

Dynamique des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton (1856) et impact de son complexe parasitaire en Algérie

Lounes Saharaoui*, Abdelmadjid Benzara, Bahia Doumandji-Mitiche

Institut national agronomique,
département de Zoologie
agricole et forestière,
16200 El-Harrach – Alger,
Algérie

Dynamics of the populations of *Phyllocnistis citrella* Stainton (1856) and impact of its parasitic complex in Algeria.

Abstract — Introduction. Until now, research undertaken in Algeria on controlling the citrus leaf miner *P. citrella* Stainton, parasite responsible for a lot of damage on *Citrus* trees, was very limited. Studies on the dynamics of the parasite populations and the impact of its parasitic complex were undertaken over three years, in the East of Mitidja in Algeria. **Materials and methods.** Samplings were carried out from 1996 to 1998, twice a month, on two orchards, one of *Citrus limon*, the other of *Citrus sinensis*. Random counting was done on 500 leaves per sampling. At the laboratory, the various development stages of the leaf miners and their state (alive, dead or parasitized) were recorded by foliar side and orientation of the sampled branches. **Results and discussion.** Strong contamination by *P. citrella* was observed in summer and at the beginning of autumn. The spring growths were partially contaminated in 1996 and 1997 and practically without attacks in 1998. The death rate of the populations was very significant in 1997: 53% on orange trees and 46,48% on lemon trees. Whatever the year, the second larval stage was most affected. The sex-ratios were 0.12 (lemon trees) and 0.11 (orange trees). Three local parasitoids were identified: *Cirrospilus pictus*, *C. vittatus* and *Pnigalio mediterraneus*. In 1996, they gave place to maximum parasitism rates of 22% to 29% on lemon trees and of 26% to 30% on orange trees. These rates increased in 1997 and 1998, because of the introduction of *Semiela cher petiolatus*. **Conclusion.** To enhance the activity of the local auxiliaries, it would first be necessary to proceed to rearing and significant releases of *S. petiolatus*, then to try again to rear and to release the *A. citricola* species, and finally to introduce other powerful parasitoids.

Algeria / *Citrus* / insect control / *Phyllocnistis citrella* / population dynamics / animal developmental stages / infestation / parasitoids

Dynamique des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton (1856) et impact de son complexe parasitaire en Algérie.

Résumé — Introduction. Jusqu'à présent, les recherches entreprises en Algérie pour contrôler *P. citrella* Stainton ou mineuse des agrumes, parasite responsable de nombreux dégâts sur agrumes, ont été très limitées. Une étude sur la dynamique des populations du parasite et l'impact de son complexe parasitaire a été entreprise pendant trois années, dans l'Est de la Mitidja en Algérie. **Matériel et méthodes.** Des échantillonnages ont été effectués, de 1996 à 1998, deux fois par mois sur deux vergers, l'un de citronniers, l'autre d'orangers. Des dénombrements aléatoires ont été faits sur 500 feuilles par prélèvement. Au laboratoire, les différents stades de développement de la mineuse et leur état (vivants, morts ou parasités) ont été notés par face foliaire et par orientation des rameaux échantillonnés. **Résultats et discussion.** Une forte contamination par *P. citrella* a été observée en été et au début de l'automne. Les pousses printanières ont été partiellement contaminées en 1996 et 1997 et pratiquement indemnes en 1998. Le taux de mortalité des populations a été très important en 1997 : 53 % sur orangers et 46,48 % sur citronniers. Quelle que soit l'année, le deuxième stade larvaire a été le plus affecté. Les sex-ratios ont été de 0,12 (citronniers) et 0,11 (orangers). Trois parasitoïdes locaux ont été identifiés : *Cirrospilus pictus*, *C. vittatus* et *Pnigalio mediterraneus*. En 1996, ils ont donné lieu à des taux de parasitisme maximaux de 22 % à 29 % sur citronniers et 26 % et 30 % sur orangers. Ces taux ont augmenté en 1997 et 1998, du fait de l'introduction de *Semiela cher petiolatus*. **Conclusion.** Pour renforcer l'activité des auxiliaires locaux, il faudrait tout d'abord procéder à des élevages et des lâchers importants de *S. petiolatus*, tenter à nouveau d'élever et de lâcher l'espèce *A. citricola*, enfin d'introduire d'autres parasitoïdes performants.

* Correspondance et tirés à part

Fruits, 2001, vol. 56, p. 403–413
© 2001 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved

RESUMEN ESPAÑOL, p. 413

Algérie / *Citrus* / lutte anti-insecte / *Phyllocnistis citrella* / dynamique des populations / stade de développement animal / infestation / parasitoïde

1. Introduction

Originnaire du Sud-Est asiatique, l'espèce *Phyllocnistis citrella*, ou mineuse des agrumes, a été décrite pour la première fois en Inde par Stainton en 1856. Elle est actuellement répandue dans un grand nombre de régions productrices d'agrumes du monde entier [1].

En Algérie, les premières observations sur *P. citrella* ont été faites en juin 1994 dans les vergers de l'ouest d'où l'insecte s'est propagé rapidement dans tout le pays [2]. Ce nouveau ravageur s'est ajouté à de nombreux autres insectes responsables d'importants dégâts sur *Citrus* : la mouche blanche, *Dialeurodes citri* Ashmead ; la mouche blanche floconneuse, *Aleurothrixus floccosus* Maskell ; la mouche méditerranéenne, *Ceratitis capitata* Weid ; les pucerons *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe et *Aphis citricola* Patch. ; les cochenilles *Lepidosaphes beckii* New. et *Aonidiella aurantii* Mask. ; les acariens *Tetranychus urticae* Boisd et *Hemitarsonemus latus* Banks ; la teigne, *Prays citri* Mill.

P. citrella s'attaque plus particulièrement aux jeunes feuilles des agrumes et provoque la défeuillaison des arbres, un ralentissement de la croissance et même l'arrêt du développement des pousses. Les larves se nourrissent des cellules épidermiques et créent des mines argentées et sinueuses le long des feuilles causant ainsi leur recroquevillement [3]. Une larve de mineuse détruit de (1 à 7) cm² de surface foliaire ; la mine s'élargit au fur et à mesure que la larve évolue. Lorsque les feuilles ont plus de quatre mines, divers symptômes peuvent être observés : les bords des feuilles s'enroulent vers le haut, puis une chlorose et des points nécrotiques apparaissent [4]. Au cours de son développement, la mineuse passe par quatre stades larvaires dont les trois premiers seulement s'alimentent [5].

