotés) sont cependant principalement à l'origine du comportement alimentaire de l'animal, c'est-à-dire de l'attaque de la plante (Chaboussou, 1975). Ce qui est lié à la haute teneur de protéines élaborées, et de la haute teneur en potassium dans les feuilles saines. Des observations contradictoires faites par Bove *et al.* (1957), ont montrés que les teneurs les plus faibles en acides aminés libres correspondent à une nutrition optimale en K et à un maximum de croissance de la plante.

2.2.3 - Relation diaspines-composés polyphénoliques

Les fluctuations des polyphénols sur citronnier, montrent que les abondances d'*A.aurantii* agissent sur l'accroissement de la synthèse des polyphénols par la plante hôte selon le taux d'infestation. Comparant la teneur en polyphénols du témoin et celle des feuilles infestées de clémentinier et de citronnier, nous constatons que leur sécrétion est liée majoritairement aux infestations de *P.ziziphi*. (Fig. 136).



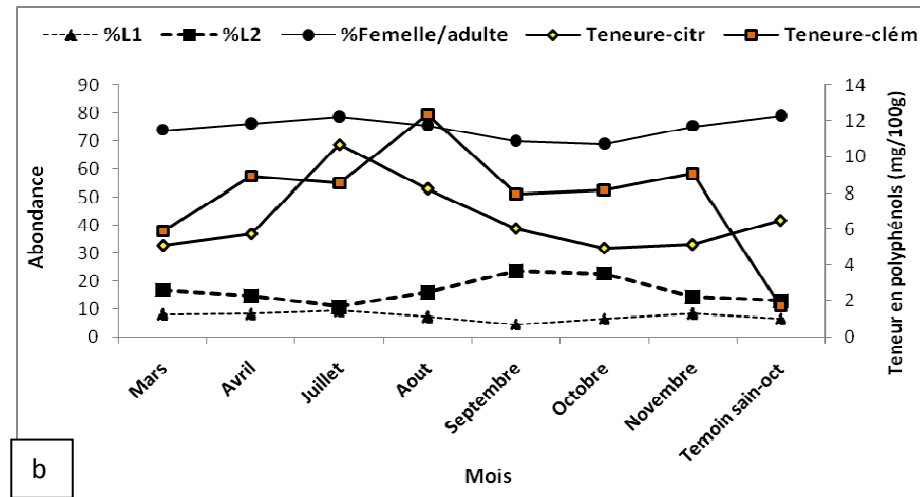


Figure 136 : Fluctuations des polyphénols et des abondances des populations de *P.ziziphi* selon la teneur en polyphénols des feuilles de citronnier et de clémentinier.

Sur les figures 137, 138, 139 et 140 la variation des populations larvaires et adultes d'*A.aurantii* sur citronnier et oranger et de *P. ziziphi* sur clémentinier, suit la variation des taux en flavonoïdes (Quercitine) synthétisés par les feuilles des plantes hôtes. La synthèse de ces flavonoïdes est plus forte, surtout au début des attaques par les larves (L_1 et L_2) qui se fixent durablement, et à la fin du cycle par la densité des femelles adultes. Ces stades sont les plus actifs de la population.

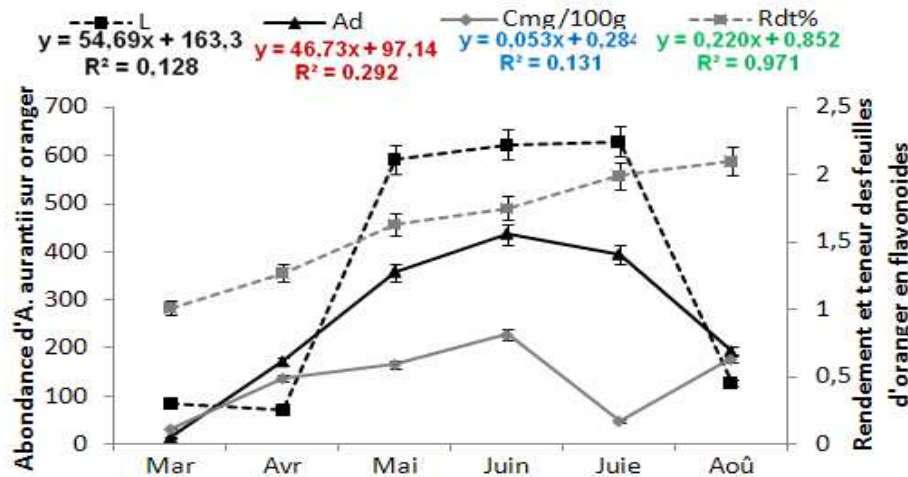


Figure 137: Variation des flavonoïdes en relation avec les pullulations de *A. aurantii* dans les feuilles d'oranger.

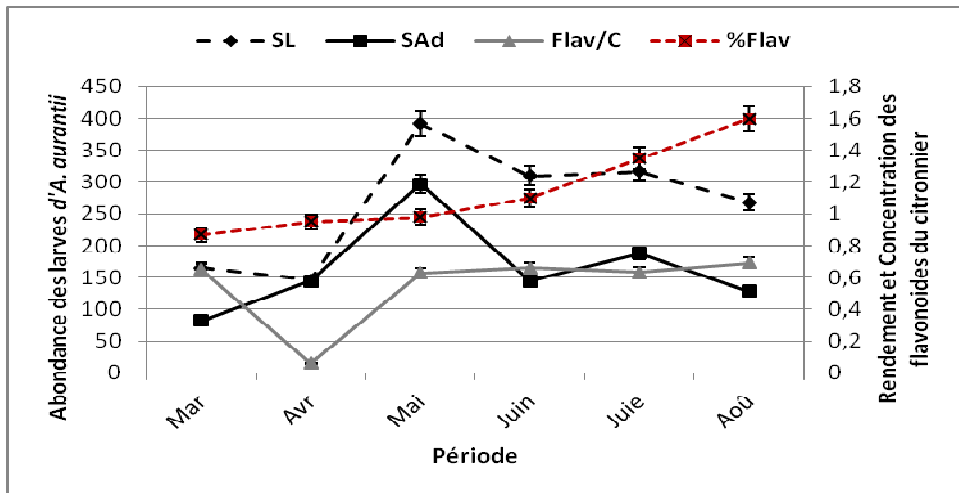


Figure 138: Variation des flavonoïdes en relation avec les pullulations d'*A.aurantii* dans les feuilles de citronnier.

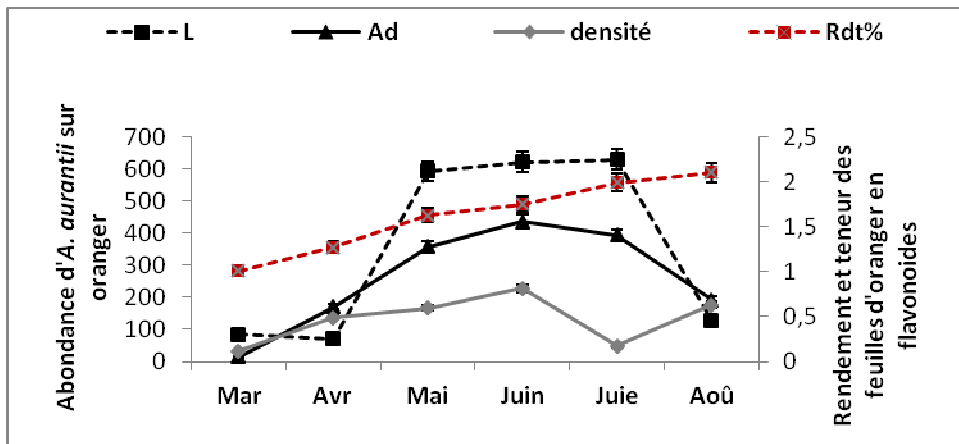


Figure 139: Variation des flavonoïdes en relation avec les pullulations d'*A.aurantii* dans les feuilles de l'oranger.

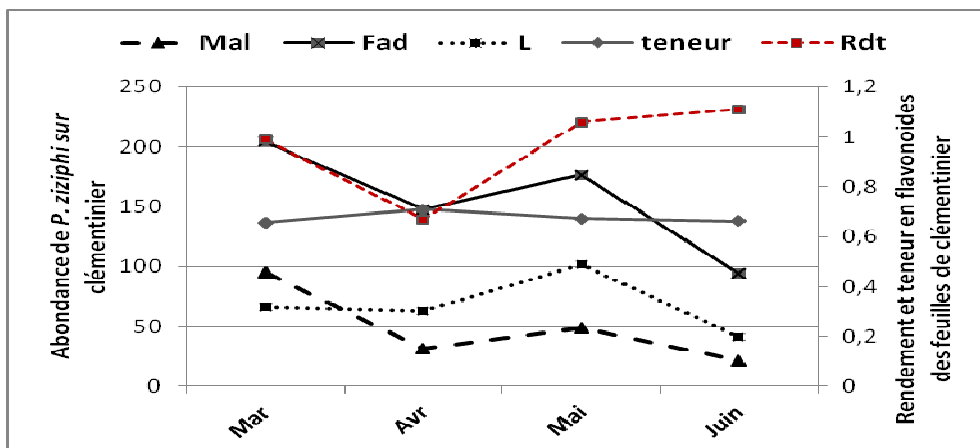


Figure 140: Variation de la densité et rendement des flavonoïdes en relation avec les pullulations de *P.ziziphi* dans les feuilles de clémentinier.

Le test des corrélations confirme la corrélation positive ($p= 0,0048$, $r=0,94$), mais uniquement entre la variation de la pullulation larvaire et adulte d'*A. aurantii* et la variation des taux en flavonoïdes des feuilles de citronnier. Ce qui montre que ces composés issus du métabolisme secondaire, sont synthétisés après l'attaque des arbres par les diaspiques dans le but de défendre la plante hôte contre ces agresseurs biologiques. Nous remarquons que cette synthèse se poursuit même en cas de diminution des abondances vers le mois d'aout. Nous supposons donc, que la plante, continue à se défendre contre les attaques du ravageur notamment en synthétisant des composés polyphénoliques tant qu'elle est sous stress biotique, même en période de dormance estivale, afin de limiter les infestations au dessous du seuil de tolérance.

Discussion

L'amélioration de la qualité nutritive des feuilles bénéficierait à certains insectes défoliateurs, lorsqu'elle n'est pas compensée par l'augmentation de composés secondaires défavorables aux ravageurs (Marçais *et al.*, sd). Ces composés secondaires peuvent être synthétisés par la plante suite aux différentes conditions de stress biotique et abiotique, tels que la sécheresse, la salinité et l'attaque par des ravageurs.

La corrélation positive entre la variation de la pullulation larvaire et adulte des diaspiques étudiées et la variation des taux de flavonoïdes dans les feuilles d'agrumes, montre que ces composés sont, bien entendu, synthétisés dans le cytoplasme des cellules des tissus infectés. Selon Nicol, deux sites de production des terpénoïdes ont été mis en évidence sur le plan cellulaire du citronnier: les cellules parenchymateuses du phloème et celles associées aux vaisseaux du xylème (Nicole, 1996). Ces composés peuvent avoir un effet défensif (Corcura *et al.*1985), phago-stimulant (Kogan (1977) ou anti-appétant (Arnason *et al.*1985 ; Clautier, 1999).

2.3.- Conclusion

L'objectif principal de notre étude est la mise en évidence de la relation des éléments issus du métabolisme primaire (minéraux, protéines et acides aminés) et ceux issus du métabolisme secondaire (composés polyphénoliques) de la plante (agrumes) avec les pullulations des cochenilles diaspinées.

P. ziziphi infeste plus le clémentinier que le citronnier. Ceci est dû principalement aux facteurs nutritionnels, liés à des différences dans la composition chimique des plantes hôtes.

L'analyse statistique nous montre que les taux des éléments minéraux, à savoir le Potassium (**K**), le Calcium (**Ca**), le Magnésium (**Mg**) et le Fer (**Fe**), sont plus élevés durant la période printanière à l'exception du Sodium (**Na**) qui présente le taux le plus élevé en hiver.

Concernant les variétés, les taux du Potassium, Magnésium et du Fer sont nettement supérieurs sur le Citronnier que sur le Clémentinier, inversement au Calcium et au Sodium, qui présentent les taux les plus élevés sur le Clémentinier.

Le Potassium et le Sodium sont en concentration supérieure dans les jeunes feuilles que dans les feuilles âgées contrairement au Magnésium, où le taux est nettement supérieur dans les feuilles âgées. Le facteur âge des feuilles n'influe pas sur les teneurs en Calcium et en Fer. Les trois variables étudiées à savoir le temps, la variété et l'âge des feuilles ne montrent aucune influence sur le taux du cuivre.

Les analyses relatives au diagnostic foliaire montrent qu'un excès de Calcium ou plus exactement, un équilibre des éléments cationiques, caractérisé par une certaine prédominance du Calcium et du Magnésium par rapport au Potassium, favorise la multiplication de cette cochenille. Or, on peut rapprocher ce phénomène du fait que la

nutrition potassique est insuffisante et là, on assiste au phénomène de la pullulation des cochenilles quand la protéolyse l'emporte sur la protéosynthèse.

Il apparaît également qu'un taux élevé du Sodium restreint le nombre d'individu de *P.ziziphi* et que les fluctuations du Cuivre et du Fer n'ont pas un effet sur la pullulation de cette cochenille.

Les infestations de ravageurs provoquent des diminutions en ressources protéiques et d'acides aminés. Ces dernières, chez les agrumes, semblent être une nutrition recherchée des cochenilles diaspinées étudiées, d'où leur monophagie.

Les agrumes synthétisent les composés polyphénoliques selon la nécessité. Ils sont en corrélation positive avec les taux d'infestations. Mais, si ces infestations sont très fortes (>au seuil de tolérance), la plante peut être épuisée et donc, la quantité et la qualité de ces composés peuvent être médiocres et très faibles, ce qui mène à la diminution des productions constatée surtout chez le clémentinier sévèrement attaqué par *P. ziziphi* depuis plusieurs années consécutives, flétrissement progressive et perte de la plante.

3 - Relation microbiologique diaspinées /plante hôte

3.1.- Matériel et Méthode de travail

-. Matériel végétal

- Les feuilles de citronnier infestées : sont prélevées juste avant leur manipulation et choisies par rapport à leur haute infestation.
- Les feuilles de citronnier saines

- Matériel animal:

La cochenille (*P. ziziphi*): Le travail est effectué sur les individus de femelles adultes, évoluant sur les feuilles de citronnier ramenées de la station expérimentale de la faculté des sciences de la nature et de la vie, université Saad DAHLEB de Blida.

✓ **Le matériel et produits de Laboratoire**

3.1.1. Identification du bactérium de *P.ziziphi*

-Préparation de l'inoculum

a.- Inoculum 1: Extrait de cochenille entière sans bouclier (prosoma)

Les feuilles sont plongées dans trois bains d'eau javellisée sous hotte stérile à flux laminaire, pour éviter toute contamination, rincées ensuite avec de l'eau distillée stérile. 100 prosomas de femelles adultes de *P. ziziphi* sont prélevés des feuilles, mis dans des coupelles en verre et lavés 05 fois à l'alcool éthylique (95°) pendant 5 secondes, ils sont ensuite broyés dans 5ml d'eau physiologique et gardés dans un flacon stérile.

b.- Inoculum 2: l'extrait des feuilles

Les feuilles infestées par *P.ziziphi* sont nettoyées afin d'éliminer les cochenilles, et rincées à l'eau javellisée. Ces feuilles et celles qui sont saines, sont lavées à l'eau distillée additionnée à deux gouttes d'eau javellisée pendant 3 minutes, ensuite elles sont rincées 3 fois à l'eau distillée stérile et séchées pendant 15 à 20 minutes sous hotte stérile à flux laminaire. Ces dernières ont subi un broyage manuel à l'aide d'un mortier stérile. Le contenu est passé dans la bande à gaz stérile et nous avons recueillis le liquide foliaire en exerçant une légère pression. Le liquide est centrifugé pendant 5 mn à 3000Tr/mn.

Les phases obtenues est diluée dans (100, 1.000,10.000, 100.000) ml d'eau distillée stérile pour être utiliser dans la culture bactérienne. Ce liquide a subit le dosage des protéines et des acides aminés.

La stérilisation de notre matériel de manipulation est faite au préalable à l'aide d'une étuve à 120°C pendant 20 minutes.

c-Préparation des dilutions bactériennes (Schéma de préparation de dilutions: Annexe V).

Dilution 1(1/100): Nous ensemençons 0,1ml de chaque type d'inoculum dans un tube de hangates contenant 10 ml de milieu liquide hyper-saccharosé. Ces tubes sont considérés comme la première dilution pour chaque inoculum.

Dilution 2 (1/1000): A partir de la dilution (1) nous faisons la dilution suivante de 1/1000, pour chaque inoculum, nous prenons 1ml de la dilution (1/100) ml et le mettons dans un tube de hangates contenant 9ml de liquide hyper-saccharosé.

Dilution 3 (1/10 000): A partir de la dilution de 1/1000 nous faisons la dilution suivante de 1/1000, pour chaque inoculum, nous prenons 1ml de la dilution (1/1000) ml et le mettons dans un tubes de hangates contenant 9ml de liquide hyper-saccharosé.

Dilution 4(1/100.000): A partir de la dilution de 1/10000, nous faisons la dilution 1/1000, nous prendrons 1ml de la dilution (1/100) ml de chaque inoculum, et le mettons dans un tube de hangates contenant 9ml de liquide hyper-saccharosé.

Six tubes pour chaque dilution des deux inoculas sont préparés (Fig.141, 142). Ces tubes sont ensuite mis en culture aérobie pendant 48 heures à 37°C dans l'étuve.

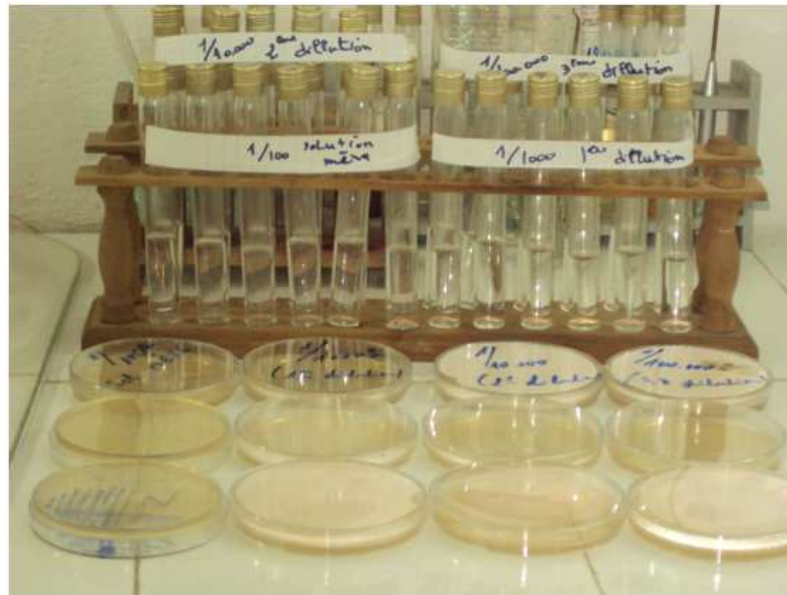


Figure 141: Les différentes dilutions et cultures du broyat de la cochenille



Figure 142: Les différentes dilutions du broyat de feuilles de citronnier infestées

d-. Préparation des cultures

Nous prenons une goutte de chaque dilution à l'aide d'une pipette pasteur, la mettre dans la boîte de pétri contenant déjà le milieu de culture de gélose nutritive, subissant au préalable un autoclavage à 110°C pendant 20 minutes. Ces boîtes sont incubées pendant 24 heures à 37°C (Fig. 143).

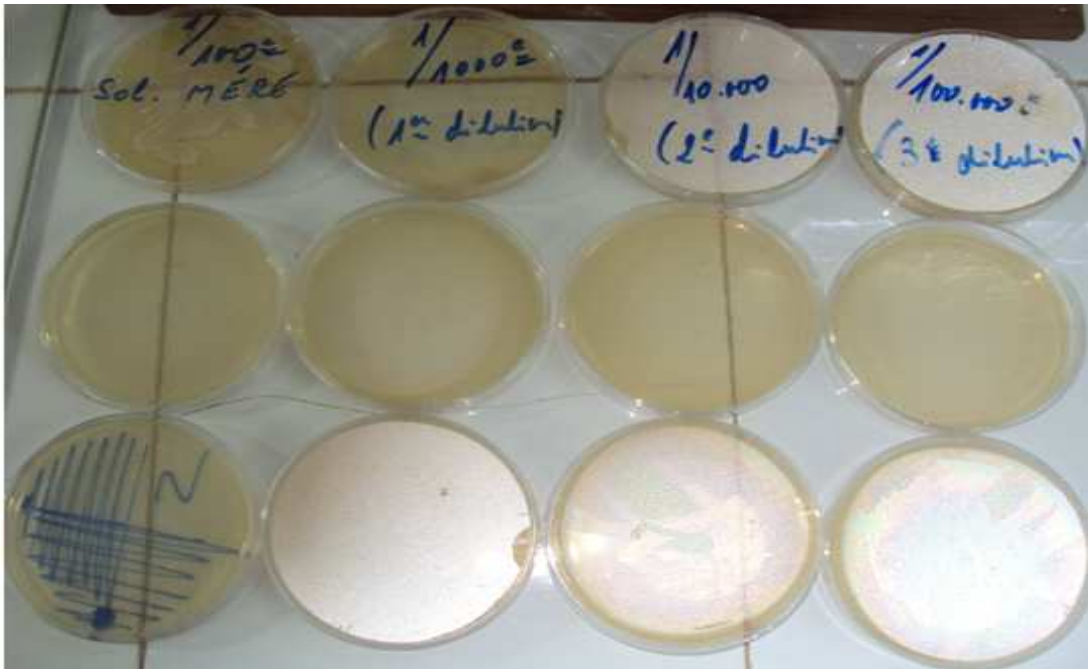


Figure 143 : Les différentes dilutions de la culture du bactérium de la cochenille
(3 Boite/dilution)

.1.1.1 - Identification morphologique bactérienne de *P.ziziphi*

- La coloration de Gram

-.Principe

❖ Réalisation du frottis

Sur une lame, nous déposons une goutte d'eau stérile, et on ajoute une goutte de la colonie isolée à l'aide d'une pipette pasteur. Cette colonie est étalée puis fixée sous une flamme pendant 10 minutes. La lame séchée est déposée sur le portoir de coloration.

❖ Réalisation de coloration

1/Coloration par le violet de gentiane: nous avons laissé agir pendant 30 secondes à une minute, puis rincé à l'eau déminéralisée.

2/Fixation de la coloration par le Lugol étalé et laissé agir pendant 20 secondes, puis rincé à l'eau déminéralisée.

3/décoloration rapide à l'alcool : nous versons quelques gouttes d'alcool sur la lame inclinée obliquement de 5 à 10 secondes, puis rincé à l'eau déminéralisée.

4/Recoloration à la fuchsine (1/10) pendant 30 secondes à 1 minute, puis rincé à l'eau déminéralisée et sécher la lame à 40C°, 10 à 15 minutes.

5/Observation sous microscope photonique à immersion (G x 1000).

- Isolement des bactéries

Après l'identification au microscope des différents types de bactéries, nous cherchons à isoler les bactéries de l'extrait, pour les identifier. Pour cela, nous utilisons la technique d'isolement par stries sur gélose coulée dans des boîtes de Pétri. Cette technique renferme l'utilisation de deux milieux de cultures sélectifs de quelques groupes de bactéries, présentant des caractéristiques différentes, et un milieu non sélectif qui nous permettra l'observation macroscopique de toutes les colonies présentes dans notre milieu.

-Le milieu non sélectif est la gélose nutritive, qui nous permet de faire l'observation macroscopique des différentes colonies de la semence.