En Algérie, quatre entomophages exotiques ont été introduits en 1995 à partir d'Australie et du Maroc par les services de l'Institut national de la protection des végétaux, puis lâchés en été 1996 : *Ageniaspis citricolla*, *Semiela cher petiolatus*, *Sempiesis* sp.

et *Cirrospilus quadristriatus*. D'après les premières observations, les espèces *S. petiolatus* et *A. citricola* donneraient des résultats encourageants pour le contrôle *P. citrella*.

La seule tentative de lutte chimique réalisée en Algérie est attribuée à Ait Yahia et Rachef [6] qui ont testé des molécules à action systémique : diméthoate (Systoate, Procida/RU, utilisé à 357 mL × 100 L⁻¹), formothion [Anthio, Shell, de (33 à 100) mL × 100 L⁻¹ et flufenoxuron (Cascade, BASF Agro SAS, à 62,5 mL × 100 L⁻¹).

Jusqu'à présent, les recherches entreprises en Algérie sur *P. citrella* ont été très limitées. Notre étude a été menée dans le cadre de la stratégie de lutte contre la mineuse des feuilles des *Citrus*, élaborée lors d'un séminaire international tenu le 16 et 17 décembre 1996 à Blida en Algérie, avec la participation de douze pays concernés par ce ravageur. Afin d'étudier certains paramètres bioécologiques utiles pour le contrôle du parasite, nous avons suivi la dynamique de ses populations, inventorié ses ennemis naturels et évalué l'impact de son complexe parasitaire sur deux variétés d'agrumes : le citronnier et l'oranger. Certains renseignements sur la distribution et l'estimation des infestations de l'insecte, ainsi que sur les facteurs qui influencent sa présence ont ainsi été également obtenus.

2. Matériel et méthodes

Les travaux ont été menés dans l'Est de la plaine de la Mitidja en Algérie. Deux vergers, l'un de citronniers *Citrus limon* L. var. Eureka et l'autre d'orangers *C. sinensis* L. var. hâtive Washington navel, d'une superficie de 2,5 ha chacun, plantés en 1990, ont été choisis pour effectuer les observations requises. Ces vergers font partie d'une exploitation privée de la commune de Rouiba, à 25 km à l'est d'Alger et à 36° 44' de latitude N et 3° 14' de longitude E. En été, des cultures maraîchères intercalées y sont parfois menées.

Les échantillonnages ont été effectués deux fois par mois sur trois années successives (1996 à 1998) en effectuant un

dénombrement périodique et aléatoire des populations. Les parcelles ont été divisées en neuf blocs de 25 arbres. Les prélèvements ont été faits, à hauteur d'homme, sur deux arbres de chacun de ces blocs, aux quatre points cardinaux et dans le centre de l'arbre, sur deux rameaux de (8 à 10) cm comportant des pousses jeunes, moyennes ou âgées. Les échantillons constitués de 500 feuilles lors de chaque prélèvement ont été placés dans des sachets de papier avec mention de toutes informations utiles à l'identification du prélèvement : date, lieu, variété et orientation des rameaux sur l'arbre.

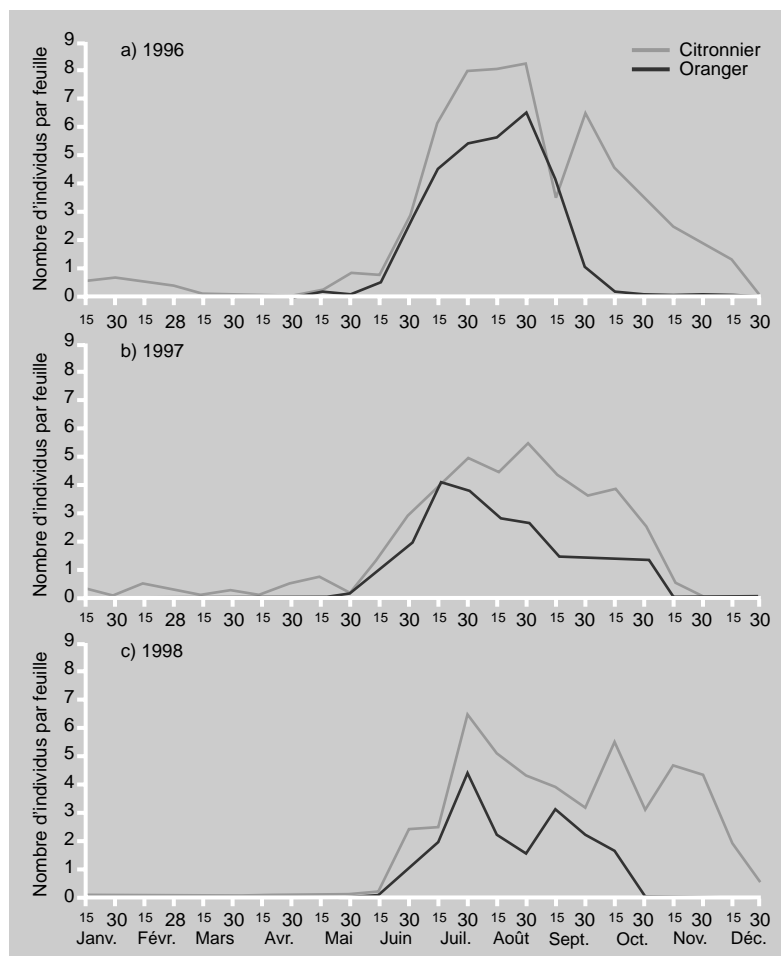
Au laboratoire, les différents stades de la mineuse, vivants, morts ou parasités ont été repérés sous un stéréomicroscope binoculaire et notés par face foliaire et par orientation du rameau d'origine. Afin de déterminer le sex-ratio de la population d'insectes, un sexage de toutes les nymphes récoltées a été effectué pour chaque échantillonnage [7]. Par ailleurs, les nymphes d'auxiliaires ont été récupérées afin d'identifier les différentes espèces lors de leur émergence.

3. Résultats et discussion

3.1. Dynamique des populations de la mineuse sur citronniers et orangers

3.1.1. Observations de 1996

En 1996, de fortes pullulations de la mineuse ont été observées sur les deux variétés d'agrumes étudiées. En hiver, dans cette région de la plaine de la Mititja, les températures minimales et maximales varient respectivement entre (4 et 10) °C et (14 et 20) °C, l'humidité relative de l'air oscille entre 68 % et 87,9 % et la pluviométrie, de 6,7 mm, est faible. Pendant cette période hivernale, profitant de ces conditions climatiques plus ou moins clémentes, la mineuse a pu se maintenir à un niveau très faible sur quelques jeunes pousses libres de citronniers où un maximum de 0,07 à 0,64 individus par feuille a pu être dénombré en moyenne. En revanche, pendant cette même période et au cours des deux



premiers mois de printemps, l'insecte a été pratiquement absent des orangers (*figure 1a*).

L'arrivée un peu retardée de la poussée printanière vers la deuxième décennie du mois de mai a permis à la mineuse de reprendre progressivement son activité sur les deux vergers. Ainsi, des pics de l'ordre de 0,83 et 0,54 individus par feuille ont pu être enregistrés, respectivement sur citronniers et orangers, les 30 mai et 15 juin 1996 (*figure 1a*).

Les larves récupérées sur les pousses moyennes printanières ont évolué en nymphes. Les stades embryonnaires et larvaires ont véritablement explosé à partir de la seconde poussée de sève apparue vers la fin du mois de juin (*figure 1a*). Cette explosion s'est prolongée durant les mois de juillet et août. Vers la fin du mois d'août,

Figure 1. Fluctuation pendant trois années consécutives des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton, la mineuse des agrumes, en vergers situés dans l'est de la plaine de Mitidja au Maroc.

les nombres moyens maximaux ont été de 8,20 et 6,52 individus par feuille sur citronniers et orangers, respectivement (*figure 1a*). Dans la région d'étude, en été, les températures minimales ne tombent pas au-dessous de 16 °C, alors que les maxima varient entre (26,4 et 31) °C et que l'humidité relative de l'air se situe entre 58,8 % et 74,2 %.

Les conditions climatiques encore favorables en septembre et en octobre ont favorisé le maintien des populations de la mineuse à un effectif assez élevé sur les rameaux issus de la poussée automnale qui prolonge en fait de la poussée estivale. De la fin septembre à la mi-décembre, la moyenne des contaminations a varié de 6,50 à 1,28 individus par feuille sur citronniers et de 4,06 à 0,04 sur orangers (*figure 1a*).

3.1.2. Observations de 1997

En 1997, les populations larvaires de l'automne 1996 ont évolué en nymphes. Avec 288 individus dénombrés en décembre, elles ont assuré, sur citronniers, le maintien des populations de la mineuse durant presque toute la période hivernale. L'émergence des imagos issus de ces nymphes a donné par la suite des moyennes maximales variant en fin janvier/début février entre 0,09 et 0,53 individus par feuille. L'activité de la mineuse sur citronniers en hiver a été favorisée par la présence de jeunes pousses libres sur quelques arbres et par des conditions climatiques relativement favorables.

Comme l'année précédente, la poussée printanière a accusé un léger retard et a été partiellement affectée malgré l'amélioration des conditions climatiques et la présence d'une végétation fraîche. Du 30 mars au 30 mai, seuls 38 œufs ont été dénombrés. En revanche, bien qu'en faible densité, les populations larvaires et nymphales se sont maintenues sur citronniers pendant l'intersaison à la faveur de la disponibilité de pousses moyennes et âgées. Deux pics caractérisés par des moyennes de 0,58 et 0,76 individus par feuille ont été notés vers la fin avril et la mi-mai (*figure 1b*).

Sur orangers, la situation a été semblable à celle observée en 1996. La mineuse a été absente en hiver et pendant les deux

premiers mois du printemps. Les premières contaminations ont commencé à la fin du mois de mai. Les pontes enregistrées vers la mi-juin sont à attribuer, vraisemblablement, à la poussée estivale.

La disponibilité d'une végétation abondante et fraîche, favorisée par des conditions climatiques très favorables et par les irrigations des cultures intercalaires installées dans les vergers, ont entraîné, en été, une forte activité de la mineuse provoquant même des chevauchements de générations. Sur citronniers une véritable explosion des stades embryonnaires et larvaires a eu lieu ; deux pics de 4,89 et 5,48 individus par feuille ont ainsi été enregistrés, respectivement, les 30 juillet et 30 août. Au mois d'août, très peu de larves ont évolué en nymphes en raison de fortes chaleurs, de la présence d'entomophages et de compétitions provoquant une mortalité importante notamment chez les jeunes stades larvaires. Une deuxième vague de fortes pullulations a été notée en septembre et en octobre, qui a coïncidé avec l'installation de la poussée automnale. La moyenne des contaminations par feuille a varié de 3,86 à 0,51 individus sur citronniers et de 1,25 à 0,04 individus sur orangers. À partir de la deuxième décennie de novembre, les conditions climatiques se sont détériorées et par manque de nourriture, les infestations ont brutalement chuté pour parvenir à un arrêt complet d'activité de la mineuse sur les deux variétés vers la fin du mois de novembre (*figure 1b*).

3.1.3. Observations de 1998

En 1998, malgré la présence de quelques jeunes pousses libres sur citronniers, les contaminations par *P. citrella* ont été pratiquement nulles en hiver et durant les deux premiers mois du printemps. Cette absence du ravageur pourrait être attribuée aux conditions climatiques très rigoureuses enregistrées lors de cette période où les températures minimales ont varié de (5,8 à 9,2) °C et où la pluviométrie moyenne a été de 55,25 mm. Les premières pontes sur citronniers ont été observées à la fin du mois de mai et un peu plus tard sur orangers. Seules 15 larves parmi les 136 récoltées ont évolué en nymphes ; cette évolution a pu être gênée par le fait de

conditions climatiques instables durant la période printanière.