-Milieu de gélose Chapman

Ce milieu est sélectif pour les bactéries halophiles, les staphylocoques ou les microcoques, l'utilisation du mannitol est marquée par une coloration jaune autour des colonies mannitol positive et une coloration rouge autour des bactéries mannitol négative du à l'indicateur de pH du rouge de phénol. (Fig. 144)

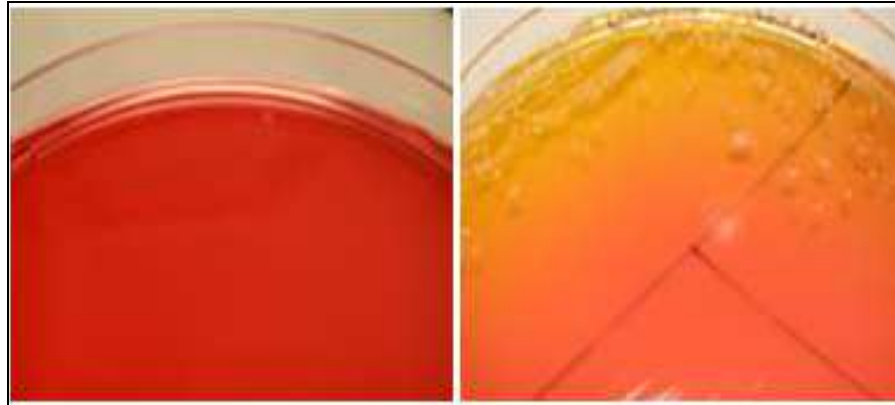


Figure 144: Aspect du milieu Chapman avant et après utilisation par les bactéries

-Milieu de gélose Hektoen

Ce milieu contient trois types de glucides: la salicine, le saccharose et le lactose. L'identification des colonies isolées est fondée sur l'attaque de ces trois glucides. Un autre caractère biochimique que l'on peut suivre sur ce milieu est la production d' H_2S à partir de thiosulfate. Elle se traduit par l'obtention de colonies à centre noir, cette coloration est due à la formation de sulfure de fer. Deux indicateurs sont présents dans ce milieu : le bleu de bromothymol qui est indicateur de pH et la fuschine acide, qui se colore en présence d'aldéhyde. (Fig.145).

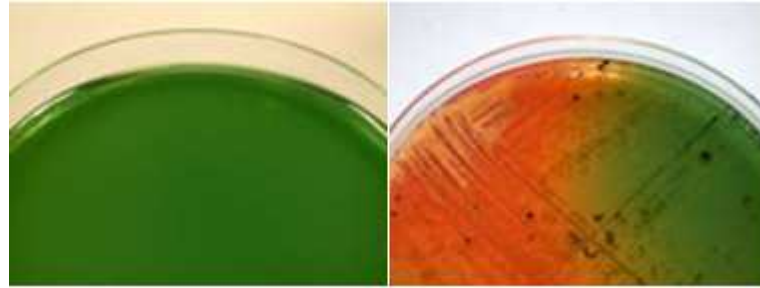


Figure 145 : Aspect des milieux : Hektoen avant et après utilisation par les bactéries.

- Technique d'étude

On stérilise l'anse à la flamme du bec benzène, on la laisse refroidir dans la zone stérile. Avec cette dernière nous ensemençons une colonie obtenue ultérieurement à la périphérie que nous étalons en stries serrées sur toute la surface du milieu. Les boîtes de Pétri sont mises en position renversée à l'étuve à 37°C pendant 24 à 48h. Nous refaisons la coloration de Gram dans le but de confirmer le caractère Gram (Fig. 146)

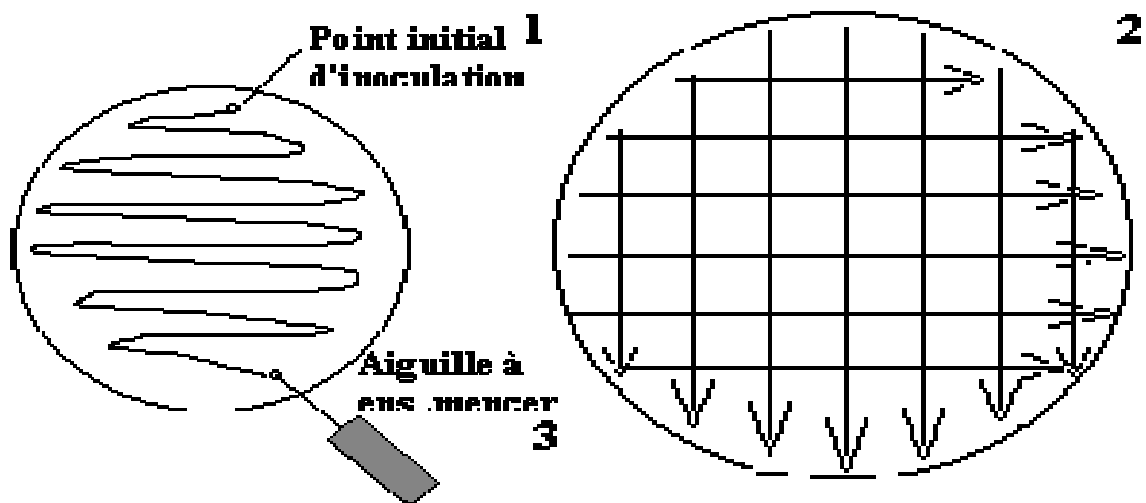


Figure 146: Méthode d'ensemencement bactérienne

3.1.1.2.-. Étude biochimique

- **Urée indole**

Nous ensemençons une colonie de bactéries dans des tubes contenant le milieu Urée – indole, qui seront incubés à 37°C pendant 24 heures. Ce dernier, nous donne 2 caractères : l'Urée et l'indole. La recherche de l'Urée se fait à la sortie de l'étuve, si le tube est rouge, nous distinguons que l'Urée est positive.

Si le tube reste orange ou clair, on dit que l'Urée est négative. Par contre, la recherche de l'indole nécessite l'adjonction de 2 ou 3 gouttes du Réactif de Kowacs, et nous lisons tout de suite la réaction. La production d'un anneau rouge en surface du milieu indique que l'Indole est positif et l'absence de l'anneau rouge indique que l'Indole est négatif.

- **oxydase**

Nous déposons une colonie suspecte à la surface d'un disque d'oxydase préalablement imbibé d'une goutte d'eau distillée stérile, s'il y a virage immédiat au violet au point d'incubation, nous déduirons que l'oxydase est positive, s'il n'y a rien, l'oxydase est négative.

- **Nitrate réductase**

Nous ensemençons un bouillon nitrate à partir d'une colonie bactérienne, et l'incubation de ce bouillon est réalisé à 37°C pendant 24 heures. Après, nous ajoutons les réactifs Nitrate I et nitrate II et nous effectuons les observations après quelques minutes. S'il y a virage au rose ou au rouge, nous concluons qu'il y'a présence de l'enzyme nitrate

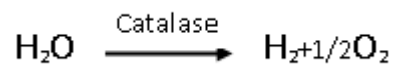
réductase. Si le milieu reste clair ou jaunâtre, nous devons poursuivre la réaction en ajoutant un peu de poudre de Zinc sur le milieu:

*si le milieu vire au rose ou au rouge : absence de nitrate réductase.

*si le milieu reste tel quel : réaction positive donc présence de nitrate réductase.

- **Test de la catalase**

Une colonie de bactérie est déposée sur une lame propre et émulsionnée avec une goutte d'eau oxygénée à 10°. La libération de l'O₂ se traduit par l'apparition de bulles gazeuses selon la réaction :



Nous pouvons dire alors que la souche examinée est catalase positive. (Fig. 147)

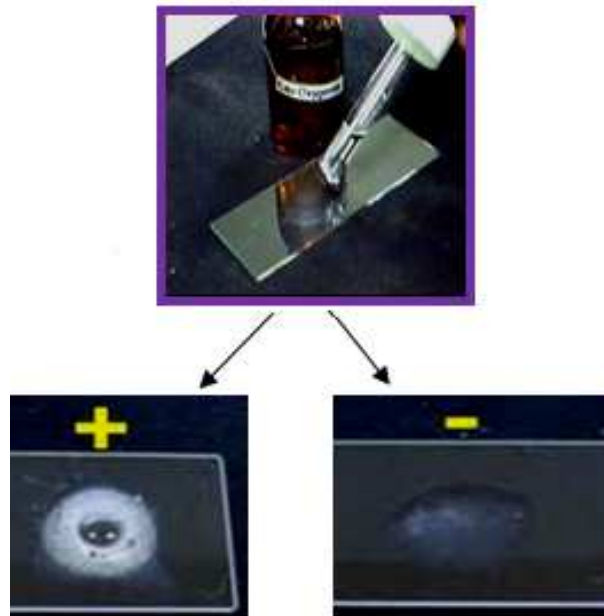


Figure 147: Test de catalase (Ghourri, 2003).

- **Détermination de la voie fermentative**

Nous ensemençons un tube contenant le milieu liquide Clark et Lubs avec le germe à étudier, puis nous l'incubons pendant 24 heures à 37C°. Ensuite, le tube sera réparti en deux autres tubes, l'un servira à la recherche de VP et l'autre servira à la recherche de RM. La voie "butylène glycolique" est mise en évidence par la réaction de Voges-Proskauer (VP).

-Réaction VP

Nous versons 5 gouttes d'une solution d'alpha naphthol (VP1) et 5 gouttes d'une solution de soude 4N (VP2), nous agitons énergiquement et nous laissons 10 secondes à la température du laboratoire. L'apparition à la surface du liquide d'une coloration rose, qui se généralise par la suite, montre que la souche étudiée produit de l'acétyl-méthyl-carbinol (acétoïne), à partir de l'acide pyruvique. La souche est alors VP(+) (Fig. 148)

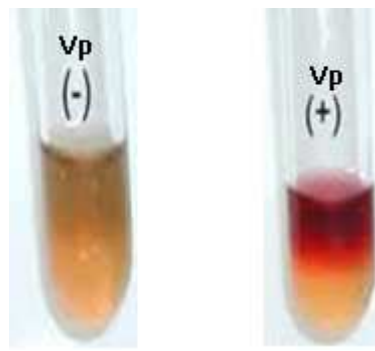


Figure 148: Réaction VP (Ghouri, 2003).

-Réaction RM

Sur ce tube servant à la recherche de RM, nous rajoutons 2 gouttes du réactif RM et nous attendons environ 10 à 15 mn, puis nous lisons la réaction, une coloration rouge traduit une réaction (+) (Fig. 49).

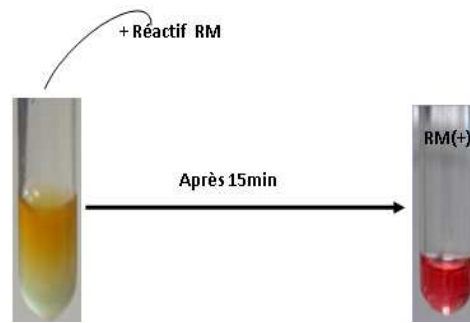


Figure 149: Explication de la réaction RM. (Guillaume. 2004).

- **Fermentation du Mannitol**

Nous ensemençons par une piqûre centrale le milieu partiellement gélosé Mannitol Mobilité, et après 24 heures de l'incubation à 37C°, la fermentation du mannitol entraîne le virage du milieu au jaune. Ce milieu donne deux caractères, la mobilité et la fermentation de mannitol (Fig.150).

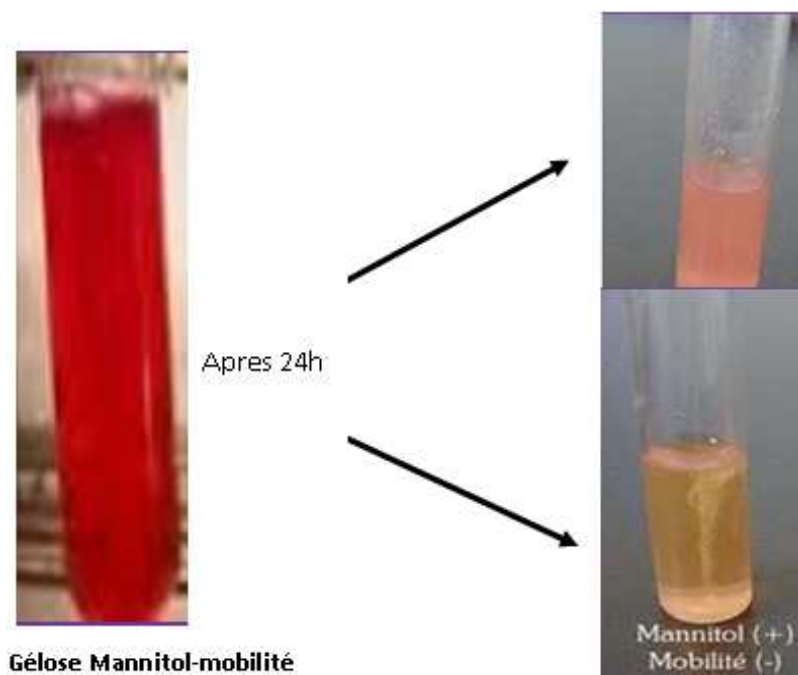


Figure 150: Voie de fermentation de mannitol (Ghourii. ,2003)

- **Acides Aminés : LDC, ODC et ADH**

Les décarboxylases (LDC, ODC) constituent le groupe où se situent les réactions les plus importantes concernant la biodégradation des acides aminés par les bactéries, qui donnent la libération de NH₃. La recherche des décarboxylases permet une meilleure identification de certains groupes bactériens.

Parmi les acides aminés à tester, on retient principalement

- LDC : Lysine Décarboxylase
- ODC : Ornithine Décarboxylase
- ADH : Arginine Décarboxylase

Ces acides aminés sont commercialisés généralement sous forme d'ampoules contenant 5ml, et repartis alors en tubes de Kahn à raison de 0,5 ml par tube.

Pour chaque germe, on dispose de trois tubes de Kahn, l'un contenant LDC, le deuxième l'ODC et le dernier l'ADH. Chacun de ces trois tubes sontensemencés d'une colonie bactérienne, puis nous ajoutons une couche d'environ 0,2 ml d'huile de vaseline puis nous incubons le tout sous température de 37C° à l'étuve pendant toute une nuit. Ces acides aminés sont en général de couleur violette, si la couleur devient jaune, ce qui explique que les bactéries ont dégradées les acides aminés.

Pour le cas des bactéries gram(-): en plus des tests cités, nous ajoutons les tests suivants:

- **Gélose TSI (Triple Sugar Iron)**

Nous prenons une colonie bactérienne ayant poussée sur gélose Hektoen, qui servira à l'ensemencement en strie sur la pente, puis une piqûre centrale dans un tube à gélose inclinée de TSI (Hagna Kligler), il ne faut pas serrer complètement leurs bouchons. Ce milieu renferme par ordre de bas en haut ; le glucose ; le saccharose et le lactose, il nous renseigne sur 5 caractères, à savoir:

Glucose, gaz, H₂S, saccharose et lactose. Au moment de la lecture, nous déterminons les 5 caractères. Ces tubes ont été incubés à 37C° pendant 24 heures. (Fig. 151).

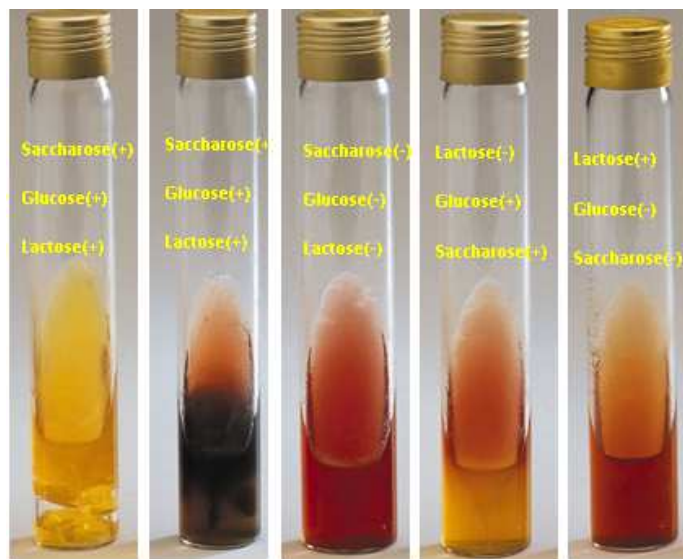


Figure 151: Les différents cas d'utilisation des sucres de TSI. (Ghouri, 2003)

- **Citrate de Simmons**

Nous ensemençons par stries le milieu gélosé Citrate de Simmons de coloration verdâtre et nous l'incubons pendant 24 heures. S'il y a virage de la partie ensemencée au

bleu, ceci se traduit par l'utilisation du substrat comme source de carbone donc la Souche est Citrate positive (Fig. 152).

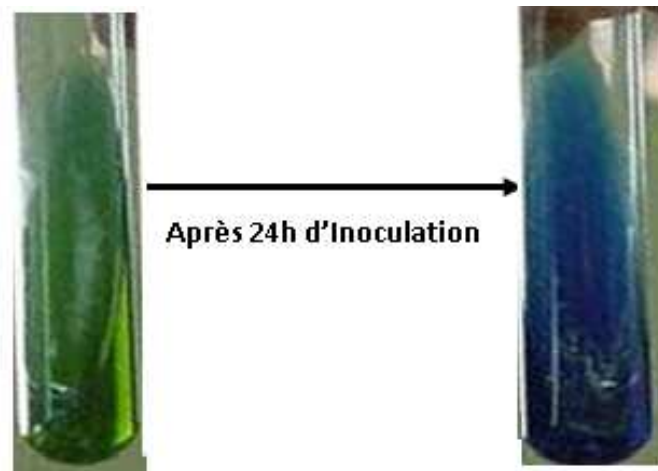


Figure 152: Citrate de Simmons

- **ONPG= Recherche de la B-Galactosidase**

C'est une enzyme responsable de la dégradation du lactose en galactoside artificiel : Ortho-Nitrophenyl Pyranogalactoside (ONPG).

Les bactéries possédant l'enzyme lactose perméase sont capables d'hydrolyser le lactose ou un galactoside artificiel tel que l'ONPG et le produit libéré soit l'O.Nitrophénol qui colore le milieu en jaune canari et le pH est légèrement alcalin. Cette méthode consiste à mettre un disque d'ONPG dans 1 ml d'une suspension bactérienne constituée de 0,5 ml d'eau distillée stérile et de colonies bactériennes dans un tube. Ce dernier est mis dans un bain-marie pendant 30 à 45 secondes, ensuite, incubé à 37C° pendant 24h.

- S'il y a virage au jaune donc la bactérie est ONPG positive.
- Si le milieu reste incolore, la bactérie est ONPG négative

3.2 - Résultats et discussion

La culture de la dilution 1/100 de broyat de la cochenille présente des petites colonies qui jaunissent après 48 heures. Les autres cultures de 1/1000, 1/10 000 et 1/100 000 présentent des colonies denses sous forme des nappes (Fig.153).



Figure 153: Les cultures des différentes dilutions du broyat de la cochenille

Les cultures de l'extrait foliaire des feuilles infectées indiquent que, pour toutes les cultures des dilutions de 1/100, 1/1000, 1/10 000 et 1/100 000 il y'a une forte pousse des colonies qui sont grosses et dont la plupart formant des nappes (Fig.154).

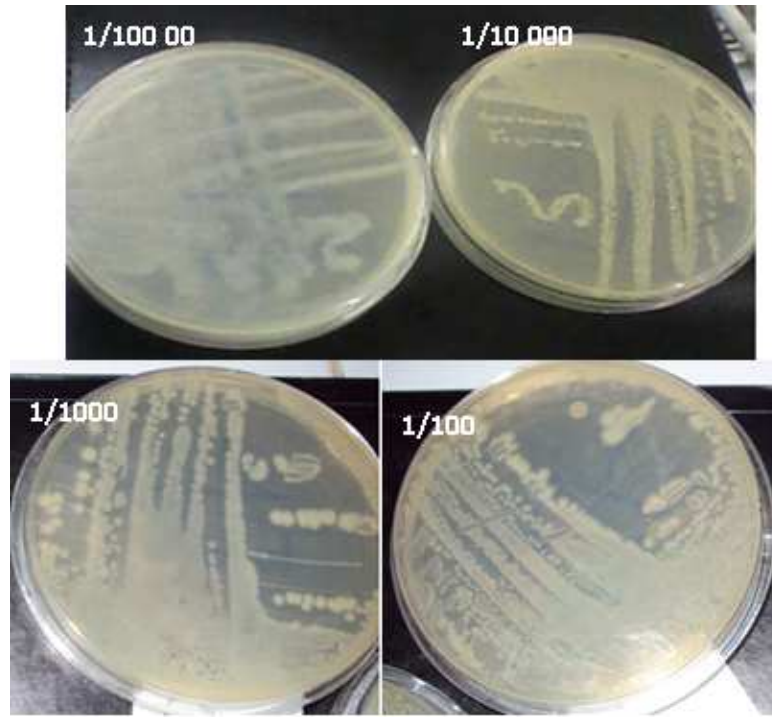


Figure 154: Les cultures des différentes dilutions des broyats des feuilles.

•La coloration de Gram :

Le test de la coloration de gram a révélé que les souches bactériennes trouvées dans:

- La culture du broyat de la cochenille sont des coques Gram(+) et des bacilles Gram(+). Les Cocci Gram+ sont rencontrés dans la culture de la dilution 1/100 (fig.155_b). Les bacilles Gram+ sont rencontrés dans les cultures de dilutions de 1/1000, 1/10.000 et 1/100.000. (Fig. 155_a).

- La culture du broyat des feuilles infectées sont des bacilles Gram(-) et des bacilles Gram(+), elles sont présentes dans toutes les dilutions (Fig.155_{c,d}).

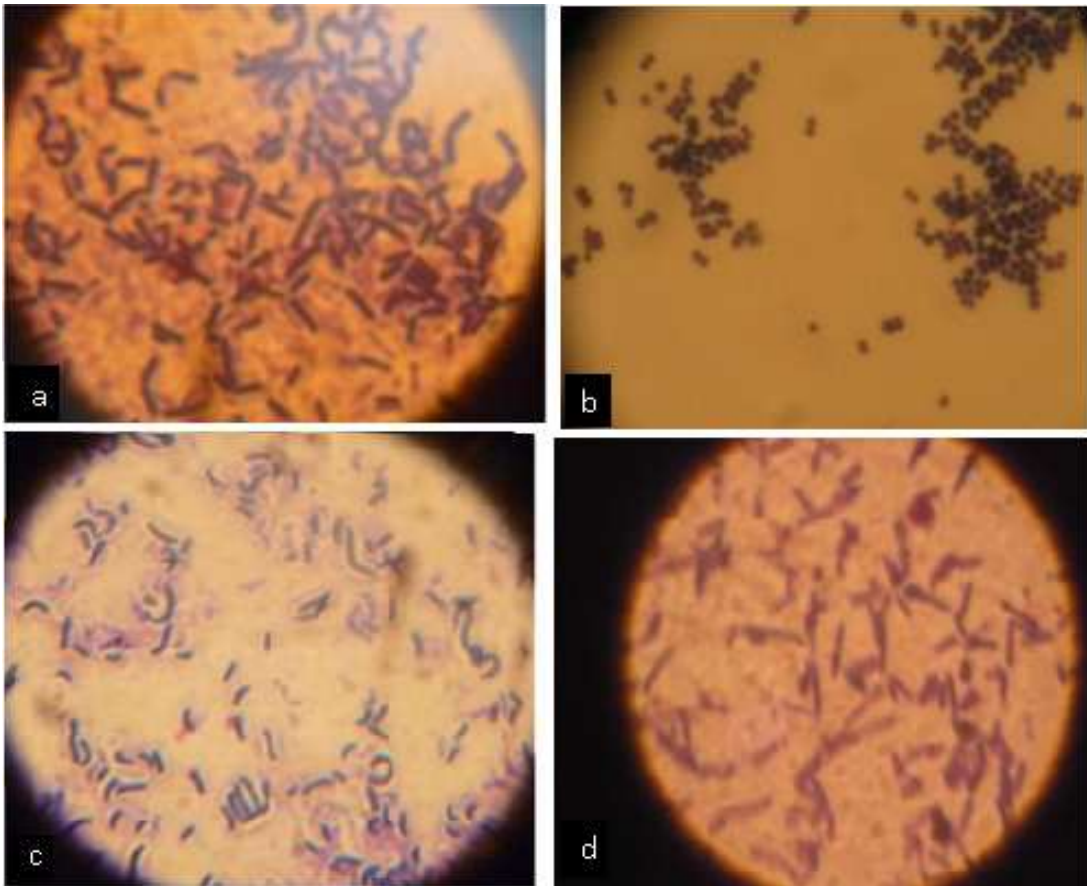


Figure 155 : Les bactéries isolées: - du broyat de la cochenille : bacille Gram+ (a) et Cocci Gram+ (b); du broyat des feuilles de citronnier infestées par *P.ziziphi* : bacille Gram+ (c) et bacille Gram- (d).