Comme lors des années précédentes, la présence d'une végétation fraîche a provoqué une explosion des infestations sur les deux variétés : vers la fin du mois de juillet les contaminations ont atteint des pics de l'ordre de 6,45 individus par feuille sur citronniers et 4,40 individus par feuille sur orangers (*figure 1c*). Après une diminution des effectifs de la population en août, sans doute expliquée par des températures élevées, supérieures à 32 °C, la mineuse est redevenue active vers le début du mois de septembre à la faveur du développement de pousses automnales et de l'amélioration des conditions climatiques. Ainsi, sur citronniers, les infestations sont restées assez intenses jusqu'à la fin novembre, avec un pic de 5,55 individus par feuille le 15 octobre. La présence de quelques jeunes pousses libres a permis aux larves de continuer leur cycle pendant les mois de novembre et décembre (*figure 1c*). Sur orangers, la moyenne maximale des infestations a atteint 3,12 individus par feuille le 15 septembre et la période des contaminations a été relativement courte puisqu'elle s'est achevée à la fin octobre, date de la fin de la poussée automnale. Globalement, les niveaux des populations enregistrés en 1998, quoiqu'encore préoccupants, ont été réduits par rapport à ceux observés en 1996 et 1997 sur les deux variétés.

3.2. Distribution des populations de *P. citrella* entre les faces foliaires

La distribution de la population globale de la mineuse entre les faces supérieures et inférieures de la feuille a été relativement homogène au cours des années puisque l'écart entre les effectifs d'une de ces faces à l'autre n'a pas dépassé 2,5 %. Durant l'année 1996, la face supérieure a été sensiblement la plus affectée avec 51,04 % de la population, alors qu'en 1997 et 1998, c'est plutôt la face inférieure qui a été la plus touchée avec, respectivement, 51,47 % et 52,44 % des insectes dénombrés. Cependant, sur la face supérieure des feuilles, davantage exposée aux rayons du soleil et

plus propice au dépôt des œufs par les femelles, les infestations ont été très élevées pendant les saisons d'été et d'automne.

Contrairement aux œufs et aux larves de premier stade, les autres stades de *P. citrella* se sont davantage localisés sur la face inférieure, quelles qu'aient été la saison et l'année. Entre 1996 et 1998, le taux d'infestation sur citronniers a varié de (57,98 à 60,26) % pour le troisième stade larvaire. Il a été de (62 à 63) % chez les prénymphe. Il a largement dépassé les 72 % pour les chrysalides. Sur orangers, la face inférieure a attiré plus de 63,99 % de la population âgée et a pu atteindre jusqu'à 77,18 % chez les prénymphe. Selon Garrido [8], les prénymphe et les chrysalides se localiseraient préférentiellement sur la face inférieure de la feuille.

Si, durant la période chaude, la face supérieure de la feuille offre de meilleures conditions et est plus propice au dépôt de la ponte, en hiver, la mineuse dépose préférentiellement ses œufs sur la face inférieure où elle trouve des conditions plus clémentes et une meilleure protection pour terminer son cycle de développement. Deysson [9] a rapporté qu'en outre la face inférieure possédait des poils épidermiques plus nombreux, qui permettaient une certaine protection et une meilleure fixation de l'insecte, et qu'elle renfermait davantage de stomates.

3.3. Influence de l'exposition des rameaux sur le développement de *P. citrella*

D'après les observations que nous avons effectuées, la mineuse n'aurait pas de préférence marquée pour une quelconque exposition. Néanmoins, en été les femelles fuient souvent les expositions chaudes et préfèrent pondre sur les rameaux disposés au centre de l'arbre et vers l'ouest, car ceux-ci offrent un microclimat plus doux. Sur citronniers, 22,38 % des attaques parasitaires ont été enregistrées en direction de l'ouest en 1998, alors que sur orangers, ce sont plutôt les rameaux du centre qui ont été touchés avec 24,11 % des attaques.

Pour les deux variétés, c'est la direction nord qui a été la moins infestée avec, respectivement, 18,45 % d'attaques sur citronniers et 16,97 % sur orangers. En Espagne, Martin Santana *et al.* [10] ont rapporté que *P. citrella* n'avait pas de préférence quant à l'orientation et la localisation des rameaux dans l'arbre.

3.4. Sex-ratio de *P. citrella*

L'étude du sex-ratio de la mineuse montre que, sur un effectif de 826 nymphes observées sur citronniers, 732 individus femelles ont été dénombrés pour 94 mâles seulement, soit un sex-ratio de 0,12 (*tableau I*). Sur citronniers en Floride, Knapp *et al.* [1] avaient établi un sex-ratio légèrement plus élevé de 0,16.

Sur orangers, l'observation de 268 nymphes a permis d'identifier 241 femelles pour seulement 27 mâles, soit un sex-ratio de 0,11 (*tableau II*). Les femelles seraient donc en moyenne huit fois plus abondantes que les mâles, d'où la forte ponte intervenue surtout en été et au début de l'automne.

3.5. Régulation des populations de *P. citrella*

Comme tous les insectes, la mineuse de la feuille des agrumes est soumise à un certain nombre de facteurs abiotiques et biotiques qui interviennent dans la régulation de l'effectif de ses populations. Les facteurs abiotiques sont en grande partie liés aux conditions climatiques : température, hygrométrie, vent et pluviométrie. Ces aléas climatiques sont susceptibles d'entraîner une forte mortalité des populations de l'insecte, notamment du stade larvaire. Les nymphes et les chrysalides, protégées par leurs cocons, sont moins exposées à ces facteurs du milieu [11]. Tout au long de l'année, *P. citrella* subit également l'agression d'un certain nombre d'ennemis naturels surtout entomoparasites et prédateurs. Cependant, d'autres facteurs liés à la concurrence entre individus, la nourriture disponible et de possibles hydratations peuvent gêner le développement de l'insecte ou provoquer sa mort.

Tableau I.

Sex-ratio d'un échantillonnage des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton ayant évolué sur citronniers de 1997 à 1998 (verger à l'est de la plaine de la Mitidja, Algérie).