Parmi les bactéries isolées sur milieu solide pour chaque type d'inoculum, nous notons la prédominance de deux groupes morphologiques : des bactéries cocciformes et des bacilles en forme de bâtonnet, avec une prédominance nette des bacilles par rapport aux coques, ceci, quelque soit le type d'inoculum considéré. En effet, dans les inoculas provenant de plus fortes dilutions de broyat de la cochenille une prédominance de cocciformes est plus marquée, tandis que dans ceux provenant de faibles dilutions, la présence de bacilles est plus importante.

La distribution du caractère Gram montre une nette prédominance de bactéries Gram Positive quelque soit l'inoculum et le groupe morphologique considérés.

Après 24h d'incubation, l'isolement bactérien des cultures contenant le broyat des cochenilles, révèle la présence des colonies qui poussent seulement dans le milieu Chapman (Fig.156). Donc, les bactéries colonisant le milieu sont des bactéries halophiles, que ce soit des microcoques ou des staphylocoques. Le virage du milieu à l'orange, nous laisse dire que ces colonies sont de mannitol positif. Dans le milieu Hektoen, aucune colonie observée (Fig. 157). Ce résultat indique qu'il n'y'a aucune bactérie Gram négative distincte dans le broyat de la cochenille.



Figure 156: Ensemencement de broyat de la cochenille dans le milieu Hektoen



Figure 157: Ensemencement de broyat de la cochenille dans le milieu Chapman.

Le résultat trouvé pour les cultures de l'inoculum de l'extrait foliaire, indique l'apparition des petites colonies dans le milieu Hektoen, qui acidifient le milieu avec une coloration jaunâtre. Le milieu Chapman ne présente aucune pousse des colonies bactériennes. (Fig.158)

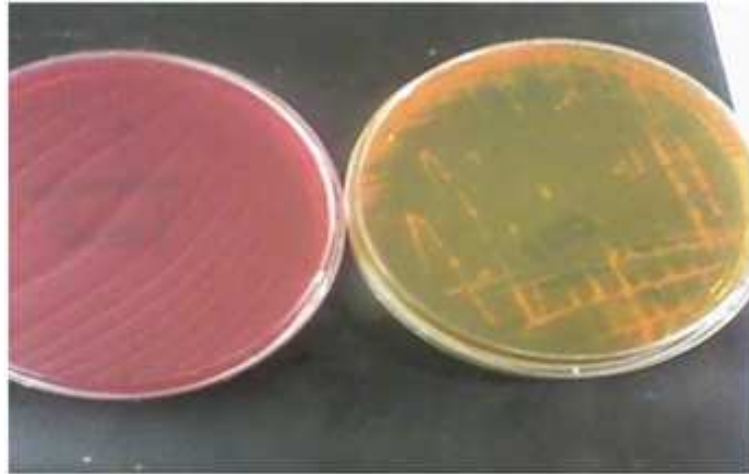


Figure 158: Aspect du milieu Chapman et Hektoen après l'ensemencement de broyat de feuilles de citronnier infectées

• Etude biochimique

Tableau 47: Résultat des tests biochimiques.

Souches		Les feuilles		Les cochenilles	
		Bacilles gram (-)	Bacilles gram (+)	Cocci gram (+)	Bacilles gram (+)
Catalase		+	+	+	+
Oxydase		-	-	-	-
TSI	Glucose	+	/		
	Saccharose	+			
	Lactose	+			
	gaz	+			
	H₂S	-			
ONPG		+			
Citrate de simons		+			
Nitrate reductase		+	+	+	+
Urée-indole					
Urée		+	+	-	-
indole		+	+	+	+
Clark et Lubs					
VP		-	-	+	+
RM		-	-	-	-
Les acides aminés					
LDC		-	-	-	+
ODC		+	-	+	-
ADH		-	-	+	+
Manitol-mobilité					
Fermentation de mannitol		/	+	+	-
mobilité			+	-	+

L'étude biochimique (Tab. 47) nous permet d'obtenir à partir des :

- **cultures de broyat de la cochenille:** des bactéries isolées de type Cocci Gram+ et bacilles Gram+:

• **Les Cocci Gram+:** non mobiles, sont d'Oxydase négative et catalase positive, ce qui montre que ces bactéries sont de type respiratoire qui détruisent les peroxydes et libèrent l'oxygène. Elles fermentent le mannitol, ce qui indique que ces bactéries sont capables de se développer rapidement dans un milieu où la concentration est forte en saccharose (composé majoritaire de la sève phloémienne). Ces bactéries sont capables de produire l'indole à partir de tryptophane, et utilisent la plupart des acides aminés (Ornithine et Arginine), ce qui, montre que ces bactéries ont une relation nutritive avec la cochenille.

Ces bactéries Cocci Gram + provenant de culture de broyat de la cochenille sont de catalase positive qui peuvent se développer dans le milieu Chapman, ceci montre que ces bactéries appartiennent au groupe des **Staphylocoques**.

• **Les bacilles Gram+:** sont mobiles, d'oxydase négative et de catalase positive, cela montre que ces bactéries ne possèdent pas l'enzyme respiratoire, le cytochrome oxydase, qui détruit le dérivé de N-méthyle de paraphénylènediamine en semi-quinose. Par contre, elles possèdent l'enzyme de catalase qui détruit les peroxydes et libère l'oxygène.

Ces dernières possèdent l'enzyme Nitrate réductase qui catalyse la réaction de réduction de nitrate en nitrite(NO_2) ou en di-azote (N_2), elles produisent l'indole à partir de tryptophane et utilisent la majorité des acides aminés (Lysine et Ornithine), ce qui explique que ces bactéries jouent un rôle dans la nutrition de la cochenille. Mais ce type de bactéries ne fermentent pas le mannitol et elles peuvent produire l'acétyl- méthyle-carbinol (acétoine) à partir de l'acide pynivique (VP+).

- **cultures de broyat des feuilles infestées** : sont des bacilles Gram(+) et des bacilles Gram(-):

• **Les bacilles Gram+** : sont mobiles et fermentent le mannitol, possédant une catalase qui détruit les peroxydes et libère l'oxygène. Elles ne possèdent ni l'enzyme respiratoire, ni le cytochrome oxydase, qui détruisent le dérivé de N-méthyle de paraphénylènediamine en semi-quinose. Elles ont une enzyme Nitrate réductase, qui catalyse la réduction de nitrate en nitrite (NO₂) ou en di-azote (N₂) et une enzyme Uréase qui hydrolyse l'urée en formant le carbonate d'ammonium. Cette réaction se traduit par l'alcalinisation du milieu.

Ces bactéries produisent l'indole à partir du tryptophane mais elles n'utilisent aucun type d'acide aminé sous sa forme naturelle mais après sa transformation. Ce qui montre que ces bactéries n'ont pas un rôle direct dans la nutrition de la cochenille, et probablement un rôle dans la protection contre les composés toxiques de la plante.

• **Les bacilles Gram⁻** : sont de type respiratoire, qui peuvent détruire les peroxydes par l'enzyme catalase. Elles dégradent le saccharose et le glucose en acétate et Propionate, accompagnée par le dégagement du gaz et possédant l'enzyme β-Galactosidase, qui hydrolyse le lactose ou un galactoside artificiel en l'O.nitrophynol (l'ONPG +). Ce résultat montre que ces bactéries sont à l'origine de la production du miellat, qui est un sucre simple issu de la dégradation du saccharose et du glucose (composés majoritaires de la sève phloémienne). Cette dernière est de VP(-), donc elles ne produisent pas l'acétyl-métyl-carbinol (acétoïne)

Ce type de bactéries peut se développer dans le milieu Citrate de Simmons par l'utilisation de ce substrat comme une source de carbone. Elles alcalinisent le milieu par l'hydrolyse de l'urée en Carbonate d'ammonium et produisent l'indole à partir du tryptophane, mais elles n'utilisent pas tous les acides aminés (utilisent seulement l'Orthinine).

Ces bactéries sont de catalase positives et d'oxydase négative ce qui montre qu'elles appartiennent au groupe d'**Entérobactériacea**.

Les résultats obtenus montrent que les caractéristiques étudiées (formes, Gram et l'étude biochimique) des populations de bactéries provenant du broyat de la cochenille et des extraits foliaires, sont d'apparence non semblable (différente). Ce qui indique qu'il n'y a aucune transmission de bactéries de la cochenille *P. ziziphi* vers la plante hôte et vis- versa. Le type de bactéries identifié chez la cochenille est le bactérium (intra ou extra prosoma) nécessaire pour son développement et sa croissance.

3.3 - Conclusion

Selon cette étude, il n'y a aucune transmission bactérienne de la cochenille *P. ziziphi* vers la plante hôte et vis- versa. Ce qui veut dire que, ces bactéries ont un rôle bénéfique pour la cochenille.

Les bactéries Cocci Gram+ (Staphylocoques) isolées du bactérium de *P. ziziphi*, possédant des caractéristiques enzymatiques et biochimiques indiquant son rôle dans la nutrition de la cochenille, en transformant les composés toxiques secrétés par la plante pour leur profit.

Les bacilles Gram+ semblent être à l'origine de la production du miellat, qui est un sucre simple issu de la dégradation du saccharose et du glucose (composés majoritaires de la sève phloémienne). Elles appartiennent au groupe d'Entérobactériacea.

CONCLUSION GENERALE

Les connaissances accumulées sur les Diaspididae ont permis des avancées en biologie et entomologie agricole et forestière.

Cette famille est caractérisée par sa résistance à la lutte chimique, due à sa bonne fixation sur le support et sa protection par un bouclier rigide de nature cireuse. Cette lutte chimique, pour qu'elle soit efficace, exige des informations et des connaissances sur la relation diaspine- plantes hôte. Ce qui permet d'envisager une nouvelle méthode complète de contrôle de ces ravageurs, notamment en réduisant la fréquence de l'utilisation de cette lutte, ainsi que la quantité de produit dont les effets s'avèrent néfastes sur la faune utile, la flore et l'environnement.

Dans ce contexte, notre travail s'inscrit dans le cadre de l'accumulation de ces connaissances plus particulièrement par l'ajout d'informations obtenues sur le comportement des espèces nuisibles par la connaissance de leur trait de vie et les effets des interactions intra et interspécifiques.

A travers les résultats obtenus, nous déduisons que, in-situ, les trois espèces de diaspines étudiées, à régime opophages, n'ont pas les mêmes préférences en plantes hôtes : *P.ziziphi* se manifeste plus sur le Clémentinier, *L.beckii* sur l'oranger et *A.auratii* sur le citronnier.

- *Parlatoria ziziphi*

Sous serre ombragée, la durée de vie du cycle printanier de *P.ziziphi*, vivant sur de jeunes plants de clémentinier, citronnier et oranger, s'est allongée de 37 jours sur plantes âgées in situ à environ 106 jours sur de jeunes plantes sous serre ombragée, montrant ainsi l'impact de l'âge, de la variété de la plante hôte et de la lumière sur la longévité de la cochenille. Ce ravageur, qui a l'habitude de choisir le clémentinier in situ par rapport aux autres citrus, ce choix s'est orienté vers le citronnier (40%) sous serre ombragée en premier, ensuite le clémentinier (32%) et enfin l'oranger (28%). Avec la prédominance du stade L₂ et le stade œufs sur les trois plantes hôtes. Ces abondances sont probablement dues au manque de prédateurs et parasites spécifiques de ses stades évolutifs.

In situ et entre le mois de novembre et juin, *P.ziziphi* sur clémentinier développe une génération printanière importante coïncidant avec les poussées de sève printanières, et en fin juin le démarrage de la génération estivale. Le nombre de génération est lié marginalement au facteur temps ($p=0,08$), significativement aux facteurs exposition ($p=0,03$) et très significativement au facteur organe ($p=0,00$). La distribution spatiotemporelle des populations dépend significativement du temps ($p=0,011$), très significativement de l'organe ($p=0,000$) et des expositions ($p= 0.009$). La fécondité est sous la dépendance très significative ($p= 0,002$) du facteur temps et très hautement significative de la période phénologique de l'arbre, ou une éclosion massive des œufs de *P.ziziphi* est plus importante au printemps. Sur clémentinier et citronnier, il ressort que cette cochenille se répartit d'une manière contagieuse sur les feuilles âgées et jeunes, durant toute sa durée de vie, avec un degré d'infestation plus important sur clémentinier. Cette importante infestation n'a pu être ni contrôlée ni réduite par l'incidence parasitaire globale, variant de 3.84% au centre de l'arbre à 6.41% à l'est de la fronde, dans la région de la Mitidja.

- *Aonidiella aurantii*

Pour *A.aurantii*, la différence d'abondance des populations globales sur le citronnier (78,22%) et sur l'oranger (21,77%) est très hautement significative ($p=0,000$), elle est de trois fois plus dense sur le citronnier. Les jeunes stades larvaires sont plus prépondérantes quelque soit la plante hôte ($p=0,001$).

Les facteurs agissant d'une manière hautement significative sur les abondances de cette cochenille sont, la plante hôte, le stade biologique et l'interaction entre les deux. Ce qui crée un décalage de distribution temporelle des populations d'*A.aurantii*, observé sur l'oranger (adultes/octobre+décembre+janvier) (larves/septembre) et le citronnier (adultes/avril+mai+juin+ juillet) (larves/ février+ mars+ aout). Ce décalage est lié aux exigences nutritionnelles de chaque stade de développement offertes par la plante selon les saisons.

Le nombre important de mâles en vol ($\times 2$ ou $\times 3$) par rapport aux nombre de femelles adultes, montre clairement que le type de reproduction d'*A.aurantii* est principalement

sexuée, assurée par quatre vols annuels importants sur citronnier (74,15%) contre deux vols sur oranger.

Le nombre de générations est très difficile à distinguer à cause de leur chevauchement continu, dû à l'échelonnement des pontes par la femelle. Pour cela, le choix du premier stade larvaire s'impose pour déterminer avec un peu plus de précision le nombre de générations. De cela, il ressort que cette cochenille développe 3 générations annuelles (automnale, printanière, estivale) sur le citronnier et l'oranger, avec la distinction de trois importantes pullulations annuelles: une automnale sur l'oranger (11,49%) et une printanière, estivale sur citronnier (8,95%).

Les conditions optimales du développement d'*A. aurantii* sont les températures variant entre 08,21C° et 32,82C ° et les pluviométries variant entre (21,13 et 70,63) mm.

- *Lepidosaphes beckii*

Pour *L.beckii*, le facteur «plante hôte» a une influence positive d'où une élévation marquée de larves en été durant le mois de juillet. Les populations du premier stade larvaire sont très affectées par les pluviométries abondantes du mois de septembre, décembre et mars, en raison de leur poids léger de leur corps, facile à transporter par les ruissellements de l'eau sur les feuilles, et par l'absence ou la fragilité structurale du bouclier.

Une température moyenne variant entre 22C° et 36C° et une pluviométrie située entre 0mm et 20mm, semblent avoir un impact positif important sur l'abondance et la distribution temporelle de la cochenille sur citronnier et sur oranger. La saison sec, chaude et moins humide favorise l'éclosion des œufs, le vol facile des males adultes destinés uniquement pour la fécondation des femelles.

- **Relation nutritionnelle et défense**

L'insertion du stylet des cochenilles provoque la décoloration du feuillage après la pénétration du labium dans les cellules, suivi de sécrétions d'enzymes par les glandes salivaires, qui dégradent la cellulose et lyse l'épiderme en laissant ensuite le stylet se faufiler entre les cellules, tout en évitant les glandes sécrétrices d'essence, à travers le parenchyme palissadique et lacuneux, jusqu'à l'atteinte du site de nourriture recommandé pour chaque stade évolutif, qui est le phloème contenant la sève phloémienne ou l'espace inter ou intra cellulaire contenant le liquide tissulaire.

Pour les populations de *P. ziziphi*, une parfaite corrélation positive est démontrée avec la teneur en protéines hydrosolubles. Ce qui explique l'effet direct des trois poussées de sève sur les capacités de sa reproduction, particulièrement les poussées de sèves printanières riches en protéine hydrosolubles. Les fortes infestations peuvent agir négativement sur les ressources énergétiques des feuilles par épuisement à l'échelle spatiale. Le potassium agit inversement sur la pullulation de *P. ziziphi* et joue un rôle limitateur de la pullulation de cette cochenille. La recherche d'une nutrition optimale des Citrus en potassium serait doublement bénéfique, d'une part, en assurant à la plante un maximum de croissance et de récolte, et d'autre part en provoquant une réduction dans la multiplication des cochenilles diaspires. Par contre, le sodium influe inversement sur cette diaspire. Pour le calcium, il existe une synchronisation entre le taux du Calcium et l'abondance des populations de *P.ziziphi*, ou les attaques ne sont possibles que si la quantité de calcium descend au dessous d'un seuil, contrairement au potassium. Le Fer et le cuivre ne montrent pas une influence bien marquée sur l'évolution des populations de cette diaspire, par contre pour le Magnésium, les concentrations sont inversement corrélées aux abondances des populations de la cochenille.

Les polyphénols, notamment les flavonoïdes, sont inversement corrélés aux abondances des populations de diaspire. Ce qui explique l'épuisement du système de défense (métabolisme secondaire) après une attaque plus au moins forte et durant une longue période.

Les bactéries isolées du bactérium de *P. ziziphi*, comprend le type Cocci Gram+ (Staphylocoques) et bacilles Gram+, possédant des caractéristiques enzymatiques et biochimiques à rôle dans la nutrition de la cochenille, en transformant les composés toxiques secrétés par la plante pour leur profit.

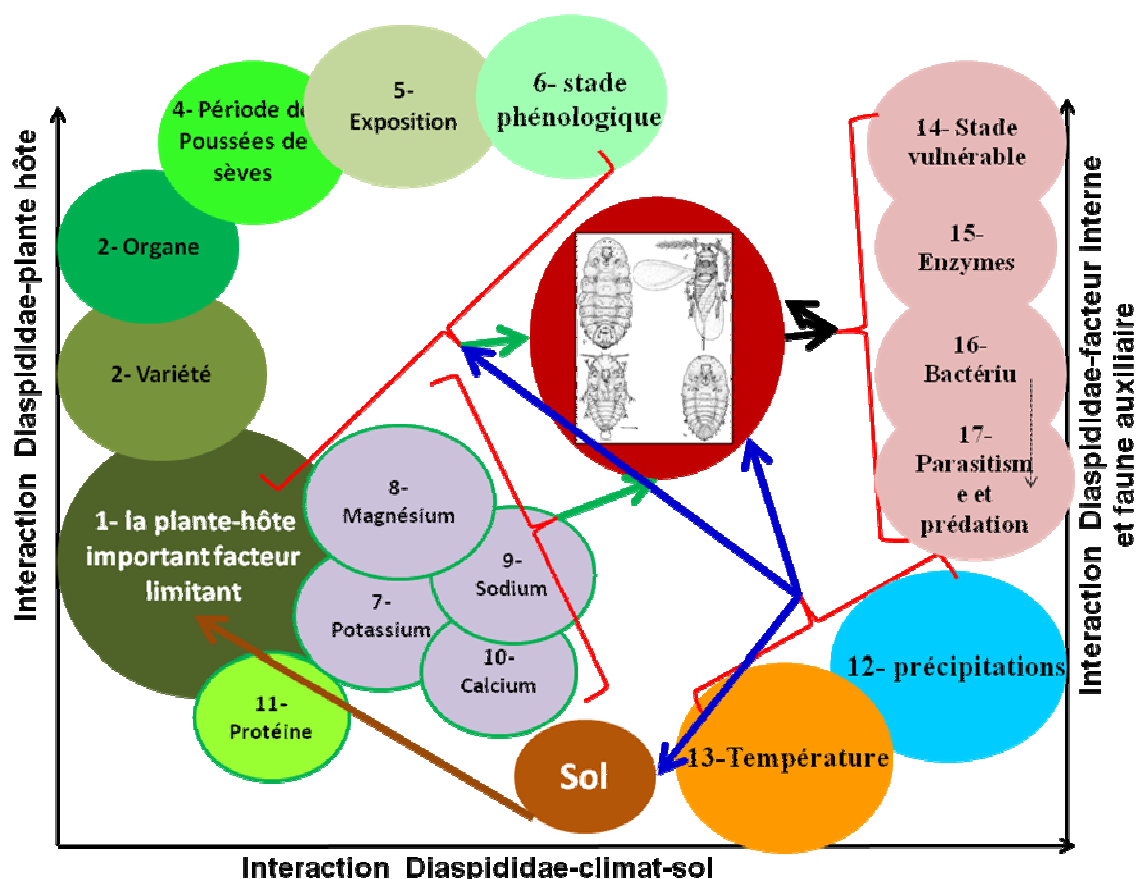
- Par contre les bactéries isolées du broyat des feuilles infestées sont de type bacilles Gram(+) qui semblent ne pas avoir un rôle dans la nutrition de la cochenille, mais probablement dans la protection contre les composés toxiques de la plante.

- Les bacilles Gram+ qui semblent être à l'origine de la production du miellat qui est un sucre simple issu de la dégradation du saccharose et du glucose (composés majoritaires de la sève phloémienne). Ces derniers n'utilisent pas tous les acides aminés (utilisent seulement l'Orthinine). Elles appartiennent au groupe d'Entérobactériacea.

Hypothèse: les caractéristiques (formes, Gram et l'étude biochimique) des populations de bactéries provenant du broyat de la cochenille et des extraits foliaires, apparaissent non semblables. Ces résultats indiquent qu'il n'y a aucune transmission bactérienne de la cochenille *P. ziziphi* vers la plante hôte et vis-versa.

Récapitulation:

Les principaux facteurs régulateurs des infestations de diaspines et agissant directement ou indirectement et par interaction entre eux sur leur abondance et leur répartition spatiotemporelle sont représentés dans cette figure:



A la lumière de l'ensemble des éléments d'informations obtenues en conclusion, nous proposons à titre de recommandation :

« la révision de l'ensemble des programmes de lutte phytosanitaire actuels, avec une prise en compte sérieuse et de façon approfondie, la connaissance de l'espèce « ravageur », de la plante hôte et sa localisation spatiale, » susceptibles de nous faire épargner une perte de temps, d'argent et pouvoir protéger efficacement nos productions, notre environnement et préserver l'équilibre écologique.

Perspectives

L'homme actuellement doit devenir de plus en plus raisonnable dans ces gestes en vers l'environnement, surtout dans le domaine de la protection phytosanitaire. Pour le respect de l'équilibre biologique et de l'environnement, l'étude de toutes les composantes gérant la vie d'un ennemi naturel des végétaux ou animaux, doit être l'une des premières préoccupations d'un chercheur, afin d'arriver à une intervention par une lutte raisonnée.

Pour cela il faut:

- étudier la dynamique des populations des diaspines dans différentes étages bioclimatiques, durant plusieurs années, en tenant compte de tous les facteurs du milieu et l'interaction entre eux afin de cerner la période de traitement adéquate.
- Connaitre le cortège auxiliaire (prédateurs et parasites primaires) et mettre en place les protocoles d'élevage les plus adéquats et facile à réaliser.
- Déterminer les bactéries associées à la vie de la cochenille et assurant sa nutrition et sa défense et leur relation avec la faune auxiliaire.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- 1-**Abdelrahman I., 1974.** The effect of extreme temperatures on California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Hemiptera: Diaspididae) and its natural enemies. Australian Journal of Zoology 22, 203-212.
- 2-**Adda R., 2006**-Rôle d'*Aphytis Lepidosaphes* (Hymenoptera – Aphelinidae) dans population de cochenilles diaspines (Homoptera : Diaspididae) dans un verger de citronnier à Rouiba. Mém. Ing., Inst. Nat. Agron., El – Harrach, 125 p.
- 3-**Agagna Y., 2009** - Effet du Spirotetramat sur une population de *Lepidosaphes beckii* (Homoptera : Diaspididae) dans un verger d'agrumes à Rouiba. Mém. Ing., Inst. Nat. Agron., El – Harrach, 72 p.
- 4-**Albrigo L.G. and Brooks, R.F., 1977** - Penetration of Citrus cuticles and cells by Cirrus snow scale, *Unaspis citri* (Comst.). Proc. Int. Soc. Citriculture, Vol. 2, p. 463-467.
- Alfaro R.I., 1995.** – An induced defense reaction in white spruce to attack by the white pine weevil, *Pissodes strobi*. Canadian Journal of forest research 25: 1725 – 1730.
- 5-**Anonyme, 1976** -La protection phytosanitaires des agrumes en Algérie 1976. Edit CIBA GEICY, Alger, 159p
- 6-**Anonyme, 2002a.** –Larousse agricole Ed. Mathilde Majore lassistée de Nora Schott, Paris. 767 p.
- 7-**Anonyme, 2002b.** - Extraction des flavonoïdes Rapport CRD Saidal 80 P.
- 8-**Anonyme, 2003** - -Recensement générale de l'agriculture. Ministère de l'agriculture (FNRDA) Cédérom, Alger.
- 9-**Anonyme, 2006** - **Source** : Programme d'aménagement côtier (PAC), 2006).
- 10-**Anonyme, 2006_{ab}** - Ministère de l'Agriculture. Statistiques agricoles.
- 11-**Anonyme, 2006_c** - Les agrumes“, Secrétariat de la CNUCED d'après les données statistiques de l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 41p.
- 12-**Anonyme, 2006_d** -Bulletin mensuel météorologique. Ed. Station météo. Dar El Beida. 3p.
- 13-**Anonyme, 2009** - Relevés climatologiques. Manuscrit I.T.A.F.V., Boufarik, 18p.
- 14-**Anonyme, 2012** - Production mondiale d'Agrumes frais et transformés. Données statistiques annuelles de la F.A.O., 60 P.
- 15-**Anonyme sd** - AGRUMES Oranger (*Citrus sinensis*) et Citronnier (*Citrus limon*). Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II BP 6202 Rabat Instituts. LES) p. 01.
- 16-**Arnason J., Philogene B., Donskov N., Hudon M., McDougall C., Fortier G., 1985** - Antifeedant and insecticidal properties of azadirachtin to the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. Entomol. Exp. Appl. 38, 29–34.
- 17-**Arnason, J.T., Durst. T., Philogène, B.J.R. et Scott, L.M 2008.** -.Prospection d'insecticides phytochimiques de plantes tempérés et tropicales communes ou rares,. 88-99. In
- 18-**Asplanato, G., Garcia-Mari, F., 2002** - Parasitismo de la cochinilla roja californiana *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae) en la zona citrícola sur de Uruguay. Boletín Sanidad Vegetal Plagas 28, 5-20.
- 19- **Avidov Z. ET Harpaz, I. 1969.** - In: Plant Pests of Israel. Israel Universities Press, Jerusalem. 549 pp.
- 20-**Bahorun T., 1997** - Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Food and agricultural resarch council, Réduit, Mauritius. PP. 83-94.
- 21-**Baillay R., Aguitar J., Faiure-Amiot A., Mimaudj et Patriek G., 1980** - Guide pratique de la défense des cultures“, Ed. le Carousel, A.C.T.A, Paris, 419 p.
- 22-**Balachowsky A.S., 1932** - Contribution à l'étude des coccidés de l'Afrique mineure [11^{ème} note]. Sur une diaspine nouvelle récoltée par M. P. Vayssiere dans le haute-atlas. Bull. Soc. Hist. Entomol. Fr., 37, pp : 18-20.
- 23-**Balachowsky A.S., 1937.** -Les cochenilles de France, d'Europe, du nord de l'Afrique et du bassin Méditerranéen I. Caractères généraux des cochenilles, morphologie externe. Actualités scientifiques et Industrielles d'Entomologie Appliquée, 414 : 1-68.
- 24-**Balashowsky A.S., 1939**-Les cochenilles de France, d'Europe du Nord de l'Afrique et du bassin Méditerranéen. Ed. Herman et Cie. Tom III, Paris, 111p.
- 25-**Balachowsky A.S., 1948** - Les cochenilles de France, d'Europe, du Nord de l'Afrique et du bassin méditerranéen“. Monographie des Coccidae. Classification – Diaspididae (première partie). Ed. Hermann et Cie, Paris, T.I.V, n°1054, (), pp. 243-392.

- 26-Balachowsky A.S., 1950a.** - Les cochenilles de France, d'Europe, du Nord de l'Afrique et du Bassin Méditerranéen. V- monographie des Coccoidea; Diaspidinae (deuxième partie) Aspidiotini. Entomologique Applicata Actualités Sciences et Industrielles 1087, pp : 397-557.
- 27-Balachowsky A.S. 1950b** - La destruction des insectes auxiliaires entomophages par les traitements insecticides et ses conséquences. Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France 36(6): 220-223.
- 28-Balachowsky A.S., 1951** – Entomologie appliquée. Les cochenilles de France, d'Europe, du Nord de l'Afrique et du bassin méditerranéen. Ed. Hermann et Cie, Paris, Coll. " Act. Sci et ind. ", n°1127, T. VII, p.
- 29-Balachowskyn A.S, 1953** - Les cochenilles de France, d'Europe du Nord, de l'Afrique et du bassin méditerranéen“, Ed. Hermann et Cie, T.VII, Paris, 204p.
- 30-Balachowsky A.S., 1954** –Les cochenilles paléarctiques de la tribu des Diaspidini. Ed. Institut Pasteur, Paris, Coll. " Mem. Sci. Inst. Pasteur", 450 p.
- 31-Balachowsky A.S. et Mesnil L., 1935** – Les insectes nuisibles aux plantes cultivées leurs mœurs, leur destruction. Ed. Busson, Paris, T. 1, 627 p.
- 32- Ballou H.A., 1912a.** -Report on the prevalence of some pests and diseases in the West Indies, for 1910 and 1911. West Indian Bulletin 12: 412-425.
- 33-Barbosa P., et Wagner, M. R., 1989** –Introduction to forest and shade tree insect, Acqde; IC Press. Son Diego, California, p 639
- 34-Beardsley J.W. et Gonzalez, R. H. 1975** - The biology and ecology of armored scales. Annual Review of Entomology 20: 47-73.
- 35-Beck, 1965,** - Resistance of plant to insect. Ann. Rev, Entomol.10, 207-232.
- 36-Beck S.D. et Reese, J.C., 1976** -Insect-plant interaction: Nutrition and metabolism. In "Biochemical interactions between plants and insects". J.W. Wallace and R.L. Mansell (ed.), Recent Adv. Phytochem., 10, 42-92.
- 37- Bedford E.C.G. 1989** - Red Scale on Citrus. In: -Farming in South Africa, Citrus H.2. Dept. of Agriculture et Water Supply, Pretoria, South Africa. 4 pp.
- 38-Bedford E.C.G. et Cilliers, C.J. 1994** - The role of *Aphytis* in the biological control of armored scale insects on citrus in South Africa. pp: 143-179. In: Rosen D. (ed) *Advances in the study of Aphytis*. Intercept Limited, Andover, UK.
- 39- Bedford E.C.G., 1998.** -. Red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell). In: E.C.G. Bedford, M.A. Van den Berg and E.A. De Villiers (eds.), Citrus pests in the Republic of South Africa. Dynamic Ad., Nelspruit, South Africa: 132-134.
- 40-Belabbas A. 2012.** -Rapport de mission. Etude de base sur les Agrumes en Algérie.. www.ipm-neareast.com. Projet TFS/REM/070/ITA- « Programme régional de gestion intégrée des Ravageurs pour le Proche-Orient».
- 41-Belguendouz R., 2006** - Biosystématique des cochenilles diaspines (Diaspididae) d'Algérie. Mem. Magist., Inst. Nat. Agron, El Harrach (Alger), 194p.
- 42-Belguendouz R., Harchouche C., et Houmani,Z. 2013** - Evaluation of Insecticide effect of *Citrus aurantium* essential oil on the dynamique of *Parlatoria ziziphi* Lucas populations (Hemiptera, Diaspididae. Meeting International : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Oasiennes: Perspectives pour un Développement Durable des Zones Arides, Djerba (Tunisie) 17-19 Décembre 2013.
- 43- Bell E.A., 1974.-.** Biochemical bases of resistance of plants to pathogens. Proc. Summer Institute on Biological Control of Plant Insects and Diseases. Ed. by Maxwells F.G. et Harris F.A., Cambridge, University Press. pp. 453-462.
- 44-Benmiloud M., sd.**-Rôle des éléments minéraux dans la nutrition des agrumes : diagnostique foliaire et qualité des fruits. BRA.5p.
- 45-Belmiloud, M., 1995** - Bioécologie d'*Aonidiella aurantii* (Homoptera; *Diaspididae*) dans un verger de clémentinier en Mitidja“, Thèse. Ing. Agro. Univer. Blida, 73p,
- 46-Benamara S., Gougam, H., Amellal, H., Djaouab., Benammed, A., Noui Y., 2008** - Some technologic proprieties of common date (*Phoenix dactilyfera* L.). Am. J. Food Technol., 32p: 79-88.
- 47-Benassy C., 1975** – Les cochenilles des agrumes dans le bassin méditerranéen. Ann. Inst. Nat. Agro. Vol. V, n°6, El-Harrach, pp. 118-142.

- 48-Benassy C., Soria F., 1964.** -Observations écologiques sur les Cochenilles diaspinées nuisibles aux agrumes en Tunisie. *Altit. I. N. R. A. T.*, 37, pp193-222.
- 49- Benassy C., Onillon J.C., Brun P., 1983.** -Agriculture. Programme on Integrated and Biological control (CEC). 1979-1981. EUR 8273, pp: 67-74.
- 50-Benhamou N., Lafontaine P. J. et Nicole M., 1994.** -Seed treatment with chitosan enhanced resistance to *Fusarium crown and root rot* in tomato plants. *Phytopathology* 12 : 1 432-1 444.
- 51- Berenbaum M.R. 1995.** -The chemistry of defense: theory and practice. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 92, 2-8 Berger, 2005.
- 52-Phytophylactica 22: 257–258., 1995** - Premières données sur un nouveau ravageur en Algérie *Phyllocnistis citrella stainton* (Lepidoptera-Gracillariidae) mineuse nuisible au *Citrus*. Journée technique sur la lutte contre la mineuse et la cératite des agrumes. I.N.P.V., Alger, 10p.
- 53-Biche M et Sellami M.-1999**-Etude de quelques variations biologiques possibles chez *P. oleae* Calvée (Hémiptera. Diaspididae). *Bulletin de la société entomologique de France*. Vol. 3, n°104, Algerie, pp.287-292.
- 54-Biche M., 1987** – Bioécologie de *Parlatoria oleae* Clvée (Hom. Diaspididae) Ravageur de l'olivier, *Olea europea* L., dans la région de Cap-Djinet (Algérie) et étude biologique de son parasite externe *Aphytis maculicornis* Masi (Hym. Aphelinidae). *Dipl. Univ. Rech., Univ. Nice*, 119 p.
- 55-Biche M., 2012.** -Les Principaux Insectes Ravageurs des Agrumes en Algérie et leurs Ennemis Naturels“, F.A.O., Regional Integrated Pest Management Programme in the Near East, Proche Orient, 36p.
- 56-Biche M., Siafa A., Adda, R. et Gherbi R., 2011** - Biologie de *Aonidiella aurantii* (Homoptera, diaspididae) sur citronnier dans la région de Rouiba. *Lebanese Science Journal, Special Issue*, 2012. pp: 59-64.
- 57- Bimboni H.G. 1970.** -. The Relation of Variation in Temperature to the Rate of Development of Immature Stages of California Red Scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), on Citrus. Masters Thesis, Department Of Entomology, University Of California, Riverside
- 58-Binet P. et Prunet, J.P., 1967.** -Biologie végétale, Physiologie végétale. Imprimerie de Montligeon, La chapelle-Montligeon (ORNE), 439 P.
- 59-Björkman C., Larsson S. et Gref R., 1991** - Effects of nitrogen fertilization on pine needle chemistry and sawfly performance. *Oecologia*, 86, pp. 202-209.
- 60- Boboye S.O. 1971.** -Scale insects on citrus and their distribution in Western Nigeria. *Journal of Economic Entomology* 64: 307-309.
- 61Boccas B., et Laville, E., 1978.** -Les maladies à Phytophthora (IRFA Ed. Paris).
- 62-Bodenheimer F.S., 1951** - Citrus entomology in the Middle East. Ed. W. Junk. The Hague, The Netherlands, 663 p.
- 63-Boileau Ch., et Giordano, L., 1980.** -.La culture des agrumes, Ed. Tacussel, Marseille. (<http://suite101.fr/article/oranger-et-autres-agrumes-cultivez-votre-jardin-des-hesperides>).
- 64-Boisduvalier J.B.A., 1867** - Essai sur l'entomologie horticole. (Report on horticultural entomology.) (In French). Donnaud, Paris. 648 pp.
- 65-Bourijate M. ET Bonafonte, P. - 1982.** -Influence of delayed mating on fecundity, sex-ratio, oviposition, shield formation and behavior in 4 species of scale insects (Homoptera - Diaspididae). *Annal. Soc. Entomol. Fr.*, 18: 303-315.
- 66-Bove J., Bove C. e t Raveux R. 1957.** -. Extraction, séparation n e t détermination de certains composés hydrosolubles dans les plantules et diverses cultures de tissus de *Citrus Limonum* Rev. 'ien. Bot., 64, 572-593.
- 67-Bretonneau J. et Fauré Y., 1992.** - Atlas d'arboriculture fruitière, VI., Edition 3^e, Editions Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 289 P.
- 68- Brown W.L. 1968.** -. An hypothesis concerning the function of the metapleural glands in ants. *Am. Nat.* 102, 188-191.
- 69-Cahuzac Y. 1986.** -. Les cochenilles des ligneux d'ornement. *Phytoma* (No. 383): 37-38.
- 70-Calatayud P.A.,** “Etude des relations nutritionnelles de la cochenille du manioc avec sa plante hôte“, Editions de l'ORSTOM.PARIS, (1994), p14-15-16.
- 71-Calatayud P.A., 1994.** -. Etude des relations nutritionnelles de la cochenille du manioc avec sa plante hôte“, Editions de l'ORSTOM.PARIS, p :4-15-16.

- 72-Calatayud, P.A. et LeRu, B. 1996. - Étude des relations nutritionnelles de la cochenille du manioc avec sa plant-hôte. Bull. Soc. Zool. Fr., 12(4): 391.
- 73-Calatayud P.A., Rahbe, Y., Tjallingii, W.F., Tertuliano, M. et LE RÜ B., 1993. - Electrically recorded feeding behaviour of cassava mealybug on host and non-host plants. Entomol. Exp. Appl., submitted. 72: 219-232.
- 74- Cameron J.W., G.E. Carman, and R.K. Soost. 1969. -Differential resistance of Citrus species hybrids to infestation by the California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.). Journal of American Society of Horticultural Sciences, 94: 694-696.
- 75-Jacquemond Camille, Agostini Dominique, Curk Franck. 2009.-Des agrumes (Algérie), Bihar, pp: 101.
- 76-Camille Jacquemond, Franck Curk, Marion Heuzet, 2009. -Des agrumes. Bihar, pp: 101. (<http://books.google.dz/books?>) .
- 77- Campbell, C.A.M., 1990.-The susceptibility of cocoa to mealybug (Pseudococcidae) and other honeydew-producing Homoptera in Ghana. Bull. Entomol. Res. vol. 80, p. 137-151
- 78-Campos-Rivela, J.M., Martinez-Ferrer, M.T. et Fibla-Queralt, M. 2012. -Population dynamics and seasonal trend of California red scale (*Aonidiella aurantii* Maskell) in citrus in Northern Spain Spanish Journal of Agricultural Research 10(1): 198-208.
- 79-Carroll D.P. et Luck, R.F. 1984.-Bionomics of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae), on orange fruits, leaves, and wood in California's San Joaquin Valley. Environmental Entomology, 13: 847- 853.
- 80-Chaboussou F., 1975.- Les facteurs culturaux dans la résistance des agrumes vis-à-vis de leurs ravageurs. St. Zool. Inst. Nat. Rech. Agro., Bordeaux, 39 p.
- 81-Chang L.C., Tao, C.C., 1963.-Black parlatoria, *Parlatoria zizyphus* (Lucas). Taiwan Agric. Res. Inst. 12:1-47;
- 82-Chapot H. et Delucchi V.L., 1964.-Maladies, troubles et ravageurs des agrumes au Maroc“, Ed. I.N.R.A. Rebat, 339p.
- 83-Chen F.G., 1936.-Notes on scale insects of citrus in several districts of East Chekiang, with descriptions of one new species. Entomol. Phytopathol. 4:208-228.
- 84-Chorfa S, 1993.-Recherches sur un nouveau ravageur du clémentinier *Aonideilla aurantii* M. (Hom. Diaspididae) à Boufarik. Mém. Ing. Agron. INA., El Harrach, 63 p.
- 85-Chouchaoui H., 1991. - Contribution à l'étude bioécologique de *Lepidosaphes bckii* N. et approche biologique d'*Aonidiella aurantii* (Hom. Diaspididae) ravageur des Agrumes dans la région de Boufarik. Mém. Ing. Agron. INA., El Harrach, 200 p.
- 86- CIE, 1964.-Distribution Maps of Plant Pests, no. 186. CAB International, Wallingford, UK.
- 87-Claps L.E., Wolff, V.R.S. et González, R.H., 2001. - Catálogo de las Diaspididae (Hemiptera: Coccoidea) exóticas de la Argentina, Brasil y Chile. *Rev. Soc. Entomol. Argentina*, 60: 9-34.
- 88-Clakson D.T et Hansan J.B ? (1980).in : Jabnone M. (2008). - Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium chez le riz. Thèse de Doc. Ecol. Doct. Montpellier. France. 114p.
- 89-Cloutier C. 1999. - Les relations plantes-insectes. Fascicule dans Notes de cours. Université Laval 7 p.
- 90-CNUCED, 2010.-Diagramme de l'évolution de la production mondiale d'agrumes totale ainsi que par produit de 1961 à 2010 en tonnes. (Source: Secrétariat de la CNUCED, d'après les données statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). <http://fr.wikipedia.org/wiki/Agrum>)
- 91-Cockerell T.D.A., 1893 - The distribution of Coccidae. Insect Life 6: 99-103.
- 92-Coll M. ET Abd-Rabou, S., 1998. - Effect of oil emulsion sprays on parasitoids of the black parlatoria, *Parlatoria zizyphi*, in grapefruit. Biocontrol 43: 1, 29-37.
- 93-Colón-Ferrer M. et Medina-Gaud, S., 1998. - In: -Contribution to the Systematics of the Diaspidids (Homoptera: Diaspididae) of Puerto Rico. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus, Agric. Experiment Station, Dept. of Crop Protection, Río Piedras, Puerto Rico. 258 pp.
- 94- Compere H., 1961. -The red scale and its natural enemies. *Hilgardia*, 31: 173-278.
- 95- Comstock J.H. 1881 - Report of the Entomologist. Report of the Commissioner of Agriculture, United States Department of Agriculture 1880/1881: 276-349.

- 96-Corcuera L.J., Queirolo, C.B. and Argandona, V.H, 1985.-Effects of 2-beta-glucosyl-4-hydroxy-7-methoxy-1,4- benzoxazin-3-one on *Schizaphis graminum* Rondani) (Insecta, Aphidae) feeding on artificial diets. *Experientia*, Vol. 41, p. 5 14-5 16.
- 97- Corcuera L.J., Queirolo, C.B. and Argandona, V.H. 1985.-. Effects of 2-beta-Dglucosyl-4-hydroxy-7-methoxy-1,4- benzoxazin-3-one on *Schizaphis graminum* (Rondani) (Insecta, Aphidae) feeding on artificial diets. *Experientia*, , Vol. 41, p. 5 14-5 16.
- 98-Coutanceau M., 1962.-Arboriculture fruitière, technique et économie des cultures de rosacées fruitières ligneuses. 2^{ème} Edition, Editions J B Baillièrre et Fils, Paris., 575 p.
- 99-Cruz C. et Segarra, A. 1991.-Recent biological control experiences in Puerto Rico. In: Pavis, C. et Kermarrec, A., (Editors), Caribbean Meetings on Biological Control (Colloques de l'INRA). Guadeloupe, France: November 5-7, 1990. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France.
- 100-Dajoz (R.) 1998.-. Les insectes et la forêt. Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. Paris, France, Lavoisier, 594 p.
- 101-Dajoz R., 1985.-.Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 505p.
- 102-Danzig E.M. et Pellizzari, G. 1998.-.Diaspididae In: Kozár, F., Ed., Catalogue of Palaearctic Coccoidea. Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary. 526 pp.
- 103-Dean H.A. ET Tannahill, H. 1975.-.Chaff scales and their parasites as affected by certain acaricides. *Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society* 29: 37-43.
- 104-Dekle G.W. 1976 - Florida armored scale insects. *In* "Arthropods of Florida and neighboring land areas." Fla. Dept. Agric. Consumer Serv. Div. Plant Ind., 3: 345 pp.
- 105-Delobel A. G. L. et Lubega M. C., 1984.-.Rainfall as a mortality factor in the sorghum shootfly, *Atherigona soccata* Rond. (Diptera, Muscidae). *Z. angew. Entoinol.*, 97, 510-516.
- 106-Delucchi V. 1965. Notes Notes sur le pou de Californie (*Aonidiella aurantii* Maskell) au Maroc. *Annales de la Societe Entomologique de France*, 1: 740–788.
- 107-Derridj S., et Wu B.R., 1996. -."Informations biochimiques présentes à la surface des feuilles. Implications dans la sélection de la plante hôte par un insecte", colloques : Actes des 5^e journées du groupe de travail relations insectes-plantes, CIRAD-CA, Montpellier 100p.
- 108-Dethier V.G., 1970.-.Insect taste receptors. *Neuroscience Research Programm Bulletin* 8(5): 513-516.
- 109-DeVallavieille-Pope C., Fraj, M. B., Mille, B., et Meynard, J.-M., 2004.-.Les associations de variétés: accroître la biodiversité pour mieux maîtriser les maladies. Doss de l'environnement de. *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, 30, 101-109.
- 110-De-Villiers J.F. 1998.-.Citrus mussel scale: *Lepidosaphes beckii* (Newman) *Cornuaspis beckii* (Newman)]. 149-153. In: Bedford, E.C.G., Van den Berg, M.A. et De Villiers, E.A. (Eds.), *Citrus pests in the Republic of South Africa*. Institute for Tropical and Subtropical Crops, Nelspruit. 288 pp.
- 111- Dickson R.C., 1951. - Construction of the scale covering of *Aonidiella aurantii* (Mask.). *Annal. Entomol. Soc. America*, 44: 596-602.
- 112-Djoudi A., Adamou B. et Yahiaoui Ghali H., sd. –.Les ravageurs des agrumes. Pathologie des arthropodes. Departement des Science Agronomique. Univ.Iben khaldoune –Tiaret. Fac. Sc. Agro-véto. 64p.
- 113-Dones Ramón A., Gregory A. et Evans. 2011.-. A new species of armored scale, *Mycetaspis ailynaomi* (Hemiptera, Diaspididae, Aspidiotinae), associated with *Mammea americana* L. (Malpighiales, Calophyllaceae) from Puerto Rico. *ZooKeys* 108: 1–10.
- 114-Doumandji – Mitiche B. et Doumandji S., 1988. –.La lutte biologique contre les déprédateurs des cultures. Ed.Off. Pub. Univ., Alger, 71 p.
- 115-Dreux P., 1980 - Précis d'écologie. Ed. Presse. Univ. France, Paris, Coll. « le biologiste », 231p.
- 116-Duchaufour P., 1976 - Atlas écologique des sols du monde. Ed. Masson, Paris, 178 p.
- 117-Dude, J L., 1978. -.Le diagnostic foliaire, ses possibilités d'application au niveau d'une région de production de fruits à pépins "le Maine et Loire"., Mémoire de fin d'étude., ENITH Angers., 130 P.