Mois	Effectifs	Sex-ratio
1997		
Juillet	179	0,12
Août	267	0,10
Septembre	114	0,12
Octobre	103	0,13
Novembre	4	0,33
Décembre	0	0
1998		
Janvier	0	0
Février	0	0
Mars	0	0
Avril	0	0
Mai	1	0
Juin	158	0,17
Total	825	0,12

Tableau II.

Sex-ratio d'un échantillonnage des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton ayant évolué sur orangers de 1997 à 1998 (verger à l'est de la plaine de la Mitidja, Algérie).

Mois	Effectifs	Sex-ratio
1997		
Juillet	93	0,12
Août	28	0,12
Septembre	40	0,11
Octobre	39	0,08
Novembre	0	0
Décembre	0	0
1998		
Janvier	0	0
Février	0	0
Mars	0	0
Avril	0	0
Mai	0	0
Juin	68	0,11
Total	268	0,11

3.5.1. Mortalité

La mineuse a été surtout affectée pendant l'année 1997 où son taux de mortalité annuel a été évalué à 53,00 % sur orangers et 46,48 % sur citronniers. Malgré les fortes infestations observées en 1996, les taux de mortalité enregistrés au cours de cette année (17,65 % sur orangers et 14,88 % sur citronniers) ont été relativement faibles par rapport à ceux des deux années suivantes.

En 1998, le taux de mortalité annuel a avoisiné les 36,82 % sur orangers et 19,07 % sur citronniers. Le deuxième stade larvaire a été le plus affecté sur les deux variétés alors que la mortalité des nymphes a été insignifiante avec un taux inférieur à 10 %, quelle que soit l'année.

Les fortes mortalités de la mineuse observées en 1997 peuvent être expliquées par la longue période de sécheresse survenue au cours de cette année. Sur citronniers, les fortes chaleurs alors enregistrées ont beaucoup affecté les populations larvaires qui ont accusé des taux de mortalité variant de (33,98 à 45,36) % chez les stades L1 ; de (48,21 à 84,12) % chez les stades L2 ; de (23,52 à 84,48) % chez les stades L3.

D'après Lakra *et al.* [12], 63 % des chrysalides de *P. citrella* seraient tuées lorsque les températures atteignent 46 °C alors qu'un taux d'humidité égal à 100 % ou inférieur à 10 % n'aurait aucun effet apparent sur l'insecte.

Les conditions climatiques relativement rigoureuses de l'hiver et du début de printemps 1997 ont provoqué une forte mortalité larvaire (4 % à 60 %). En revanche, les taux de mortalité ont été relativement faibles durant la même période des années 1996 et 1998 (2 % à 30 %). Pour Jacas *et al.* [13], une température de 0 °C serait létale pour la plupart des stades sensibles de la mineuse. Les fortes mortalités enregistrées pendant la période estivale ont été en partie provoquées par une importante compétition spatiale due à une forte densité larvaire. En effet, d'après Knapp *et al.* [1], lorsque la densité de la population augmente de plus de 2 à 3 mines par feuille, la capacité de la mineuse à compléter son développement diminue. Cela se vérifierait particulièrement sur les jeunes feuilles.

3.5.2. Parasitisme de *P. citrella*

Trois parasitoïdes locaux ont été identifiés au cours de notre étude : *Cirrospilus pictus* Nees, *C. vittatus* Walker et *Pnigalio mediterraneus* L¹. Ils s'attaquent au troisième stade larvaire, aux prénymphe et aux chrysalides. L'espèce *C. pictus* a été dominante et a présenté une faculté de multiplication très élevée, surtout en été. Nous avons dénombré ce parasite dans 70,45 % des émergences. En revanche, l'impact des deux autres parasites est resté très modeste ; ils n'ont représenté que 26,43 % des émergences pour *C. vittatus* Walker et 3,12 % pour *Pnigalio mediterraneus* L. En Espagne, le genre *Pnigalio* sp. serait le plus performant et il parasiterait près de 20 % des larves âgées [7].

Le suivi de l'évolution du parasitisme sur *P. citrella* durant trois années successives a montré que le taux de parasitisme global annuel avait été relativement faible au cours de l'année 1996 avec 11,93 % sur citronniers et 11,41 % sur orangers. Dans les régions de l'ouest du Sahel algérois [14] et pendant la même année, il a été encore moindre (8,63 % sur citronniers et 8,33 % sur orangers). Sur les quatre parasites introduits et lâchés en 1996 dans la région, seule l'espèce *Semiolacher petiolatus* Girault a pu s'acclimater : au cours de l'année 1997, il a parasité 20,22 % des ravageurs présents sur citronniers et 18,03 % de ceux trouvés sur orangers. Néanmoins, ces taux ont sensiblement régressé en 1998 (19,07 % sur citronniers et 10,39 % sur orangers) du fait des faibles contaminations de la mineuse et de l'arrêt des lâchers effectué au cours de cette année.

3.5.2.1. Parasitisme de *P. citrella* sur citronniers

Sur citronniers, le complexe parasitaire de la mineuse constitué essentiellement des parasites locaux n'a pas gêné le développement des populations de *P. citrella* lors de l'été 1996, en raison des fortes infestations et des chaleurs élevées. Au cours de cette période, les taux de parasitisme de l'insecte ont varié de 18,99 % (30 juin) à 5,97 % (30 juillet). L'incidence parasitaire a été relativement plus importante en automne du fait de l'amélioration des conditions

¹ Les espèces *Cirrospilus pictus* Nees et *C. vittatus* Walker L. ont été identifiées par le Dr. La Salle de l'institut international d'Entomologie de Londres (UK) et *Pnigalio mediterraneus* par A. Panis de l'Inra d'Antibes (France).

climatiques. Un pic de parasitisme de 22,43 % a été noté le 15 octobre.