- 118-Duffield, G.E., Gibson R.C., Gilhooly P.M., Hesse A.J., Inley C.R., Gilbert F.S. et Barnard C.J. 1993.-** Choice of flowers by foraging honey bees (*Apis mellifera*): possible morphological cues. *Ecological entomology*. 18:191-197.
- 119- Ebeling W. 1959.** -.Subtropical fruit pests. University of California, Div. Agric. Sci.Evans, GA
2007 USDA APHIS liste des aleurodes (Alerodidae) de la plante hôte. Soc. 90 :124-126.
- 120-El Otmani M., 2005.-**“Les agrumes, le maraichage et le froid hivernal“. Bulletin mensuel d’information et de liaison du PNTTA, transfert de technologie en agriculture, n°: 127, Agadir Maroc, 4p.
- 121-Evert RF, Eschrich W, Eichhorn SE, Limbach ST., 1973.-**. Observation sur la pénétration des feuilles d’orge par les pucerons *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.). *Protoplasma* 77: 95-110
- 122-Fabres G., 1981.** -.Analyse structurelle et fonctionnelle comparative de la biocénose d’un homoptère (*Lepidosaphesbeckii*, Diaspididae) dans deux types d’habitat agrumicole de la nouvelle Calédonie. Cah., ORSTOM, Sér., Biot., 44 p : 43-47.
- 123-Fabrice L. et Valérie Le Bellec., 2007.-**.Le verger tropical. Culture des arbres fruitiers. Ed Orophie . 263 P.
- 124-Fallen C.F., 1814.** -.Specimen novam Hemiptera disponendi methodum exhibens. , Lundae. 26 p.
- 125-FAO, 2003** - Projections de la production et de la consommation mondiales d’agrumes jusqu’en 2010, Comité des produits, groupe intergouvernementale sur les agrumes, treizième session, La Havane, Cuba, 20-23 mai 2003.
- 126-FAO, IFA et IMPHOS, 2003.** -.Les engrais et leurs applications. Précis à l’usage des agents de vulgarisation agricole. Quatrième édition FAO, IIFA et l’IMPHOS). ISBN 92-5-104414-7. ONU Pour l’alimentation. Rabat 75p.
- 127-Faurie C., Ferra C. et M dori P., 1980.** -.Ecologie. Ed. Baillière, Paris, 168 p.
- 128-Ferhat M.A., Meklati B.Y. et Chemat F., 2010.-**“Citrus d’Algérie les huiles essentielles et leurs procédés d’extractions“ .Ed n°5130, Algérie. Fernan (1999). 7P.
- 129-Ferriere Ch., 1985.** -.Hymenoptera Aphelinidae d’Europe et du Bassin Mediterranéen. Faune de l’Europe et du Bassin Mediterranéen, Paris 206 pp.
- 130- Ferris G.F., 1938.-**. In: -Atlas of the scale insects of North America. Series 2. Stanford University Press, Palo Alto, California.
- 131- Feyereisen R. 1999.** -.Insect P450 enzymes. *Annual review of entomology*. 44:507-533.
- 132- Flanders SE. 1953.** -.Aphelinid biologies with implications for taxonomy. *Annals of the Entomological Society of America*.
- 133- Flanders S.E., 1971.** -.Multiple parasitism of armored coccids (Homoptera) by host-regulative aphelinids (Hymenoptera); ectoparasites versus endoparasites. *Canadian Entomologist* 103: 857-872.
- 134- Fletcher T.B., 1919.** -.Annotated list of Indian crop-pests. *Proceedings of the 3rd Entomological Meeting*. Pusa, India 1: 33-314.
- 135-Foldi I., 2001.-**.Liste des cochenilles de France (Hemiptera, Coccoidea). (In French; Summary In English). *Bulletin de la Société Entomologique de France* 106(3): 303-308.
- 136-Forestier J., 1986.** -.Valeur du diagnostic foliaire du caféier Robusta., Centre de Recherches Agronomiques de Boulcoko (R.C.A.), France (Côte d’Azur). 17 P.
- 137-Franco J.C., Russo, A. et Marotta, S. 2011.-**.An annotated checklist of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of Portugal, including Madeira and Azores Archipelagos *Zootaxa* 3004: 1–32.
- 138-Frankie GW., Baker HG. ET Opler PA. 1974.-**.Tropical plant phenology: Applications for studies in community ecology. In *Phenology and Seasonality Modeling*, Lieth H (ed). Springer-Verlag: Berlin; 287-296.
- 139-Gabe M., 1968.-**. “Techniques histologiques“, Paris : Editions Masson, 1113p.
- 140-Garcia M.F., 1973.-**.Contribution à l’étude biologique de *Parlatoria olea* Colvée (Hom. Coccoidea – Diaspididae). INA, Buenos. Aires, Rep. Argentine, série 5, vol., X, n°1, 550 p.
- 141-Gautier M., 1987.-**.La culture fruitière, V 1, L’arbre fruitier, Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 492p.
- 142-Gerard C. et Germain E., 1994.-**.Le Noyer, Nouvelles techniques, Edition Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et des Légumes CTIFL, Paris., 207 P.

- 143-German J.F., et Matile-Ferrero D., 2005.** -. Les cochenilles sous serre en France Rev. Phytoma, n° 583, p32.
- 144-Gherbi R., 2006.** -.Le complexe coccinelles - parasites hyménoptères dans une populations de cochenilles diaspidines (Homoptera : Diaspididae) et son interaction avec leur guildes dans un verger de citronnier à Rouiba. Mem. Ing, Int. Agro, El-harrach, 106 p.
- 145- Graham, J.H., Menge J.A., 2000.** -.Phytophthora-induced diseases. P. 12-15 In L.W. Timmer, S.M. Garnsey, et J.H. Graham, eds. Compendium of Citrus Diseases. 2nd ed. APS Press, Inc. St. Paul, MN.
- 146-Grasse P.P., 1951.-.** Traité de Zoologie. (Ed). Paris : Editions Masson. Vol. 10, 1948 p.
- 147-Grasse P., 1970-** Précis de sciences biologiques: Zoologie, I. Invertébrés.Ed.Masson et CE , Paris, 935p.
- 148-Gravena S., Fernandes C.D., Santos A.C., Pinto A.S. et Paiva P.S.B. 1992.-.**Effect of Buprofezin and Abamectin on *Pentilia egena* (Muls.) (Coleoptera: Coccinellidae) and Chrysopids on Citrus. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 21(3): 215-222.
- 149-Green E.E., 1896.-.**A new British coccid. Entomologist's Record and Journal of Variation 8: 260-261.
- 150-Guyot J. et Quilici, S. 1987.** Bio-ecological study of the scale insect *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni-Tozzetti and its natural enemies in Reunion. Fruits 42(10): 583-592.
- 151- Habib A., Salama H.S., Et Amin. A.H., 1972.-.** Population of *Aonidiella aurantii* on citrus varieties in relation to their physical and chemical characteristics. Entomologia Experimentalis et Applicata, 15: 324-328.
- 152-Habib M. et al , 1969.** -.Population studies on Scale Insects infesting Citrus Trees in Egypt. Z. Ang. Entomol., 69, pp. 318 – 330.
- 153-Haddoum, 2006.- .** Fluctuations saisonnières des populations de *P.ziziphi* et l'impact de son parasite *Encarsia citrinus* dans la régulation des niveaux d'infestations du pou noir dans la région de la Mitidja. Mém. Ing. Agron. INA., El Harrach.60p.
- 154-Halitim A., Dogar A., Gangaraj U., Selvanathan G., Rayer et Dixit., 1978.** -. Etablissement des besoins en éléments nutritifs des agrumes dans la Mitidja pour le diagnostic foliaire. Journées d'études CERAG. V III., Pp 413-437.
- 155-Hall,W.J., 1924.** The insect pests of citrus trees in Egypt. Bulletin, Ministry of Agriculture, Egypt, Technical and Scientific Service 45: 1-29.
- 156-Hamdi Pacha A., 1976.** - Diagnostique foliaire chez les agrumes, Mise à point des méthodes d'échantillonnages, Recherche de définitions de "Standards", Applicables à la culture des agrumes en Algérie., Thèse Ing, Agro, INA, Alger, 60 P.
- 157- Harborne J.B. 1993.** -.Introduction to chemical ecology, 4^{ème} édition, Academic press, London, 317 p.
- 158-Hare J.D., et Luck R.F., 1991.-.** Indirect effects of citrus cultivars on life history parameters of parasitic Wasp. Ecology 72: 1576-1585.
- 159-Hare J.D., Et Luck R.F., 1994.-.** Environmental variation in physical and chemical cues used by the parasitic wasp, *Aphytis melinus*, for host recognition. Entomologia Experimentalis et Applicata, 72: p97-108.
- 160-Hare J.D., Yu D.S. et Luck R.F., 1990.** -. Variation in life-history parameters of California red scale on different citrus cultivars. Ecology, 71: 1451-1460.
- 161-Hare J.D., et D.J.W. Morgan. 2000.** -. Chemical conspicuousness of an herbivore to its natural enemy: Effect of feeding site selection. Ecology, 81: 509-519.
- 162-Hatateba R., 1978.** -. Etat nutritionnel de quelques vergers de clémentinier de la Mitidja et du Sahel par la méthode du diagnostic foliaire. Thèse d'Ing, Agro, INA, Alger, 65 P.
- 163-Hely P.C. ET Gellatley, J.G., 1961.** -. The purple or mussel scale. *Lepidosaphes beckii* (Newm.). Agricultural Gazette of New South Wales 72: 14-8,39.
- 164- Heriot A.D., 1934.** -. The renewal and replacement of the stylets of sucking insects during each Stadium, and the method of peneuation. Can. J. Res., vol. 11, p. 602-612.
- 165-Hodgson C.J. ET Hill, D. S., 2008.** -. Pest of crops in warmer climates and their control. Springer Science and Business Media,708pp.
- 166-Hopkins W.G., 2003.-.**Physiologie Végétale, De Boock. Université, 2ème édition.

- 167- Hosny M., 1943.** -. Coccidae new to Egypt, with notes on some other species. Bulletin de la Société Fouad 1er d'Entomologie 27: 113-123.
- 168- Howard L.O., 1900.-.** The two most abundant pulvinaria on maple. United States Department of Agriculture, Division of Entomology, Bulletin 22: 7-23.
- 169- Hua L.Z., 2000.** -(In Chinese). In:-List of Chinese Insects (Vol. 1). Zhongshan University Press, Guangzhou, China. 448 pp.
- 170- Hughes R. D., 1963.** -. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevioryne brassicae* (L.). J. aiiinz. ECOL., 32, 393-424.
- 171-Huguet C. et Coppenet M., 1992.** -.Un point sur. le magnésium en agriculture. Editions INRA, Paris., 270 P.
- 172-I.N.R.A. 1997.-.** Cochenilles Diaspines (Diaspididae), www.inra.fr/hyppz/ZGLOSS/3g176.htm.
- 173-Imache A., Bouarfa S. et Hartani T., 2010.** -.La Mitidja 20 Ans Apres Réalités Agricoles Aux Portes D'Alger, Edition Quae, Versaille cedex, France. 283p.
- 174-INRA, 1978.** -.Généralité sur les cochenilles diaspines. I. N. R. A Antibes. Polycop. 27P. International Citrus Congress, 3: 1067-1073.
- 175-ITAF, 2002.** -.Création et conduite d'un verger du pommier. Institut Technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne. 119p.
- 176-Jacquemond C., Marion H.et Coord, 2013.** -.Les clémentiniers et autres petits agrumes. Ed. Quae. 368p.
- 177-Jefjaf A., 1978** – Etudes de populations de la cochenille virgule, *Lepidosaphes beckii* Newman (Hom. Diaspididae) sur (Hamlin) et de leurs parasites à Boufarik, (Mitidja) These, Ing. Agro. Inst. Nat. Agro. ElHarrach.
- 178-Johnson W.T. ET Lyon, H.H. 1976.** -. In: -Insects that Feed on Trees and Shrubs: an Illustrated Practical Guide. Cornell University Press, Ithaca, N.Y. 464 pp.
- 179- Jolivet P. 1992.-.** Insects and plants: Parallel evolution and adaptations. Flora et Fauna handbooks. Sanhill crane press. Gainesville, Florida. 190 p.
- 180- Jolivet, P. 1998.-.** Inter relationship between insects and plants. CRC Press. Boca Raton, Florida. 309 p.
- 181-Kalshoven, LGE, Laan PA van der. 1981.-.**Pests of crops in Indonesia (Reviser and translator),..Jakarta, Indonesia: Ichtiar Baru, 701 pp.
- 182-Kasraoui M. F.; Braham M.; Denden M.; Mehri H.; Garcia M.; Lamaze T.; Attia F. 2006.-.** «Effet du déficit hydrique au niveau de la phase photochimique du PSII chez deux variétés d'olivier». Comptes Rendus Biologie, Volume 329, Issus 2, Pages 98-105.
- 183-Kaydan M.B., Ülgentürk, S. et Erkiliç, L. 2007.-.**Turkiye'nin gozden gecirilmis Coccoidea (Hemiptera) turleri listesi. [Checklist of Turkish Coccoidea species (Hemiptera)]. (In Turkish) Yüziüncü Yil Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi 17(2): 89-106.
- 184-Kerboua M., .sd.-.** L'agrumiculture en Algérie. Inst. Tech. de l'arboriculture fruitière et de la vigne (ITAF) Tessala El merdja. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural – Algérie.7p.
- 185-Khelil A. et Bentchikou M.E., 1978.** -.Variations de la composition minérale des feuilles de clémentinier, Premier essai de détermination de la période de stabilité, Fruits. vo1.34, n°09.
- 186-Khlij1 A. et Hajlaoui M.R., 2010.-.**Identification des espèces de phytophthora responsables de la pourriture racinaire dans les vergers d'agrumes tunisiens et évaluation de leur densité d'inoculum Annales de l'INRAT, 2010, 83. pp: 142-153.
- 187-Khoudour A, 1980.** – .Dynamique des populations de *Lepidosaphes beckii* Newman (Hom. Diaspididae) dans un verger de Clémentinier à Chebli., Mem. Ing. Agro. , Inst. Nat. Agro. , El Harrach, 60p.
- 188-Kihal N. 1992.-.**Etude bioécologique d'Aonidiella aurantii Mask (Hom. Diaspididae) sur clémentinier à l'I.T.F.V. de Boufarik et sa relation avec son parasite externe. Aphytis chrysomphali M. (Hym., Aphelinidae). Mém. Ing. Agro. Inst. Nat. Ens. Sup. Univ. Blida (Algérie), 60 p.
- 189- Kogan m., 1977.** -. The role of chemical factors in insect/plant relationships. Proc. Xv inr. Congr. Entomol, washington, august 19-27. Illinois state natural history survey: academic press. P. 21 1-227.

- 190- **Kogan M.**, 1977. - The role of chemical factors in insect/plant relationships. Proc. XV Inr. Congr. Entomol, Washington, August 19-27, 1977. Illinois State Natural History Survey: Academic Press. p. 211-227.
- 191- **Kosztarab M.**, 1990.-Economic importance. Chap. 3.1. Armored scale insects as pests their biology, natural enemies and control. In: D. Rosen (Ed: Word Crop Pests), vol. 4B, Elsevier, Amsterdam, 311-312. 688pp.
- 192-**Kumbasli M.** , 2005. –. Etude sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.) Thèse de Doctorat des sciences forestières. Faculté de foresterie et de géomatique université Laval. Quebec, 176p.
- 193- **Kuwana S.I.** 1902.-Coccidae (scale insects) of Japan. Proceedings of the California Academy of Sciences 3: 43-98.
- 194-**Kyto M., Niemela P. et Larsson S.**, 1996. -. Insects on trees: population and individual response to fertilization. *Oikos*, 75, , pp. 148-159.
- 195-**Lagowska B.**, 2011.-.New scale insect (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) records from Fiji: three new species, records of several new invasive species and an updated checklist of Coccoidea. *Zootaxa* 2766: 1-29.
- 196-**Lasnami H.**, 1992.-.Contribution à l'étude Bio-écologique de *Parlatoria ziziphi*. Lucas (Hom. Diaspididae) sur clémentinier dans la région de Boufarik et sa relation avec son parasite *Aspidiotiphagus citrinus* Craw (Hym. Aphelinidae), Mem. Ing. Agro. El-Harrach, 80p.
- 197- **Law J.H. Et Regnier F.E.**, 1971.-Pheromones. Annu. Rev. Biochem. 40, 533-548.
- 198-**Le Gall P.**, sd. - Insectes piqueurs autres que LesHyménoptères IRD. Cote:B*25258. Ed. Masson. 14p.
- 199-**Le Pèlerin**, 2006. - .Source Senior Planet, information: publié par henrithoa en 2006. 2p.
- 200-**Le Rü B.**, 1984. - .Contribution à l'étude de l'écologie de la cochenille du manioc, *Platanococcus nzanilioti* (Hom., Coccoidea, Pseudococcidae) en République Populaire du Congo. Thèse de 3^e cycle, Paris- XI (Orsay), 118p.
- 201-**Lebdi Grissa, K.**, 2010.-.“Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates En Tunisie“, Regional Integrated Pest Management Program in the Near East GTFS/REM/070/ITA, Juillet 93p.
- 202-**Legrand A.**, sd. –L'histoire des agrumes. Service des Espaces Verts et de l'Environnement de la Ville de Nantes. 21p.
- 203-**Lesne B. et Pavageau R.**, 1999. -.Les agrumes: «Pressez-vous les oranges». Service des Espaces Verts et de l'Environnement (S.E.V.E) de la Ville de Nantes. p:17.
- 204- **Lindgren D.L.**, 1941. -Factors influencing the results of fumigation of the California red scale. *Hilgardia* 13(9): 49-511.
- 205- **Linnaeus C.**, 1758. -.Systema Naturae, per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata. Tomus 1. Holmiae, [1-4] 824 pp.
Locquin M. et Langeron, M., 1978 - Manuel de microscopie. Paris: Editions Masson, 352 p.
- 206-**Loucif Z. et Bonafonte P.**, 1979.-.Observation des populations du pou de San José Dans la Mitidja. Rev. Fruit, n°4, Vol.32, pp.253-261.
- 207- **Lounsbury C.P.**, 1914.-. Division of Entomology. Annual report, 1913-14. Annual report (Division of Entomology, South Africa Union) 1-26.
- 208-**Loussert R.**, 1985a. -.“ Les agrumes, Arboriculture “, Ed. Baillière, Paris, 136p.
- 209-**Loussert R.**, 1985b.-Les agrumes. Edit. Scientifiques universitaires VI, Mkalles Mar Roukeg Beyrouth, 103p.
- 210-**Loussert R.**, 1987. - . “ Les agrumes, l'arboriculture“, Ed. Lavoisier. Vol .1. Paris, 113p.
- 211-**Loussert R.**, 1989. -.“ Les agrumes“. Production. Ed. Sci. Univ. Vol 2. Liban, 280p.
- 212- **Luck R.F., Podoler, H.**, 1985. - Competitive exclusion of *Aphytis lingnanensis* by *A. melinus*: Potential role of host size. *Ecology* 66, 904-913.
- 213-**Madjene A. et Madani F.**, 2010. - .Contribution à la mise en évidence de L'effet Anti-inflammatoire et analgésique de l'huile essentielle des feuilles et du péricarpe du fruit du citron. Mem.Ing. Univ.Blida, Algérie. 39p.

- 214-Maher N., 2002.** -.Lecion de ponte chez *Lobesia botrana* (Lepidoptera ; Tortricidae) : influence de l'information chimique non volatile présente sur les fruits de plante hôte. Th. Doct. Sci. Biol. El Medic. Université Bordeaux 2, I.N.R.A., 125p.
- 215- Malumphy C. ET Badmin, J.S., 2012.** -.Scale Insects and Whiteflies (Hemiptera: Coccoidea and Aleyrodoidea) of Watsonian Kent; with a Discussion on the Impact of Naturalised Non-native species British Journal of Entomology and Natural History 25:15-49.
- 216-Malumphy C., Halstead, A.J. ET Salisbury, A.2012.**-.First Incursion of Chinese Mussel Scale *Lepidosaphes chinensis* (Hemiptera: Diaspididae) in Europe, With a Review of *Lepidosaphes* Species Found in Britain. British Journal of Entomology and Natural History 25: 1943.1-1943,11.
- 217-Mangold J.R., 1978.**- Attraction of *Euphasiopteryx ochracea*, *Corethrella* sp and gryllids to broadcast songs of the southern male cricket. Florida Entomol. 61, 57-61.
- 218- Mansouri A., Embarek G., Kokkalou E. and Kefalas P., 2005.** -. Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). Food chem.,89 p: 411.
- 219-Marçais B., L. Bouhot-Delduc, LE Tacon F., et SD.** -. Effets possibles des changements globaux sur les micro-organismes symbiotiques et pathogènes et les insectes ravageurs. Revue forestière Française, Vol. 52. numéro spéciale « Conséquence des changements climatiques pour la foret et la sylviculture pp. 99-118.
- 220-Marchal P. 1909.**-.Contribution à l'étude des coccidés de l'Afrique occidentale. Mémoires de la Société Zoologique de France 22: 165-182.
- 221-Marschen H., Kirby E.A et Cakmak I., 1996.-in : Jabnone M. (2008).** -. Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium chez le riz. Thèse de Doc. Ecol. Doct. Montpellier. France. 114p.
- 222-Marie-Claude N., 2002** - Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. Antennae. 7p.
- 223-Martin H., 1954** - Scale insects on Citrus in Tripolitania. FAO Plant Prot. Bull. 2:113-116.
- 224-Martin P., Gagnard J., Gautier P., 1984.** -L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérés et tropicales.Ed.Lavoisier, Paris, 810 pp.
- 225-Maskell W.M., 1896** - Further coccid notes, with descriptions of new species and discussions of questions of interest. Transactions and Proceedings of the New Zealand Institute 28: 380-411.
- 226-Masten Milek T. ET Simala, M. 2008.**-List of the scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of Croatia. 105-119 In: Branco, M., Franco, J.C. ET Hodgson, C.J. (Editors), Proceedings of the XI International Symposium on Scale Insect Studies, Oeiras, Portugal, 24-27 September 2007. ISA Press, Lisbon, Portugal. 322 pp.
- 227- Mattson W.J. 1980.**-.Herbivory in relation to plant nitrogen content. Oecologia, 81p.
- 228- Maxwell-Lefroy H., 1902.**-. Scale insects of the West Indies. West Indian Bulletin 3: 295-319.McKenzie.
- 229-Mc Laren I.W., 1971** - A comparison of the population growth potential in California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), and yellow scale, *A. citrina* (Coquillet), on citrus. Australian Journal of Zoology, 19: 189-204.
- 230-Mendell Z., Protasov1, A., Jasrotia1, P., Silva, E.B., Zada, A. et Franco, J.C. 2012.** -.Sexual maturation and aging of adult male mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae). Bulletin of Entomological Research 102: 385-394.
- 231-Merahi 2002.**-.Contribution à l'étude de la dynamique des populations du Pou de Californie *Aonidiella aurantii* Mask. (Hom. Diaspididae) sur citronnier dans la région de Boufarik. Mém. Ing. Agron. INA., El Harrach, 56 p.
- 232-Messahel et Benhafid, 2007,** -.Gestion du périmètre d'irrigation de la Mtidja ouest tranche 1. Algérie. In Caram F. (Ed) Caraa K. (ed) Lamaddalina N. (Ed) Boglioti C. (ed) Harmonization and integration of water saving options. Convention and promotion of water. Saving policies and guideline . BARI SIHaM/EU. DG. Research, (Option méditerranéenne Serie B. Etude et recherches. p 59-66.
- 233-Meziane M., 2007** - Etude éco-physiologique des interactions entre la cochenille noire de l'oranger *Parlatoria ziziphi* Lucas 1893 (Homoptera, Diaspididae) et sa plante hôte : le

- clémentinier (*Citrus clémentina*) dans la région de la Mitidja“. These ing. Agro. Université de Blida, 92p.
- 234- Miles P.W., 1972** - The saliva of Hemiptera. Adv. Insect. Physiol. Vol. 9, p. 183-255.
- 235-Millar J.G. et Hare, J.D. 1993.**-Identification and synthesis of a kairomone inducing oviposition by the parasitoid *Aphytis melinus* from California red scale covers. Journal of Chemical Ecology 19(8): 1721-1736.
- 236-Miller D.R et Davidson JA, 1990.**-A list of the armored scale insect pests. Chap. 3.1. Armored scale insects as pests. In: D. Rosen (Ed.). Armored scale insects: their biology, natural enemies and control. Word Crop Pests, vol. 4B, Elsevier, Amsterdam, 688pp: 299-306.
- 237-Miller D.R. et Davidson J. A., 2005** -“Armored Scale Insect Pests of Trees and Shrubs“, Cornell Univ. Press. Ithaca, New York, (2005), 442p.
- 238-Miller D.R., 2005.**-Selected scale insect groups (Hemiptera: Coccoidea) in the southern region of the United States. (Summary In Spanish). Florida Entomologist 88(4): 482-501
- 239-Monastero S., 1962.** -Le cocciniglie degli agrumi in Sicilia. Palermo Univ. Inst. Entomol. Agron. Bol. 4:65-151.
- 240-Mouandza M.C., 1990.** -I nventaire des cochenilles et de leurs ennemis naturels sur agrumes, fluctuation des populations de quatre diaspines, *Lepidosaphes beckii*, *New lepidosaphes golveru*, *Parlatoria pergondei* Comstock, *Parlatoria ziziphi* Lucas dans la Mitidja. Ths. Ing. Agr; INNES. Blida, 140p.
- 241-Mouas 1985.** -Bioécologie de la cochenille virgule, *Lepidosaphes beckii* Newman (Hom. Diaspididae) dans un verger de Clémentinier *Citus reticulata* dans le domaine Chaoui Mabrouk (Annaba). Mém. Ing. Agron. INA., El Harrach, 101 p.
- 242-Mutin 1969.** -L'Algérie et ses agrumes. Extrait de la revue de Geo., vol 441, 36p.
- 243-Muttin 1977.** - La Mitidja décolonisation et espèces géographiques. Ed. OPU, Alger, 607 p.
- 244-Myartseva S.N. et Ruíz-Cancino E., 2000** -Annotated checklist of the Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of México. (In English; Summary In Spanish). Folia Entomologica Mexicana 109: 7-33.
- 245- Nadir M., 1965.** Contribution à la dtermination d'une fumure rationnelle des agrumes par l'analyse foliaire. Al Awamia, 16 (Rabat), 128-147.
- 246- Nath K., 1972.** -.Studies on the citrus inhabiting coccids (Coccoidea: Hemiptera) of Darjeeling District, West Bengal. Bulletin of Entomology 13: 1-10.
- 247-Nel R.G., 1933.**-A comparison of *Aonidiella aurantii* and *Aonidiella citrina*, including a study of the internal anatomy of the latter. Hilgardia 7: 417-466.
- 248-Nicole M. Boher, B., Valette, C., Martinez, C., Calatayud, P.A., Kpemoua, K., Daayf, C., Daniel, J.F., Bresson, E., Sarah, J.L., Andary, C. et Geiger 1996.** -.Contribution de la cytologie à l'étude des mécanismes de défense des plantes aux attaques parasitaires. 19-28. In: Calatayud, P.-A. Et Vercambre, B., Eds., Interactions insectes-plantes, p 19-28.
- 249-Nyabyenda P., 2006** -. Les plantes cultivées en régions tropicale d'altitude d'Afrique. Ed. Tec et Doc. Les presses agronomiques de Gembloux p : 38-43.
- 250-Ondet S.J., Jonis M. et Coulombel A., 2005.** -. “ Produits des agrumes en agriculture biologique“, ed. ITAB, n°75, (2005), 32p.
- 251-Ouzzani T., 1984**-Approche bioécologique du pou noir d'oranger *Parlatoria ziziphi* LUCAS (Hom. Diaspididae) dans la Mitidja. Ths. Ing. Agro. INA. El Harrach, 72p.
- 252-Ouzzani T., 1997** -Dynamique des populations de la cochenille noir de l'oranger *Parlatoria ziziphi* Lucas, 1983 (Coccidea : Diaspididae) dans un verger d'agrumes à Boufarik, essai de lutte. Mem. Magist. Inst. Nat. Agro., El-harrach, 126 p.
- 253-Paillard G., 1999.** -“ Le monde des agrumes“, film, INRA. Paris.
- 254- Painter R.H. 1951.** - Insect resistance in crops plants. (Ed.) Lawrence: The University press of Kansas, Lawrence, Kansas, Etats-Unis, 520 p.
- 255- Panis A., 1979.** -Mealybugs (Homoptera, Coccidea, Pseudococcidae) in the scope of integrated control in Mediterranean citrus crops. Revue de Zoologie Agricole et de Pathologie Végétale 78(3): 88-96.
- 256-Parfonry R., 2001.**-Plantes à fruits. In: Raemaekers H. (éd), Agriculture en Afrique tropicale, Direction générale de la Coopération internationale, Bruxelles, p. 555-588.

- 257-Pesson P., 1944** : Contribution à l'étude morphologique et fonctionnelle de la tête, de l'appareil buccal et du tube digestif des femelles de Coccides. Monographie : CNRA / mRA Versailles (Fr), p 266.
- 258-Pesson P., 1980**. A propos de l'instinct botanique des insectes : un aspect de la co-évolution des plantes et des insectes. Ann. Soc. Entomol. Fr., 16, 435-452.
- 259-Piguet P., 1960** - Les ennemis des animaux des agrumes en Afrique du Nord. Ed. Soc. Shell, d'Alger, p117.
- 260-Pinta M., 1973**- Méthode de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu par absorption atomique ORSTOM, Oléagineux, 28^e année, n° 2. pp: 87-92.
- 261-Podoler H., Dreishpoun Y. et Rosen D., 1981**. - Population dynamics of the florida wax scale, *Cerophastes floridensis* (Homoptera: Coccidae) on citrus in Israel 1. A partial life table, Acta Oecologica, Oecol. Applic., 2, (I), 81-91.
- 262-Polèse J. M. 2008**. - La culture des agrumes In Artemis (Ed.). pp. 93.
- 263- Pollard D.G., 1973**. - Plant penetration by feeding aphids (Hemiptera, Aphidoidea): Bulletin of Entomological Research. / Volume 62 / Issue 04 / July 1973, pp 631-714. Copyright © Cambridge University Press 1973.
- 264- Praloran J.C., 1971**. - "Les agrumes", Ed. Maisonneuve et la rose, 1^{er} Eds France, 485p.
- 265- Quayle H.J. 1911**. -Locomotion of certain young scale insects. Journal of Economic Entomology 4: 301-306.
- 266- Quayle, H.J. 1983**. Progress in red scale control. California Citrograph 18(8).
- 267-Queinnec Y. 1967**. Etude des facteurs psycho-physiologiques permettant la découverte de la plante hôte par les larves neonates de l'altise d'hiver du colza (*Psylliodes chrysocephala* L.). Annales des Epiphyties. 18,27-74.
- 268-Quilici S., et CIRAD, 2003** -Analyse du Risque Phytosanitaire (ARP).*P. ziziphi*. AGR. <http://e-phy.agriculture.gouv.fr>.
- 269-Quirion P. et Bourbeau P., 1994**. -Lexique des sciences biologiques. Faculté des sciences et génies, Université Laval. Sainte-Foy, Quebec. p733.
- 270-Rahbe Y., Delobel, B., Febvay, G., Nardon, C. and Nardon, P. 1992**. - Are aphid bacterial endosymbionts involved in the biosynthesis of aphid peculiar triglycerides Endocytobiology V. Proc. 5th Int. Coll. on endocytobiology and symbiosis, Kyoto, August 6-10, Kyoto, In press.
- 271-Raissi O., 1988**. - Etude agopédologique de la plaine de la Mitidja-Est. Echelle 1/25000 é. 1^{ère} partie. 8p.
- 272-Ramade F., 1984** - Eléments d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397p.
- 273-Rebour H., 1945** -" Les agrumes", Ed. Union des syndicats de production d'agrumes, Alger, , 485p.
- 274-Rebour H., 1950**. -"Les agrumes en Afrique du nord". Ed. Union des syndicats de production d'agrumes Alger, 485p.
- 275-Rebour H., 1966**. -"Les agrumes. Manuel de culture des citrus pour bassin méditerranéen". Ed. J.B. Baillier et fils, Paris, 178p.
- 276- Reeve J.D. 1987**. - Foraging behavior of *Aphytis melinus*: effects of patch density and host size. Ecology, 68: 530-538.
- 277-Riley C.V. et Howard, L.O. 1893**.- Leeward Island Coccidae. Insect Life 6: 50-51.
- 278-Ripollés J.L. 1990**. - Las cochinitas de los agrinos. 4^o Symposium Nacional de Agroquímicos. Sevilla (España). Levante Agrícola, 297-298: 37-45.
- 279-Rodrigo E. et Garcia-Mari, F. 1990**. - Comparacion del ciclo biologico de los diaspinos *Parlatoria pergandii*, *Aonidiella aurantii* y *Lepidosaphes beckii* (Homoptera, Diaspididae) en citricos. (In Spanish; Summary In English). Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas 16(1): 25-35.
- 280- Rodrigo M.E. 1993**. - Ciclo biológico comparado de *Aonidiella aurantii* (Mask.), *Lepidosaphes beckii* (Newm.) y *Parlatoria pergandii* Comst. (Homoptera: Diaspididae) et son parasitoides. Ph.D., Dissertation, Universitat Politècnica de València, Spain, 290 pp.
- 281- Roelofs W.L. 1978**. - Chemical control of insects by pheromones. 419-464 in: Rockstein, M. (Editor), Biochemistry of Insects. Academic Press, New York. 649 pp.
- 282- Rosen, D. 1990**.-Armored scale insects. Their biology, natural enemies and control. Vol. A.

- 283- Elsevier.** 1979- Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo Rosenthal *et al.*
- 284-Rosen, D. et P. DeBach.** 1978.-. Diaspididae. In: Clausen, C. P. (Ed) Introduced Parasites and Predators of Arthropod Pests and Weeds. U.S.D.A. Agric. Handbk. No. 480, Washington, D.C.
- 285-Roth M., 1968** - Initiation à la systématique et à la biologie des insectes. Ed. off. Rech. Scien. et Tech. D'O.R.S.T.O.M., Paris, 145 p.
- 286-Saharaoui L., 1988** – Inventaire des coccinelles entomophages (Coleoptera – Coccinellidae) dans la plaine de la Mitidja et aperçu bio écologique des principales espèces rencontrées en vue d'une meilleure appréciation d leur rôle entomophage en Algérie. Dipl. Univ.Rech., Univ. Nice, 131 p.
- 287-Saharaoui L., 1994** - Inventaire et étude de quelques aspects bioécologiques des coccinelles entomophages (Coleoptera, *Coccinellidae*) dans l'Algérois. J. Afr. Zool. 108: 537-546.
- 288-Saïghi H., 1998.** -Biosystématique des cochenilles Diaspines des plantes du jardin d'essai du Hamma et du parc de l'institut national agronomique d'El-Harrach. Ths. Magist. Protec. Vgtx. Zool. Agric. El Forest., Zoophyt. I.N.A., Alger, 304p.
- 289-Saighi H., Doumandji, S. et Biche, M. 2005.** - Les cochenilles diaspines du Jardin d'Essai du Hamma (Alger) et leurs ennemis naturels (Hemiptera, *Diaspididae*). [Armoured scale insects from the Algiers botanical garden named Jardin d'Essai du Hamma and their natural enemies (Hemiptera, *Diaspididae*).] (In French; Summary In English). Bulletin de la Societe Entomologique de France 110(4-5): 429-928.
- 290-Schoonhoven L.M. et Derksen-Koppers I., 1976.** - Effects of some allelochemicals on food uptake and survival of a polyphagous aphid, *Myzus persicae*. *Ent. Exp. et Appl.* 19, 52-56.
- 291- Schvester D., 1960.-.** Sur modes de dénombrements des populations d'insectes. Leur portée, Leurs Limites. Pages 44-48 dans Methodes permettant D'EVALUER Les populations D'Insectes. Revue de Zoologie Agricole et Applique 59:44-68.
- 292-Seltzer P., 1946.** -“ Le climat de l'Algérie“, Inst. Meteo. Phy. Globe, Univ. Alger, (1946), 219 p.
- 293-Signoret V., 1868.-** Essai sur les cochenilles (Homoptères - Coccides) 1re partie. Annales de la Societe Entomologique de France (ser. 4) 8: 503-528.
- 294-Signoret V., 1876.-** Essai sur les cochenilles ou gallinsectes (Homoptères-Coccides), 16e partie. Annales de la Société Entomologique de France, (serie 5) 5: 346-373.
- 295- Singleton V.L., Ovtofer.R. and Lamuela-Raventos R.M., 1999.** - Analysis Of Total Phénols And Other Oxidation Substrates And Antioxidants By Means Of Folin Ciacalteu Reagent,In :Orlando.Academic Press.18p:152-178.
- 296-Singleton V.L; Rossi J.A., 1965.** -Indice de Folin, polyphenols totaux, J. Eol.Vitic.16p :144-158.
- 297-Skiredj A., 2007.** -.Département d'Horticulture/IAV HassanII/ Rabat/ Maroc. Raisonement du plan de fumures de la pomme de terre.
- 298-Smirnoff W.A., 1950** - La «cochenille noire» dans les cultures d'agrumes au Maroc. Rev. Terre Marocaine, n°225, pp : 257- 460.
- 299-Smirnoff W., 1951.** - La cochenille "Pou rouge" dans les cultures d'agrumes au Maroc.Terre Marocaine No. 264: 3-7.
- 300- Smirnoff W., 1960.** - *Lepidosaphes beckii*, Newm. Parasite des agrumes au Maroc, avec description d'une méthode d'étude des cochenilles de la famille des Diaspididae. Les Cahiers de la Recherche Agronomique (Morocco) 10: 37-68.
- 301-Smith K. M. A., 1926** - comparative study of the feedin, u methods of certain Hemiptera and the resulting effects upon the plant tissues with special reference to the potato plant. Ann. Appf. Biol. , Vol. 13, No 1, p. 109-139.
- 302-Smith H.S. ET Compere H., 1926.** - The establishment in California of *Coccophagus modestus* Silv. (*Aphelinidae*, Hymenoptera) with notes on its life-history. University of California Publications in Entomology 4(3): 51-61.
- 303-Smith I.M., McNamara D.G., Scott, P.R. et Holderness M., 1997.** - In: Quarantine Pests for Europe: Data sheets on quarantine pests for the European Union and for the Eur. and Mediterranean Plant Protection Organization. CAB International, Cambridge, UK. 1425 pp.
- 304-Soltner D., 1999** - Les bases de la production végétale, T III, la plante et son amélioration. 2^e Edition, Editions Sciences et techniques agricoles "Le Clos Lorelle"- 49130 Saint-Gemmes-Sur-Loire., 304 P.

- 305-Spliller N. J., Kimmins, F.M. and Llewellyn, M.** Fine structure of aphid stylet pathways and its use in host plant resistance studies. *Entomol. Exp. Appl.*, 1985. Vol. 38. P: 293-295.
- 306-Spreen Thomas H., 2010.** - "Projections de la production et de la consommation mondiales d'agrumes en ", Symposium sur les agrumes Chine/FAO, (mai 2001).
- 307- Srivastava P.N., 1989.** - Nutritional physiology. Aphids: Their biology, natural enemies and control. Edited by A.K. Minks and P. Harrewijn. Amsterdam: Elsevier science publishers, Vol. A, p. 99-115.
- 308-Srivastava R.P., Abbas, S.R., Sharma, S. et Masarrat Fasih 1989.-** Field evaluation of insecticides for the control of mango scale *Pulvinaria polygonata* Cockerell. *Indian Journal of Entomology* 51: 470-471.
- 309- Stark R.W., 1965.** - Recent trends in forest entomology. *Ann. Rev. Ent.*, 10, pp. 303-324.
- 310- Strong D.R., Lawton J.H. ET Southwood R. 1994.** -Insects on plants: community patterns and mechanisms. Harvard University press. Cambridge, Massachusetts. 313 p). (16, p. 25).
- 311-Takagi S. 1975.-** Coccoidea collected by the Hokkaido University expedition to Nepal, Himalaya, 1968 (Homoptera). *Insecta Matsumurana (New Series)* 6: 1-33.
- 312- Talhouk A.M.S., 1975.** - Citrus pests throughout the world. Ciba-Geigy Agrochemicals, Technical Monograph 4: 21-23.
- 313- Tao, C.C.C., 1999.** - List of Coccoidea (Homoptera) of China. Special Publication (Taiwan Agricultural Research Institute) No. 78: 1-176.
- 314- Targioni Tozzetti A., 1869.** - Sopra due generi di cocciniglie (Coccidae). (In Italian). *Bollettino della Società Entomologica Italiana*. Firenze 1: 257-267.
- 315-Thomas H., Spreen, 2010¹.** - Projections de la production et de la consommation mondiale d'agrumes en Dpt économique de l'alimentation, Univ. Floride Gainesville. États-Unis. p : 12 pages.
- 316- Timmer L.W, and Menge, J.A 2000.-** .Common names of plant diseases. Diseases of Citrus APS. Interactive Careers and Placement. Journal and News Online Resources. Kagawa APS Press Bookstore.
- 317- Tumminelli R., Conti, F., Saraceno, F., Raciti, E. and Schiliró, R. 1996.** - Seasonal development of California red scale (Homoptera: Diaspididae) and *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) on citrus in Eastern Sicily. *Proceedings International Society of Citriculture*, 1: 642-648.
- 318- Van Den Berg, M.A. ET De Villiers, E.A. sd.** - Citrus pests in the Republic of South Africa. *Dynamic Ad.*, Nelspruit, South Africa: 132-144.
- 319-Vanaclocha P., Vacas S., Alfaro C., Primo J., Verdú M., Navarro-Ilopis V. et Urbaneja A., 2012.** - Life history parameters and scale-cover surface area of *Aonidiella aurantii* are altered in a mating disruption environment: implications for biological control *Pest Management Science* 68:1092-1097.
- 320-Vasseur R., et Schvester D., 1957.** -Biologie et écologie du pou de San José (*Quadraspidiatu perniciosus* Comst) en France. *Ann. I.N.R.A.*, série c, n8, pp.5-161.
- 321-Vet L.E.M., Dicke M. 1992.-** Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.* 37, 141-172
- 322- Viggiani G. 1988.** - Citrus pest in the Mediterranean basin. *Proceedings of the Sixth International Citrus Congress* pp. 1067-1073.
- 323-Walali Loudyi Dou El macane, Skiredj Ahmed, Hassan Elattir, 2003.-.** Transfer de technologie en agriculture: Le bananier et les agrumes *Inst. Agr. et Vétér. Hassan II, Rabat.* (MADER DERD) Bultin d'information et de liaison du PNTTA. 4p.
- 324- Walde S.J., R.F. Luck, D.S Yu, and W.W. Murdoch. 1989.** A refugee for red scale: the role of size-selectivity by a parasitoid wasp. *Ecology*, 70: 1700-1706.
- 325- Walker G.P. ET Bednar, L.F. 1986.** - Behavioral response of California red scale crawlers (Homoptera: Diaspididae) to solutions behind artificial membranes. *Annals of the Entomological Society of America* 79: 549-553.
- 326- White (T.C.R.). 1993c.-.**The inadequate environment: nitrogen and the abundance of animals. Berlin ; New York : Springer-Verlag,. p. 367-411.
- 327- Whittaker R.H. (Ed), 1970.** - The biochemical ecology of higher plants. *Chemical ecology*. Edited by E. Sondheimer and J.B. Simeone. New-York: Academic press,. p. 43-70.

- 328-Willard J. R.,1972.-.**The rhythm of emergence of crawlers of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskel). (Homoptera : Diaspididae). Australian journal of zoology. 20 :49-56.
- 329- Williams R.S., Lincoln D.E. ET Norby (R.J).** Leaf age effects of elevated CO₂-grown white oak leaves on spring-feeding lepidopterans. *Global Change Biology*, 4, 1998, pp. 235-246.
- 330-Williams J.R. et Williams D.J., 1988.** -Homoptera of the Mascarene Islands - an annotated catalogue. Entomology Memoirs Department of Agriculture and Water Supply. Republic of South Africa 72: 1-98.
- 331-Wong C.Y., Chen, S.P. ET Chou L.Y., 1999.** - In: Guidebook to Scale Insects of Taiwan.Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, and Taichung, Taiwan. 98 pp.
- 332- Yasuda S. 1979.** - Microscopic observations on the external morphology of *Pseudaulacaspis pentagona* and on mulberry tissues inserted with its stylet. (In Japanese; Summary In English). Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology 23: 61-68.
- 333- Yusef M., 2002.** - Phaeoramularia leaf and fruit spot of citrus: A major threat to citrus production in tropical Africa, present status and future perspectives. Paper presented at the Horticulture Seminar on Sustainable Horticultural Production in the tropics Jomo Kenyatta. University of Agriculture Technology Juja Kenya.
- 334- Yu D.S., 1986.** - The interactions between California red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell), and its parasitoids in citrus groves of inland southern California. Ph. D., Dissertation, University of California, Riverside, 105 pp.
- 335-Van Den Berg M.A. ET De Villiers, E.A. sd.** - Citrus pests in the Republic of South Africa. Dynamic Ad., Nelspruit, South Africa: 132-144.
- 336- Yu D.S., Et R.F. Luck. 1988.** Temperature-dependent size and development of California red scale (Homoptera: Diaspididae) and its effect on host availability for the ectoparasitoid, *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae). Environmental Entomology, 17: 154-161.
- 337- Yu S. J., 1984.** - Interactions of allelochemicals with detoxification enzymes of insecticide susceptible and resistant fall armyworms. Pesticide Biochemistry and Physiology 22: 60-68.
- 338- Yu S J. ET Hsu E.L., 1993.** -Induction of detoxification enzymes in phytophagous insects: roles of insecticide synergists, larval age and species. Arch. Ins. Biochem. Physiol. 24, 21-32.
- 339- Zuniga S.E.n 1971.** - Biología de la conchuela morada, *Lepidosaphes beckii* (Newm.) en trea areas citricolas de Chile (Homoptera: Diaspididae). (In Spanish). Revista Peruana de Entomología 14: 285-290.

<http://www.agroligne.com>).

<http://www.agroligne.com>. Consulté le 11 mars 2014).

<http://www.legume-fruit-maroc.com>).

<http://198.77.169.79/scalenet/scalenet.htm>)

<http://198.77.169.79/scalenet/scalenet.htm>).

<http://aramel.free.fr>).

<http://aramel.free.fr/INSECTES10-2.shtml>).

<http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cochenilles/cochenilles-diaspididae.html>, 2014).

<http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cochenilles/cochenilles-diaspididae.html>, 2014).

<http://e-phy.agriculture.gouv.fr>.)

<http://e-phy.agriculture.gouve.fr>).

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Agrume>)

<http://internt.nhm.ac.uk/jdsml/perth/chalcidoids/index.dsml>).

<http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5466516>)

ANNEXES

Annexe I

Tableau 7 : Eléments essentiels à la croissance des plantes (Bockman *et al.*,1990).

Eléments nutritifs	Forme chimique absorbée par la plante	Rôle
Macroéléments		
Azote (N)	NH_4^+ , NO_3^-	Constituant numéro un des protéines et composé fondamental de la matière vivante (Binet et Prunet, 1967). L'excès de N, par temps couvert et froid, entraîne l'accumulation des nitrates dans la plante. (Gautier, 1987). Coutanceau (1962), note que l'excès d'azote se traduit en général par une végétation active, une floraison faible, production de fruits de mauvaise conservation et enfin une sensibilité exagérée aux parasites.
Phosphore (P)	H_2PO_4^- , HPO_4^-	Joue les rôles suivants : transfert d'énergie (ATP) (F.A.O., 2003), transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques), photosynthèse et dégradation des glucides. C'est un élément essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité de la production, le grossissement des fruits et la maturation des graines (Gautier, 1987).
Potassium (K)	K^+	Très mobile dans la plante, rapidement distribué dans les différents organes du végétal. Joue un rôle fondamental dans l'absorption des cations, l'accumulation des hydrates des protéines, l'organisation de la cellule, le maintien de la turgescence de la cellule, la régulation de l'économie de l'eau des plantes (régulation des stomates) et la résistance des plantes au gel et à la sécheresse ; c'est un activateur du système enzymatique (Binet et Prunet, 1967), (Heller, 1984), (Lafon <i>et al.</i> , 1996), (Soltner, 1999), (F.A.O., 2003) et (Lepoivre, 2003). Il est essentiel pour le transfert des assimilés vers les organes de réserve (bulbes et tubercules). Est un besoin spécifique qu'aucune autre cation ne saurait compensé ni remplacé (Ribereau Gayon <i>et al.</i> , 1971), C'est pourquoi, sa carence comme son excès sont nuisibles à la résistance et à la qualité. Cette carence est très fréquente en Algérie sur arbres fruitiers et vigne (KHELIL, 1989).
Soufre (S)	SO_4^{2-}	Constituant des acides aminés. Il joue un rôle fondamental dans le métabolisme des vitamines. Responsables des odeurs et saveurs de certaines

		plantes
Magnésium (Mg)	Mg ⁺⁺	Constituant de la chlorophylle (joue un rôle important sur la photosynthèse). Il active près de 300 processus enzymatiques et en particulier celui lié au métabolisme des hydrates de carbone. Il agit sur la stabilité de la membrane cellulaire, sur la régulation du transport ionique interne, favorise la synthèse des protéines, des sucres et des lipides, régularise la réduction des nitrates et influence l'absorption et la translocation des phosphates (Ryser Et Heller, 1997a) et (Soltner, 1999). (Delas, 2000). régulateur du métabolisme des fruits (Gautier, 1987).
Calcium (Ca)	Ca ⁺⁺	Constitue près de 50 % des cendres de la plante entière et essentiellement des parois cellulaires. Il joue un rôle dans la neutralisation des acides organiques.