Le nouveau cortège parasitaire renforcé par l'espèce introduite *S. petiolatus* a augmenté le potentiel parasitaire au cours des étés et automnes des années qui ont suivi les lâchers de 1996 sur citronniers. En 1997, le taux de parasitisme s'est maintenu entre 10,48 % (15 août) et 28,09 % (30 août) en été, puis il a augmenté rapidement en début d'automne 34,79 % (15 septembre) pour diminuer ensuite à 14,29 % (15 octobre). Du fait des premiers froids, il a alors varié de 5,06 % à 17,95 % entre le 30 octobre et le 15 novembre. En 1998, le parasitisme a atteint un taux maximal de 34,59 % en milieu d'été (30 juillet) et un taux minimal de 0,64 % en début d'hiver (15 décembre) ; il a été de 7,76 % en automne (30 septembre) (figure 2a).

3.5.2.2. Parasitisme de *P. citrella* sur orangers

Sur orangers, l'activité des parasites de *P. citrella* a été pratiquement nulle en hiver pendant des trois années d'étude du fait d'une absence de la mineuse liée au manque de jeunes pousses. En 1996, les

premiers parasites ont été observés vers le 15 mai où le pic de parasitisme a été de l'ordre de 26,03 %. Ce taux a varié de 2,21 % (15 juillet) à 16,13 % (15 septembre) pendant la période estivale. Il a augmenté au début de l'automne pour atteindre 30,95 % le 15 octobre.

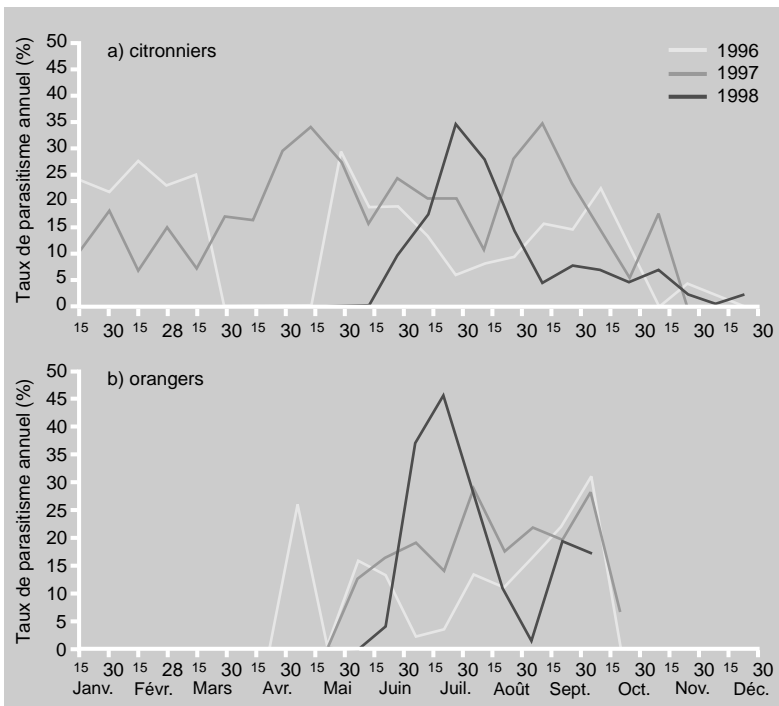
En 1997, les faibles contaminations observées sur les pousses printanière peuvent être expliquées par une installation tardive des parasites. Le taux de parasitisme a été estimé à 12,61 % à la mi-juin. En été, les rares individus âgés de *P. citrella* issus des populations développées aux dépens de la poussée printanière ont trouvé une nourriture abondante et donc des conditions favorables pour se multiplier. La bonne acclimatation de l'espèce *S. petiolatus* dans la région a renforcé l'incidence du cortège parasitaire au cours des périodes d'été et d'automne de 1997 et 1998. Des taux de parasitisme allant de 13,94 % (30 juillet) à 29,21 % (15 août) ont été enregistrés durant la l'été 1997. Ils ont atteint un maximum de 28,38 % en début d'automne, le 15 octobre, de la même année.

L'incidence parasitaire a été importante au cours des deux premiers mois de l'été 1998 où les taux de parasitisme ont atteint 45,66 % le 30 juillet pour descendre à 25,32 % le 15 août. Les fortes chaleurs ont entraîné la baisse de ce taux de parasitisme jusqu'à 9,61 % enregistré à la fin du mois d'août et 1,15 % à la mi-septembre. L'amélioration des conditions climatiques en début d'automne a contribué à une reprise de l'activité des parasites sur les populations âgées de la dernière génération de la mineuse. Le taux de parasitisme s'est ainsi stabilisé à 19,25 % à la fin du mois de septembre et 17,21 % à la mi-octobre. La fin de la poussée de sève est intervenue vers la fin octobre (figure 2b).

3.5.2.3. Impact du parasitisme sur les stades de développement de *P. citrella*

L'impact du complexe parasitaire de la mineuse a été beaucoup plus ressentie sur les prénymphe et les stades larvaires L3 que sur les chrysalides. Sur citronniers, les taux de parasitisme annuels sur les prénymphe ont été de 15,78 % en 1996,

Figure 2. Évolution du taux de parasitisme de *Phyllocnistis citrella* Stainton sur citronniers et orangers durant les années 1996 à 1998 (vergers de l'est de la plaine de Mitidja au Maroc).



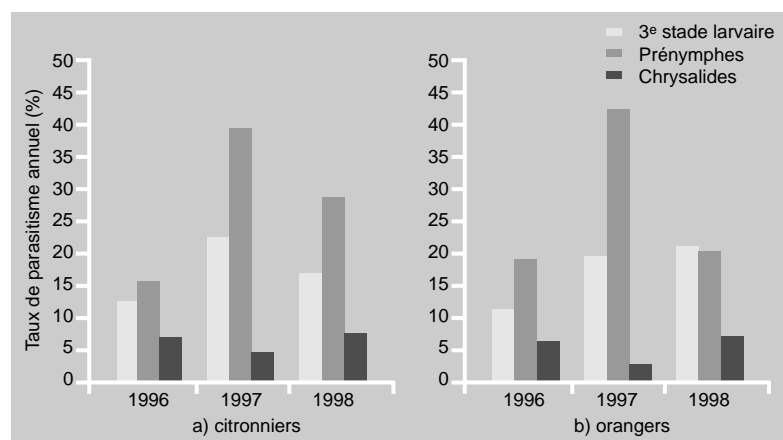
38,90 % en 1997 et 28,66 % en 1998. Ils ont oscillés entre 12,45 % et 22,24 % sur les stades L3 au cours des trois années et n'ont jamais dépassé 8 % sur les chrysalides quelle que soit l'année considérée (figure 3a).