Micro-éléments		
Fer (Fe)	Fe^{2+}	Elément essentiel dans la formation de la chlorophylle et le transport d'oxygène (respiration). + Catalyseur de plusieurs enzymes.
Zinc (Zn)	Mn^{2+}	Formation de plusieurs hormones de croissance, stimulation de la croissance précoce et du développement des fruits.
Cuivre (Cu)	Cu^{2+}	Stimule la germination et la croissance, renforce les parois cellulaires, catalyse la formation d'hormones de croissance et a un rôle essentiel dans la nitrification.
Bore (B)	H_3BO_3	Intervient au niveau du métabolisme et du transport des glucides, joue un rôle important au niveau de la formation et de la fertilité du pollen, de la résistance des parois cellulaires, participe à la synthèse des protéines et favorise la fixation de N_2 atmosphérique chez les légumineuses.
Molybdène (Mo)	MoO_4^{2-}	essentielle dans l'assimilation de l'azote, indispensable à l'activité nitrate réductase et pour les bactéries fixatrices de N_2 pour les légumineuses.
Manganèse		Synthèse de la chlorophylle, la résistance au gel et activateur de la nitrate réductase.

Annexe II.

1- Dosage des éléments minéraux

-MATERIEL NON BIOLOGIQUE POUR L'ANALYSE MINERALE

1- L'appareillage

- Spectrophotomètre
- La pipette de ROBINSON
- Calcimètre de BERNARD
- Minéralisateur
- Bain-marie
- Une balance
- L'étuve
- Matras de 150ml
- Bécher de 250ml
- Tubes à essai
- Pipette graduée
- Burette
- Fioles jaugées

2-Les réactifs nécessaires :

- L'acide chlorhydrique
- Le carbonate de calcium
- Le bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$)
- Le sulfate de fer et d'ammonium
- L'acide sulfurique concentré
- Lessive de Soude
- L'acide molybdique
- L'acide borique
- L'alanine
- Réactif à la ninhydrine
- Ethanol
- Ovalbumine
- Réactif du BIURET
- Vanadate d'ammonium
- Molybdate d'ammonium
- L'acide nitrique
- L'eau distillée
- Indicateur coloré (mélange en volume égaux le rouge de méthyle et le bromocrésol dans l'alcool éthylique)
- Catalyseur
- L'acide chlorhydrique
- Acide chlorhydrique d 1,19
- acide chlorhydrique à 2 % (en volume)
- eau distillée

-LA MINERALISATION DE LA POUDRE VEGETALE

- **Dosage:** par la méthode de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux **Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu** par absorption atomique (Pinta M., 1973).
- Pour le potassium et le sodium nous avons suivi la méthode :

DOSAGE DE SODIUM ET DE POTASSIUM

1- Sodium (Na) : Mode opératoire :

Peser 1 g d'échantillon dans capsule platine , introduire la capsule dans four froid pendant 3 heurs à 550 C°, laisser refroidir transfère la résidu dans un bécher de 250 ml et introduire 10 ml acide nitrique et acide chlorhydrique , ramasser a sec (chauffer sur plaque chauffante jusqu'à apparition de plusieurs vapeurs) puis reprendre le résidu 2 ml acide nitrique concentré , filtré sur filtre sans cendre dans une fiole jaugé de 100 ml l'eau.

- Solution de base de sodium à 1 mg/Na/ml ; dissoudre 2,5413 g de NaCl chimiquement pur sec dans un litre d'acide chlorhydrique à 1⁰/₀.

- Solution d'étalonnage de sodium :

Préparation de la solution étalon à 1 mg /Na/ml dissoudre 2.54 g de NaCl dans 1 litre d'HCl à 2%.

Gamme de solutions filles étalons en sodium : Préparer une gamme de six solutions filles comme il est indiqué dans le tableau ci-

S .M (MI)		2.5	5	7.5	10	20
Lecture (ppm)		6	11	14	20	36

- Mesure spectro-photométrique à flamme du sodium. :

- Utiliser la solution préparée à 21, sans dilution.

- Régler la sensibilité du spectrophotomètre sur la raie Na 590 mg pour avoir toute l'étendue de l'échelle avec la solution étalon Na 100 µg/ml et le zéro avec l'eau distillée. - Photométrer les solutions étalons et les solutions d'analyses comme pour le potassium.

2- Potassium (K)

Préparation de la solution étalon a 1 mg k/ml

Dissoudre 1.90g de KCl pur et séché 1 heurs à 400 C° dans 1 litre d'HCl à 2%.

- réaliser une gamme pour le potassium selon le principe suivant

M S. (MI)		1	2	4	8	12	20
Lecture (ppm)		4	8	16	32	50	82

Mesure spectro-photométrique à flamme du potassium :

Diluer la solution de l'échantillon (§ 21) convenablement (2 à 10 fois) pour avoir K et entre 50 et 200 pcg/ml en milieu HCl à 2⁰/₀.

- Régler la sensibilité du spectrophotomètre sur r émissions K 760 mg pour avoir toute l'étendue de l'échelle avec la solution étalon à 200 lig K/ml et le zéro-de l'échelle avec l'eau distillée ou l'étalon 50 ug. La teneur de potassium en ⁰/₀ de matière sèche est donnée par :

$$K = n * D * V / 104 * P$$

Annexe III

- ELEMENTS BIOCHIMIQUES

a- Les réactifs utilisés pour les analyses biochimiques:

- CuSO₄, 5 H₂O
- NaOH
- KI.
- tartrate double de Na et de K
- La ninhydrine
- la méthylcellosolve (éthylène mono éther)
- Chlorure mercurique
- Chlorure de sodium
- Acide trichloracétique
- Formol.
- Acide picrique
- Alcools éthyliques
- Alcool butylique I
- Alcool butylique II
- Toluène

b- Analyses biochimiques

• Dosage des acides aminés par spectrophotométrie (méthode à la ninhydrine) :

-Préparation de la gamme étalon

À partir d'une solution mère d'alanine à 6mmol/l, nous préparons 100 ml de solution fille à 0,3 m mol/l et nous réalisons en tube à essai une gamme d'étalonnage de 6 tubes numérotés de 0 à 5 selon les indications suivantes:

- Solutions filles d'alanine: 0ml; 0,2ml; 0,4ml; 0,6ml; 0,8ml et 1ml.
- Eau distillé quelques 1 ml
- Réactif à la ninhydrine: 1ml par tube

Nous bouchons les tubes avec du coton cardé recouvert de papier d'aluminium, puis nous les portons au bain- marie bouillant pendant 15 minutes sous hotte. Ensuite, nous les refroidissons dans un bain d'eau glacé, et nous ajoutons 5ml de la solution éthanol/eau dans chaque tube. Une légère homogénéisation du contenu des tubes suivie d'une lecture de la D.O à 570nm.

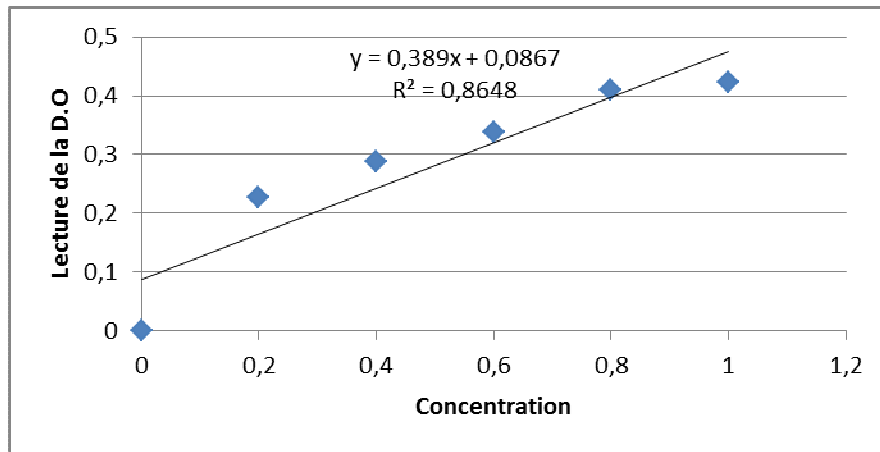


Figure 118: Courbe d'étalonnage des protéines hydrosolubles (Ovalbumine).

Annexe IV

• Réactifs et étalons utilisés pour l'extraction et dosage des composés polyphénoliques.

•

*Produits chimiques et réactifs

- CH₃OH
- Hexane
- Sulfate d'ammonium (NH₄)₂SO₄ 20 % (m/v)
- Acide orthophosphorique H₃PO₄ 2%
- Sulfate de sodium anhydride Na₂SO₄
- Carbonate de sodium « 2 ml Na₂CO₃ à 20% (m/v) » : 2g de carbonate de sodium ont été dissous dans 10 ml d'eau distillée.
- l'éthanol absolu (95°).
- Acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀)
- Acide phosphotungstique (HPW₁₂O₄₀)

*Etalons

- Témoins: Acide gallique (Acide 3, 4,5-trihydroxybenzoïque)
- Quercitine
- Réactif de Folin-Ciocalteu « 500 µl (10 fois diluée) »: à 100 µl du réactif Folin Ciocalteu on a ajouté 900 µl d'eau distillée.
- AlCl₃

• Préparation de la gamme étalon d'acide gallique

A partir d'une solution mère aqueuse préparée de l'acide gallique de concentration massique 0.5 g/l, des solutions filles sont ainsi préparées de concentration allant de 0.06 g/l jusqu'à 0.28 g/l.

A l'aide d'une micropipette, 100 µl de chaque solution est introduite dans des tubes à essais, suivi de l'addition de 500 µl du réactif de Folin-Ciocalteu (10 fois dilué dans l'eau), après 2 minutes, 2 ml de carbonate de sodium Na₂CO₃ à 20% (m/v) ont été ajoutés (favoriser un milieu alcalin pour déclencher la réaction d'oxydo-réduction), par la suite ces solutions sont maintenues à l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante.

La lecture de l'absorbance de chaque solution est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre de Shimadzu 1601 à une longueur d'onde de 760 nm contre un blanc (même solution sans la solution d'acide gallique) ce qui nous permet de tracer la courbe d'étalonnage **ci-dessous**.

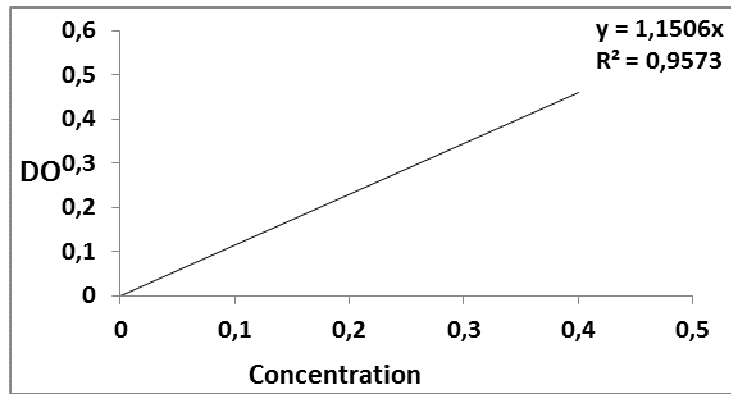


Figure 120_{b1}: Courbe d'étalonnage d'acide gallique (DO = 0.0849 x -0.244).

- Pour les flavonoïdes l'extraction par la méthode Anonyme (2002).

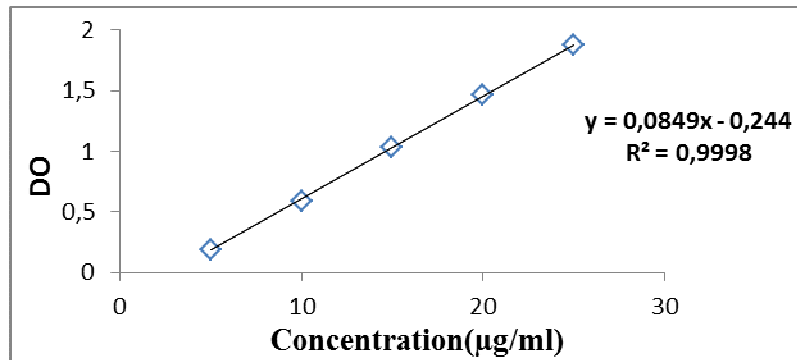


Figure 120_{b2}: La courbe d'étalonnage de la Quercitine.

Dosage de flavonoïde: par la méthode de (Bahorun et al., 1996).

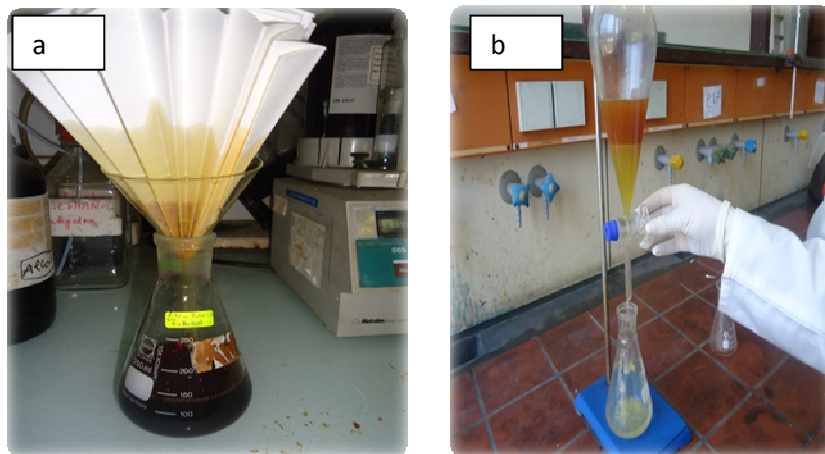


Figure 121 : **a-** Macération des poudres pendant 72h dans le méthanol et filtration de l'extrait aqueux. **b-** Affrontement par les solvants et séparation entre 2 phases organique et aqueuse.

Annexe V

- Appareillage, Verrerie et Milieux de culture (étude microbiologique et histologique).

Appareillage	Verrerie consommables	<i>et</i> Milieu de culture réactifs	Produit de chimique
<ul style="list-style-type: none"> - -Bain-marie - -Balance analytique - -Hôte à flux laminaire - -Plaque chauffante - -Etuve bactériologique (35°C) - -Evaporateur rotatif - -Réfrigérateur - -Broyeur électrique - -Spectrophotomètre UV-visible - -Agitateur magnétique - 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampoule à décanter. - Ballons (250-500ml) - Bêcher - Boîtes de pétrie - Flacons - Erlen Meyer - Pipettes Pasteurs - Tubes à essai en verre - Entonnoir - Papier aluminium - Spatule - Burette - Papier filtre - Disque d'imbibé de 9mm - Seringues - Portoir pour tubes - Eprovette - Cuvette de spectrophotomètre - Ciseaux - Fiole - Micro seringue 	<ul style="list-style-type: none"> • Les milieux de cultures: -Gélose nutritif. -Gélose hektoène. -Gélose Chapman. -Citrate de Simmons. - Mannitol-Mobilité. -Kligler-Hajn - -Milieu Muller-Hinton - -Milieu Trypto Soja Agar 	<ul style="list-style-type: none"> -alcool éthylique (95°) - eau distillée stérile - chlorure mercurique - chlorure de sodium -acide trichloracétique - formol -acide picrique.

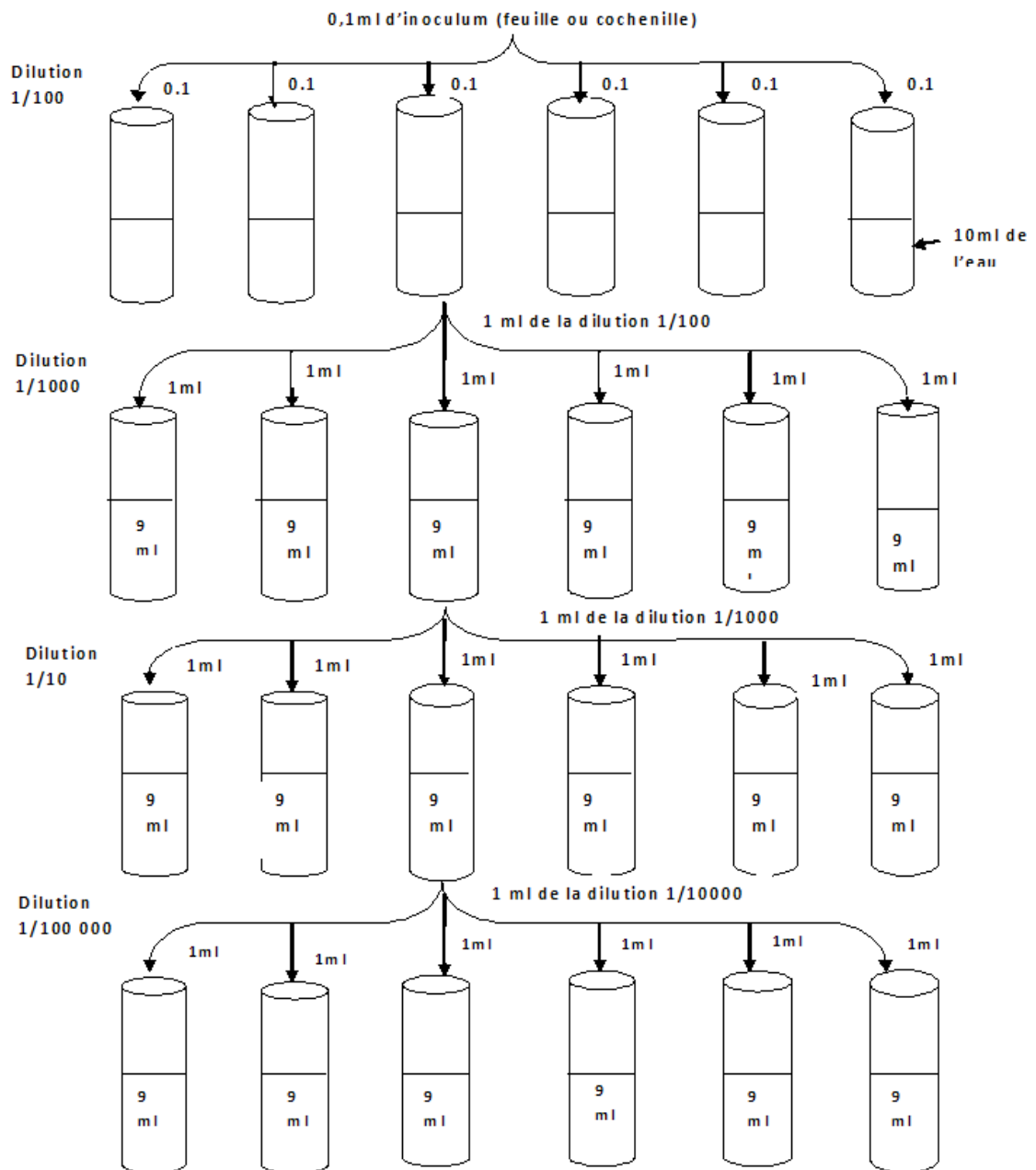


Schéma de la préparation des dilutions.

PUBLICATION

ORIGINAL ARTICLE

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.

¹Belguendouz-Benkhefha R., ²Biche M., ²R. Adda,
³Allal-Benfekih L.

¹Laboratory for Research on Medicinal and Aromatic Plants, University Sâad Dahlab, route de Soumâa, Blida, Algeria.

²Laboratory of Zoology, National Institute of Agronomic Sciences (Algiers)

³Laboratory of Zoology, University Sâad Dahlab, route de Soumâa, Blida, Algeria.

Belguendouz-Benkhefha R., Biche M., R. Adda, Allal-Benfekih L., 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.

ABSTRACT

T

Our prospective analysis in this work is based on a comparative study of bioecological balances of *A. aurantii* on two *Citrus* habitats (*C. Sinensis* var. *Washington navel* and *C. Limon* var. *Eureka*) in Rouiba region east of the Algerian capital Algiers. Our results showed that infestations are high, temporal distributions are most abundant on lemon (77.50%). Our statistical analyzes showed that rainfall, host plant and the evolutionary stage of the pest are the limiting factors for its abundance and its temporal distribution. In our climate conditions, the red scale develops three overlapping generations per year on the two host plants: (1st) in summer (2nd) in spring and the (3rd) in autumn. This behaviour can be explained by a further study on the influence of trophic factors.

Key words: *Aonidiella aurantii*, host plant, Abundance, bioecology, Climate, Algeria

Introduction

n

Today, the worldwide production of citrus fruit in 12913 million tonnes (FAO, 2012). The global Algerian production in citrus fruit, which does not cover internal consumption, reached 844,195 tonnes in 2010 (Bellabas,

2012). The citrus fruit yields keep underneath international average (17,8/ha on 2009) and weaker than those of our Mediterranean neighbours. For economy reasons, Algeria needs to develop its level production in agriculture to earn a place in the citrus international market. To reach this objective, it is necessary to assure a

better production by protecting this strategic culture from the most important pest, notably, diaspidid insects which cause infestations often difficult to quantify on all North band of Algeria (Kosztarab, 1990). If works on a lot of scale insects are available (Belguendouz *et al.*, 2006, Belguendouz *et al.*, 2009a, Belguendouz

et al., 2009b, Belguendouz *et al.*, 2010, Belguendouz *et al.*, 2011a et 2011b); Biche *et al.*, (2012a et 2012b; Biche, (2012); those on *Aonidiella aurantii* remain on the contrary very rare if it is not those of Kihal (1992), Chorfa (1993), Merah (2002) et Biche *et al.*, (2012).

The temperature and rainfall are essential in the distribution of all living organisms Faurie *et al.* (1980). Because of the fast spreading and the increase of damages related to this insect, fundamental researches

Am.-Eurasian J. Sustain. Agric. 7(1): 14-20, 2013

are needed to understand the relationship between the insect, host-plant and the abiotic and biotic environment factors including the choice of biotopes and host plants of *A. aurantii*. This knowledge is

necessary to plan a better strategy for this pest control, considering a schedule of interventions to minimize

infestations for improving yields and protecting the orchard production especially before fruit maturity. In this work, we have studied for the first time, the temporal variations of the red scale abundance related to the host plant and the climatic conditions (temperature and rainfall).

Materials and methods

Monitoring was conducted in two citrus orchards: an orange orchard (*C. sinensis* Var. *Washington Navel*) and a lemon orchard (*Citrus limon* Var. *Eureka*) located in Eastern Mitidja at Rouiba situated in the wilaya of Algiers (36°44'21 "N, 3° 17'07" E), at 18m above sea level. This region is a part of the sub-humid bioclimatic

Corresponding Author: Belguendouz-Benkhef R., Laboratory for Research on Medicinal and Aromatic Plants, University Sâad Dahlab, route de Soumâa, Blida, Algeria. E-mail: belguendouZR@yahoo.com

Mediterranean stage which is generally characterized, by a mild and wet season (Minimum Temperature:

8.21°C to 20.48 °C) and a hot and dry season (Maximum Temperature: 16.04°C to 33.83°C), the annual rainfall varies between (zero mm to 130.8 mm) (Anonymous 2011-2012). The orchards have been planted since the end of the colonial period (1958-1960), with a planting distance of 5 meters between trees. They are surrounded by windbreak hedges at the north, south and east, and by tomato and pepper greenhouses at the west. The experimental unit corresponds to a plot of 100 trees spread over 10 rows of 10 trees. It was divided into 4 blocks with 25 trees each block. Investigations began in September 2009 and ended in August 2010, according to the phenology of the host plant during spring, summer, autumn and winter. To obtain a homogeneous sample, two leaves of the same branch were taken randomly from 4 directions and the centre of each tree. These leaves were collected and put in plastic bags labelled with block number of the tree, date and orientation. In the laboratory, the collected leaves were examined from the lower and the upper side under a binocular microscopic lens. All the stages of the red scale were considered according to the method of Vasseur and Schvester, (1957). The shield was removed to determine the exact stage, and to estimate the abundance. During the counting, leaves were kept in the refrigerator at 4°C to avoid hatching of eggs and development of larvae. The temperatures and rainfall data of the studied period 2009-2010 were handed by the climatic station of Rouiba.

The percentage of individuals per plant host was calculated as follow (Total number of individuals per one host plant) / Total number of individuals on both plant hosts) *100. The percentage of individuals of each biological stage per one plant host was calculated from Total number of individuals of the corresponding stage / Total number of individuals of the hole stages) *100.

The data on the variations of *A. Aurantii* populations depending on time, host plant stages of the insect, were submitted to an analysis of variance using software SYSTAT, ver. 12, 5SPSS, 2009), without the study of correlations between factors (General Linear Model). Differences were considered significant at a risk threshold of $P < 2\%$. The mean of time variation abundances was obtained by calculating the barycentre of the data, using the formula: $B = \frac{\sum(Mi * abundance)}{\sum(abundance)}$, where Mi is the number of the i th month, from 1 to 12. The significance of the lag between temporal distributions of the abundances was assessed by calculating cross- correlation using PAST vers.1.81. The correlation between the abundance of the different stages of the red scale and the seasonal periods of investigations in the studied orchards was analysed by a correspondence analysis (CFA).The analysis was conducted with the software PAST. Vers.1. on a matrix based on the abundance and times of samplings (Hammer *et al.* 2001).

Results and Discussion

Global temporal variation:

On one hand, the larvae stage represents 53.44% on lemon-tree and 14.32% on orange-tree. On the other hand, the adult's stage shows low rates: 24.78% on lemon-tree and 07.45% on orange-tree (fig.1). The abundances of the different biological stages (adult and larvae) on the two host plants, are three times higher on lemon-tree than on orange-tree ($P = 0.0001453$, Ratio = 21, One-way ANOVA test) (Fig. 1). The difference of the global abundances is very highly significant between the living populations on the orange-tree and the one living on the lemon-tree (GLM, $p=0,000$; Ratio = 38,314, $p<1\%$). The young stages (movable, set up, and nymph) are more abundant on the two host plants with a very significant difference ($P = 0,001$; $r = 13,324$; $P<1\%$). The comparison between every progressive stage showed a highly significant between the nymphs and the adults males on the two host plants, and their abundance is very low compared to the one of the adult females and larvae ($p = 0.000$, Ratio = 18.365; $p<1\%$) (Fig.2).

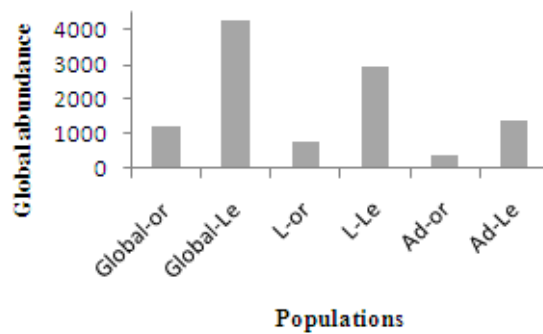


Fig. 1: Variability of the global *Aonediella aurantii* abundance on the orange-tree and the lemon-tree (L:larvae, Ad: adult, Le: lemon, or: orange)

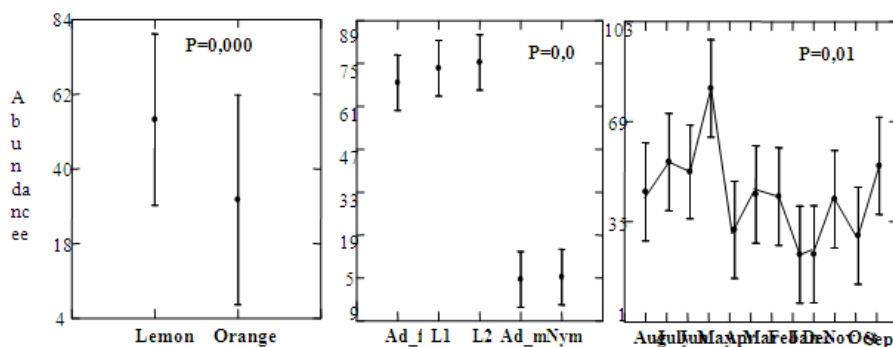


Fig. 2: GLM analysis of the Variability of *A.aurantii* abundance on the orange and the lemon-tree. (L1:larva of first stage, L2: Larva of second stage, Ad_F: female adult, Ad_m: male adult, nym:nymph).

Our observations confirm the results obtained by Cameroon *et al.*, 1969; Habib *et al.*, 1972; Bedford, 1998) who mentioned that the red scale, attacks firstly the lemon tree (*Citrus limon*) then the orange tree (*Citrus sinensis* L.).

From September 2009 to August 2010, *A. aurantii* was able to produce 3 important peaks, one in the autumn, the second one in the winter season, third one in the spring and the fourth one in the summer period (Fig. 3). The population reached a maximum of 14.63% on orange-tree in October, and another represented by 9.67% on

lemon-tree in November. In December, a serious decline in the abundance was observed on the two host plants followed by a progressive increase of the population, which reaches 9.16% in January on orange tree and 15.15 % in February on lemon tree (fig. 3). The activity depends on the period of the year, the climatic conditions and the tree phenology.

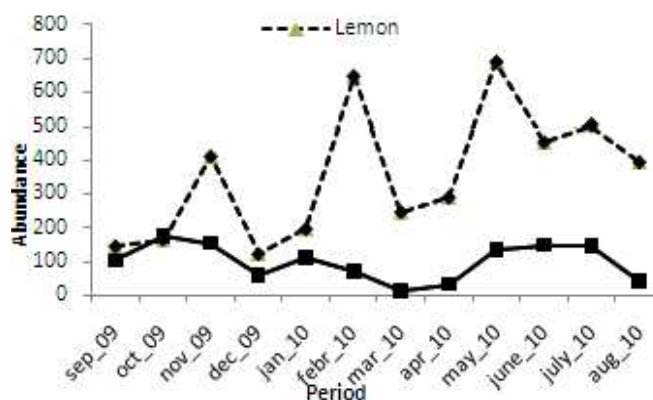


Fig. 3: Monthly variation of *A. aurantii* population on lemon and orange host plants.

Temporal variation of the biological stages:

The abundances of larval and adult stage are higher on lemon-tree than on orange tree, ($P = 0.0001453$, $p < 1\%$, One-way ANOVA test) (Fig. 2). The larva stage represents 53.44% on lemon-tree and 14.32% on orange-tree; on the other hand the adults stage show low rates: 24.78% on lemon-tree and 07.45% on orange-tree (fig.2). The young stages (movable, set up, and nymph) are more abundant on the two host plants with a very significant difference ($P = 0,001$; $P < 1\%$ GLM test).

The comparison between every progressive stage, showed a highly significant difference between the nymphs and the adults males on the two host plants, and their abundance is very low, compared to the one of the adult females and larva ($p = 0.000$, $p < 1\%$) (Fig.2). Another similar decline on the two host plants was noticed in March and April. This was followed by a second variable activity between April and July, in which the abundance reached 16.13% on lemon tree in May, and 10.65% on orange tree in July. A third decline was noted in August on the two host's plant but it was more important on orange tree (3.78%) than in lemon tree (9,27%) (Fig. 2).

The correspondence analysis (CP) shows 40,13% of contribution of the information on the axis 1 and -29,99% on axis 2. The distribution of the stages is related to seasons and to the host plant. Two biological

groups are represented. The first one corresponds to the emergence period of males, larvae of first and second stage and nymphs on the orange host plant during the autumn (September, October, November), January and June. The second group corresponds to the females and males, larvae of first and second stage and also nymphs on lemon tree during the end of the winter period in February and the spring period during March, May, June, July and August. This result demonstrates the presence of the red scale on lemon in the summer period than on the orange host plant in the autumn period, according to the vegetative rest period.

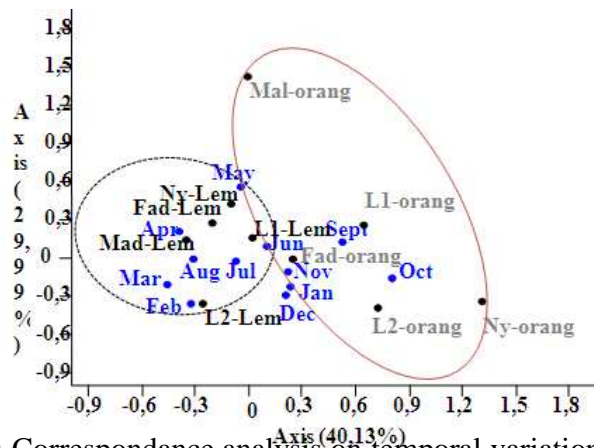


Fig. 4: Correspondence analysis on temporal variations of *A. aurantii* on lemon-tree and on orange-tree. (L1- orang: Larvae on orange, L1-Lem: Larvae on lemon, L2-Lem: Larvae on lemon, L2-Lim: Larvae on orange, Fad-orang: female adult on orange, Fa-Lem: female adult on lemon, Pv-orang: period of male flies on orange, Pv-lem: period of male flies on lemon).

Temporal gap:

The barycentre shows that the choice of *A. Aurantii* is based on nutritional means of different larvae stages, nymph and adults on the *Citrus limon* and *Citrus sinensis*. The acquired stocks show that the intervals of appearance from one month to tow months. On the whole, the period of maximum biologics stage activity take place in summer (May- June) on *Citrus limon* and in autumn (September-November) and July on *Citrus sinensis*.

A. aurantii appears with a temporal gap of the larvae populations, nymph and adult according to the value of “Lag= 1,2,1 and 1” acquired from the analysis of cross-correlation (tab. 1) as follows: the length of larvae (L1 and L2), nymphs and adult females are more precocious on lemon and the gap is of month, excepted for the males (tow months) which appear on orange tree more – early (in May) and on lemon tree more – late (in July). The linked probability of the difference installation of larvae, nymph and male stages (p= 0,686, p= 0,207, p= 0,428 and p = 0,0671) is not significant (tab. 1). This scale insect makes a choice between lemon and orange trees for which we can argue the following hypothesis:

- The difference in the annual number of pushed saps in both host plant (*Citrus limon* var. *Eureka*: 4 seasons pushed saps and only 3 ones for *Citrus sinensis* var. *Washington navel*).
- The nutritional quality in chemical and biochemical sap compounds during both host plants phonologic periods.

Table 1: Temporal Lag between red scale biological stages on the studied host plants (L1: first larvae stage, L2 second larvae stage, Ny: nymph, Adf: adult female, Adm: adult male) (cross correlation test, Past vers. 1.81)

Stade biologique	Barycentre	Lag	Prob
L1-Lemon	6,34	1	0,686 ns
L1-orange	7,34		
L2-Lemon	5,62	2	0,207 ns
L2-Lemon	7,6		
Ny-orange	6,23	1	0,428 ns
Ny-Lemon	7,65		
Lemon-Adf	5,69	0	0,116 ns
Orange-Adf	6,35		
Lemon-Adm	6,36	1	0,0671 *
Orange-Adm	5,33		

(* p <0.05, ns : non significant, (A barycentre at 7.34 means that the maximum Esperance to find the species is between the 7th and the 8th months, i.e. July and August).

Number of generations and life cycle:

The number of generations was determined by taking into account the evolution of the first larvae stage (L1), because the generations are overlapping. *A. aurantii* develops 3 generations per year with represented clearly by 3 peaks at the beginning of November, the end of February and the end of May (fig. 5a). The maximum of larvae population is found on lemon tree in spring season (20,53%) and on orange tree in autumn season (8,56%) (Fig.5b). The GLM test reveals that the “host plant” has a very significant effect on the seasonal abundances ($p = 0.001$) but the “season” does not have any significant effect ($p=0,368$), (fig.5b).

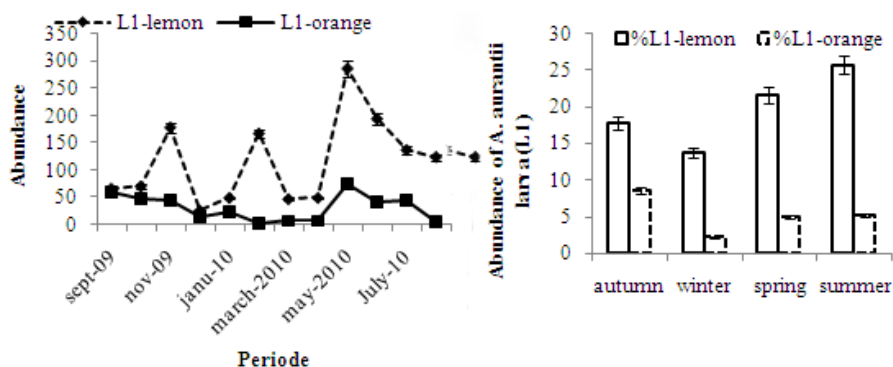


Fig. 5: Seasonal variability of the first larvae stage (L1) Abundance on orange and lemon-trees.

Interpretative cycle of *A. aurantii* on both plant hosts (Fig. 6)”

The first larvae population is only abundant from September to November and from May to July on orange tree. On lemon tree, it is abundant from September to November, February to May and from June to July. The spring-summer generation is the most remarkable on lemon and the autumn generation on orange (Fig.6). This insect seems to change host according to the micro-climatic conditions product by the orchards, climatic conditions of the region and of the nutritional quality which varies according to the phenology stage and kind.

The maximum of the population (14,63%) is obtained on orange tree in October (autumn) and (16,13%) is obtained on lemon-tree in July (summer). This shows that this insect prefers the old trees exposed to the sun (Bala., 1950), the Pearson’s correlations analysis shows that the rainfall have a negative effect on the breeding activity ($p = 0.013$) prevent the mating of the adults males on lemon-tree ($p = 0.060$) and prevent the females on orange-tree, to unveil its inferior part of pigyidium to facilitate the fertilization by the males. The temperature has a positive effect on males that fly ($p = 0.010$; $p = 0.0063$) on lemon-tree. It is according to the local climatic conditions, principally the temperature and relative humidity (Beardsley and Gonzalez, 1975).

This explains the impact of phyllotaxy and size of the tree to protect the individuals and facilitate the mating against harsh climatic conditions by creating a specific microclimate (fig. 6)..

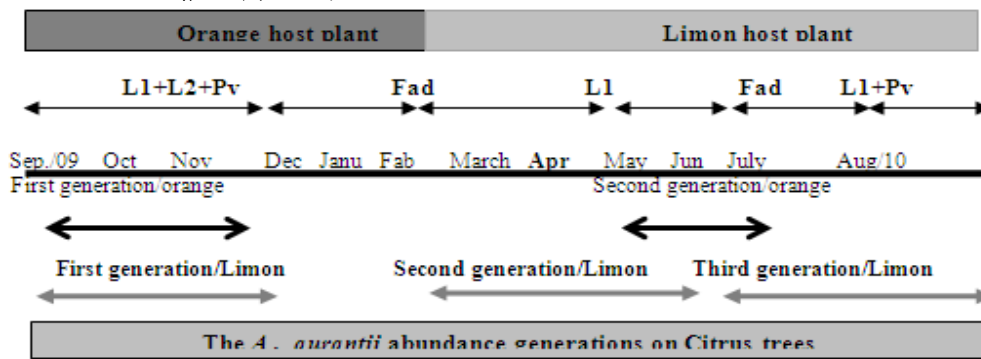


Fig. 6: Interpretative cycle on lemon-tree and orange-tree. (L1:larvae stage, L2 larvae second stage, Pv: fly period of males: Fad: adult female).

Correlation between A.aurantii populations and climatic parameters:

The monthly temperatures, causing the installation of *A. Aurantii* on orange tree and lemon tree, ranging from 33,83C ° in July to 8,21C ° in January, and the monthly rainfalls varies between zero mm and 130,8 mm.

Bodenheimer (1951) reported that the scales insect reproduce and grow between 23 and 27.5c°. This corresponds to our results, which show that the maximal infestation on orange tree (14,63 %) is acquired of 26,86C °- 14,68C ° in October, but on lemon tree (16,13%) is obtained between 20,39C°- 33,83C° in July. We can say *A. aurantii* seems to develop a big adaptation to climate conditions, especially if plants guests are old and exposed to the sun (Bala. 1950), (fig. 7).

The correlations analysis of Spearman's shows that rainfall acts negatively on reproductive activity (P = 0,0132, Ratio= -0,68) by preventing the theft of the adult males on lemon-tree, (P = 0,060, Ratio= -0,55) for the sliding of the females towards the party inferior of the buckler, to display their pygidium to the coupling on the orange-tree. The temperature acts positively (P = 0,010; P = 0,0036) on steal it from males on the lemon tree. It explains the impact of the tree phyllotaxy and the sling size on the protection of the populations and their reproduction, against climatic factors that can create a specific microclimate (Tab.2).

Table 2: Effect of the climatic conditions (temperature and rainfall) on *A. Aurantii*.

Correlation of Spearman's	Probab /T°max	Probab /T°min	Probab /raifall (mm)
Males/Limon	0,00365	0,0102	0,0132
Flemalle adulte /orange	NS	NS	0,060

Conclusion:

In Algeria, the abundance of *Aonidiella aurantii* is higher on lemon-tree than on orange-tree. It is can be, because of : type of *Citrus limon* var. *Eurika* 's phyllotaxy which is aired enough and condensed in *Citrus sinensis*, the nature of the orange tree sap and it's periods of phonology which are disadvantageous for development of this insect scale. The micro-climate created by these trees affects the breeding activity of the males and females; this is the primary explanation of the populations abundance. Any increase of the population on the trees is the result of the interaction between the climatic factors, the natural enemies, the application of different chemical products and all the elements of the environment. In the North centre of Algeria, we obtain three (3) generations per year of *A. aurantii*, very defined on *Citrus limon* than on *Citrus sinensis*; the autumnal generation is higher on orange tree, but the summer generation is higher on lemon tree. This is according to plant host and the local climatic conditions, principally the temperature and the rainfall. The maximum of abundance of *A. aurantii* (16, 13%) is obtained at the temperature between 20,49C° and 32,82C° on lemon tree and between 8,21C° and 16.04 C on orange-tree. Therefore, the plant can be as restricting factor and change the length of cycle and the number of generations during one or several periods, thanks to these phenologic stages, age and its health state. This insect is endowed with a big capacity of adaptation in change of the climatic factors. This study allows us to envisage a calendar fixing different periods of control intervention on both host plants. Therefore, it is necessary to take care to maintain a biological balance of the non target fauna in our orchards.

References

- Anonymous (ITAF) 2011-2012. Relevés climatologiques (2009-2010). Manuscrit I.T.A.F., V., Boufarik, Presse, p: 18.
- Bala., 1950 A. S. et Gosselin, 1950. Entomologie appliquée. Les cochenilles de France, d'Europe, du Nord de l'Afrique et du bassin méditerranéen. Ed. Hermann et Cie, Paris, coll. 2 Act. sci. et ind. 2, no 1087, T. V, Press, pp: 392.
- Belguendouz, R., et M. Biche, 2006. Biosystématique of Algerians scale insect of diaspines (Diaspididae). In the Proceeding of the 2006. INPV Scholars Conference, pp: 182-194.
- Belguendouz, R., M. Biche, et M. Haddoum, 2009. Biologie du pou noir de l'oranger *Parlatoria ziziphi* (Hemiptera ; Diaspididae) et l'impacte de son parasitoïde *Encarcia citrinus* (Hymenoptera – Aphelinidae) dans la régulation de son niveau d'infestation sur clémentinier en Mitidja (Algérie). In the Proceeding of the 2009. AMMP Scholars Conference, pp: 699;
- BELGUENDOZ R. & (2) BICHE M. (3) Louz S. & (4) S. Bekkouche, 2009. The impact of the *Parlatoria ziziphi* infestations on physicochemical quality of citrus fruits" case of the Clementine varityping Mitidja (Boufarik, Algeria). In the proceeding of 2009 "IOBC/WPRS OILB-SROP. Scholars Conference, p: 88.
- BELGUENDOZ, R. et R. BICHE, 2010. Bioécologie de *Ceroplastes rusci* L. Ravageur de figuier, *Ficus carica* L. dans la région de Médéa (Algérie) (Coccoidea : Levanidae) et ces parasites : *Scutalista cyanea* (Hy : Pteromalidae), *Tetrasticus ceroplastae* et *T. ceroplastophilus* (Hym.: Tetrastishidae) in the proceeding of 2010. CIFE Scholars Conference pp: 47-48.
- BELGUENDOZ, R., M. BICHE et L. ALLAL, 2011. Évolution d'un hemiptère *Lepidosaphes beckii* (Hemiptera : Diaspididae) dans deux types d'habitats agrumicoles (le citronnier et l'oranger) dans la région de la Mitidja 2009-2010 (Algérie). in the Proceeding of 2011. CIRA de l'AFPP Scholars Conference, pp: 110-119.

- BELGUENDOZ, R., M. BICHE et I. SENINET, 2011. Etude de la teneur en protéines et en phosphore des feuilles de jeunes plantes d'agrumes sous serre non éclairée, en relation avec la pullulation du pou noir de l'oranger: *Parlatoria ziziphi* (HOMOPTERA, DIASPIDIDAE) EN MITIDJA ALGERIE. In the Proceedings of the 2011. AFPP. Scholars Conference, pp: 120-129.
- Bedford, E.C.G., 1998. Red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell). In: E.C.G. Bedford, M.A. Van den Berg and E.A. De Villiers (eds.), Citrus pests in the Republic of South Africa. Dynamic Ad., Nelspruit, South Africa pp: 132-134.
- Bellabas, A., 2012. Rapport de mission. Etude de base sur les Agrumes en Algérie. Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. Projet GTFS/REM/070/ITA. ONU pour l'alimentation et l'agriculture., p: 46.
- Biche, M., Siafa Ab-r., R. Adda et R. Gherbi, 2012. M. - Biologie d'*Aonidiella aurantii* (homoptera, diaspididae) surcitronnier dans la région de Rouiba. Département de Zoologie Agricole et Forestière, Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Libanese Science journal, pp: 59-64.
- Biche, M., R. Belguendouz, N. Menzer and A. Khouddour, 2012- Biology of *Ceroplastes rusci* L. (Coccoidea : Leucaidae) on fig tree, *Ficus carica* L. In the area of Médea (Algeria). Agriculture and biology journal of North America., pp: 208-212.
- Bondeheimer, F.S., 1951. - Citrus entomology. Dr. Junk, publisher, the hague, pp: 663.
- Beardsley, J.W., and R.H. González, 1975. - The biology and ecology of armored scales. Annual Review of Entomology, 20: 49-73.
- Cameron, J.W., G.E. - Carman and R.K. Soost, 1969. Differential resistance of *Citrus* species hybrids to infestation by the California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.). Journal of American Society of Horticultural Sciences, 94: 694-696.
- Chorfa, S., 1993 - Recherches sur un nouveau ravageur du clémentinier *Aonidiella aurantii* M. (Hom. Diaspididae) à Boufarik. Thèse. Ing.. INES, Agron., Blida. Algiers, p: 84.
- Faurie, C., C. Ferra et P. Medori, 1980. - Ecologie. Baillière, J.B (ed). Paris, pp: 168.
- Habib, A., H.S. Salama and A.H. Amin, 1972. - Populations of *Aonidiella aurantii* on citrus varieties in relation to their physical and chemical characteristics. Entomologia Experimentalis et Applicata, 15: 324-328.
- HAMMER, Ø., D.A.T. HARPER et P.D. RYAN, 2001- PAST vers. 1.34. Palaeontological Statistic software package for education and data analysis. <http://folk.uio.no/ohammer/past>, Palaeontologica Electronica 4(1):9
- Kihal, N., 1992. Etude bioécologique d'*Aonidiella aurantii* Mask (Hom. Diaspididae) sur clémentinier à l'I.T.F.V. de Boufarik et sa relation avec son parasite externe. *Aphytis chrysomphali* M. (Hym., Aphelinidae). Thèse. INSA. Univ. Blida (Algérie), pp: 60.
- Kosztarab, 1990. - Economic importance chap. 31. Armored scale insects as pests in: d. Rosen (Ed). Armored scale insects: their biology, natural enemies