Sur orangers, le stade prénymphal a été le plus réceptif avec un taux de parasitisme de 19,22 % en 1996, 41,66 % en 1997 et 20,17 % en 1998. Pendant l'année 1998, il n'y a pas eu de différences significatives entre les taux de parasitisme des prénymphes (20,17 %) et des larves au stade L3 (21,11 %). En revanche, la différence de parasitismes entre ces deux stades a été très marquée au cours des années 1996 et 1998. Les chrysalides sont restées les moins réceptives avec des taux de parasitisme variant entre 2,91 % et 7,04 % au cours des trois années (figure 3b).

Au Maroc, le taux de parasitisme (*Cirrosipilus pictus*, *Pnigalio* sp.) atteint des maxima de (50 à 55) % sur les stades larvaires L3 et les prénymphes et 20 % sur l'ensemble des stades de la mineuse. Le parasitisme de l'ensemble des stades larvaires fluctue avec des taux maximaux avoisinant 12 % au milieu du printemps ; ils se maintiennent entre (4 et 6) % en été et s'accroissent en l'automne jusqu'à (15 ou 20) % ; ils diminuent avec les premiers froids [15]. En Inde pays d'origine de *P. citrella*, malgré la présence de plusieurs parasites, le taux de parasitisme a été estimé à seulement 30 % ou 50 % [15].

3.5.3. Prédation

Nous n'avons pas pu identifier avec exactitude l'impact des prédateurs locaux, cependant, deux *Chrysopidae* (*Chrysoperla carnea* Stephens et *C. septempunctata* L.) semblent exercer un effet dépressif sur les populations larvaires de *P. citrella* en été. Par ailleurs, des larves au stade L3 d'un *Syrphidae* (*Episyrphus balteatus* De Geer) ont été également observées s'attaquant aux larves de la mineuse. Nous avons aussi rencontré, au cours de la période estivale, un grand nombre de larves de *Cecidomyies* et d'*Anthocoridae* (punaises) autour des populations larvaires de la mineuse. Il se pourrait que ces auxiliaires s'attaquent à la mineuse par des piqûres de la zone



abdominale. Cependant, à notre avis, la mineuse constituerait seulement une nourriture de remplacement pour ces auxiliaires, du fait de leur spécificité alimentaire vis-à-vis des pucerons. Néanmoins, certains chrysopes notamment *Ankylopterus octopunctata* et *Chrysopa boniniesis* auraient été trouvés très actifs contre la mineuse dans le sud de la Chine [16].

Figure 3.

Comparaison, de 1996 à 1998, du taux de parasitisme annuel de populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton sur citronniers ou orangers (vergers de l'est de la plaine de Mitidja au Maroc).

4. Conclusion

Le suivi des fluctuations des populations de *P. citrella* durant les années 1996 à 1998 a mis en évidence une forte infestation des rameaux issus des poussées estivale et automnale. En 1997, cette infestation a été plus accentuée et le ravageur est resté toute l'année présent sur les citronniers. Les pousses de printemps, partiellement contaminées en 1996 et 1997, ont été pratiquement indemnes sur les deux variétés en 1998.

Les taux de contaminations enregistrés en Algérie sur citronniers et orangers ont été supérieurs à ceux trouvés dans certains pays voisins. En se référant à la moyenne du nombre de larves par feuille enregistrée en été et en automne, le seuil économique de 0,74 établi par Huang *et al.* [17] en Chine a été largement dépassé pour les deux espèces de *Citrus* étudiées, ce qui met en évidence l'ampleur des infestations, notamment durant l'année 1997.

La distribution de la mineuse sur l'une ou l'autre face de la feuille d'agrumes a été sensiblement la même au cours de l'année et n'a pas excédé un écart de 2,5 %. Contrairement aux œufs et aux jeunes stades larvaires plutôt localisés sur la face supérieure en été, les stades âgés se sont maintenus surtout sur la face inférieure, quelles que soit la saison et l'année. Il existe une grande synchronisation entre la croissance du végétal et le développement de l'insecte.

L'étude du sex-ratio a montré que les femelles sont environ huit fois plus nombreuses que les mâles, ce qui expliquerait les fortes pontes observées au cours des périodes d'été et d'automne.

Les taux de mortalité les plus forts ont été enregistrés en 1997. C'est le deuxième stade larvaire qui a été le plus touché au cours des trois années d'observation. Chez les populations nymphales, le taux de mortalité est resté insignifiant et n'a pas dépassé 10 % quelle que soit l'année.

Trois parasitoïdes locaux ont été inventoriés, *Cirrospilus pictus*, *C. vittatus* et *Pnigalio mediterraneus*, qui s'attaquent au troisième stade larvaire, aux prénymphe et aux chrysalides. Sur quatre entomoparasites introduits et lâchés en 1996, seule l'espèce *Semiolacher petiolatus* a pu s'acclimater et se maintenir à un niveau appréciable en 1997 et 1998. En revanche, malgré les résultats satisfaisants obtenus au cours de la phase expérimentale, *Ageniaspis citricola* n'a pas donné les résultats escomptés au cours des années qui ont suivi les lâchers. À noter que ces lâchers n'ont pas été poursuivis en 1997 et 1998.

Le complexe parasitaire constitué essentiellement des parasites locaux en 1996 a donné, au maximum, des taux de parasitisme de 29,41 % sur citronniers et 30,95 % sur orangers. Ces taux ont sensiblement augmenté au cours des années suivantes du fait de l'installation de *S. petiolatus* nouvellement introduit.

À la lumière des résultats obtenus au cours de nos trois années d'observation, il apparaîtrait souhaitable de procéder tout d'abord à des élevages et des lâchers importants du parasite *S. petiolatus* qui viendrait renforcer l'activité des auxiliaires locaux. Une nouvelle tentative pour élever et lâcher

l'espèce *A. citricola* pourrait être faite en réunissant toutes les conditions nécessaires pour son implantation à une grande échelle. Enfin, dans l'optique d'une lutte biologique accrue, il pourrait être envisagé d'introduire d'autres entomoparasites plus performants tels que *Citrostichus phyllocnistoides* Narayanan.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude envers les Drs. Dridi, Berkani, Chakali et Moumen, ainsi qu'à toute l'équipe du réseau national de la Mineuse des feuilles des *Citrus* en Algérie, pour l'attention et les encouragements réservés aux auteurs lors de ces travaux.

Références

- [1] Knapp J.L., Albrigo L.G., Browning H.W., Bullock R.C., Heppner J.B., Hall D.G., Hoy M.A., Nguyen R., Pena J.C., Stansly P.A., Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton. Current status in Florida. 1994, Fla. Coop. Ext. Serv., IFAS. Univ. Fla., Gainesv., USA, 1995, 35 p.
- [2] Berkani A., Apparition en Algérie de *Phyllocnistis citrella* Stainton, chenille mineuse nuisible aux agrumes, Fruits 50 (5) (1995) 347–352.
- [3] Smith Janel M., Hoy Aarjorie A., Rearing methods for *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Cirrospilus quadristriatus* (Hymenoptera: Eulophidae) released in a classical biological control program for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), Fla. Entomol. 78 (4) (1995) 600–608.
- [4] Quilici S., Franck A., Vincennot D., Montagneux B., Un nouveau ravageur des agrumes à la Réunion, la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton, Phytoma 474 (1995) 37–40.
- [5] Guérout R., Apparition de *Phyllocnistis citrella* Stainton en Afrique de l'Ouest, Fruits 29 (7–8) (1974) 519–523.
- [6] Ait Yahia M., Racheff S.A., Essai d'efficacité d'insecticides sur la mineuse des feuilles des agrumes, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera- Gracillariidae), in : Inra, Actes du séminaire international sur la mineuse des feuilles des agrumes, Blida, Algérie, 1997.

- [7] Jacas J.A., Garrido A., Differences in the morphology of male and female pupae of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), Fla. Entomol. 79 (4) (1996) 603–606.
- [8] Garrido A., El minador de las hojas de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton). Morfología, biología, comportamiento, daños, interacción, con factores foráneos, 6º Symp. Sanid. Cítricos Area Mediterr., Phytoma (España) 72 (1995) 84–92.
- [9] Deysson G., Éléments d'anatomie des plantes vasculaires, Sedes, Paris, France, 1965, 266 p.
- [10] Martín-Santana P., Pardo-Calle C., Ramírez-Locosta J.P., Ocete-Rubio M.E., Estudio sobre *Phyllocnistis citrella* Stainton 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistinae) en la provincia de Sevilla, 6º Symp. Sanid. Cítricos Area Mediterr., Phytoma (España) 72 (1995) 177–179.
- [11] Garrido A., Jacas J.A., Margaix Y., Tadeo F., Biología del minador de las hojas de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton), Levante Agric. 343 (1998) 167–170.
- [12] Lakra R.K., Zile Singh, Kharub W.S., Population dynamics of *Citrus* leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Phyllocnistidae) in Haryana in India, Rev. Indian J. Entomol. (1984) 146–159.
- [13] Jacas J., Verdú M.J., Deng M., Gascón I., Navarro L., Sastre J., Garrido A., Research activities concerning the *Citrus* leafminer developed at the Instituto Valenciano de Investigaciones Agraria, Semin. CLAM *Citrus* Leafminer (*Phyllocnistis citrella*), Moncada (Valencia), Spain, 1996, pp. 47–50.
- [14] Doumandji-Mitiche B., Saharaoui L., Zouaoui H., Complexe parasitaire de la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton dans le sahel algérois (Lepidoptera: Gracillariidae), Ann. Soc. Entomol. Fr. 35 (numéro suppl.) (1999) 379–383.
- [15] Abassi M.R., Report of mission on the management of citrus fruit problem, Symp. Orlando Fla., USA, 1996, 4 p.
- [16] Rutian C., Yuhan C., Mingdu Y.H., Biology of green lacewing, *Chrysopa boninensis*, and its predation efficiency to citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. Studies on the integrated management of *Citrus* pests, Acad. book and periodical Press, 1989, pp. 96–105.
- [17] Huang M.D., Chang D.X., Mal X.H., Tan W.C., Szetu J., Studies on population dynamics and control strategy of the *Citrus* leafminer, Acta Entomol. Sinica. 32 (1) (1989) 58–67.

Dinámica de las poblaciones de *Phyllocnistis citrella* Stainton (1856) e impacto de su complejo parasitario en Argelia.

Resumen — Introducción. Las investigaciones llevadas a cabo hasta ahora en Argelia para controlar *P. citrella* Stainton o minador de los cítricos, parásito responsable de numerosos daños en cítricos, han sido muy limitadas. Se ha realizado durante tres años, en el este de la Mitidja en Argelia, un estudio sobre la dinámica de las poblaciones del parásito y el impacto de su complejo parasitario. **Material y métodos.** Se efectuaron muestreos, de 1996 a 1998, dos veces al mes en dos huertos, uno de limoneros y otro de naranjos. Se realizaron recuentos aleatorios en 500 hojas por muestra. En el laboratorio, las diferentes fases de desarrollo del minador y su estado (vivos, muertos, parasitados) se anotaron por haz foliar y por orientación de las ramitas muestreadas. **Resultados y discusión.** Se observó una alta contaminación por *P. citrella* en verano y al principio del otoño. Los brotes primaverales fueron contaminados parcialmente en 1996 y 1997, resultando prácticamente indemnes en 1998. La tasa de mortalidad de las poblaciones fue muy importante en 1997: 53% en naranjos y 46,48% en limoneros. El segundo estadio larvario fue el más afectado en todos los años. La razón de sexos fue de 0,12 (limoneros) y 0,11 (naranjos). Se identificaron tres parasitoides locales: *Cirrospilus pictus*, *C. vittatus* et *Pnigalio mediterraneus*. En 1996, provocaron tasas de parasitismo máximas del 22% al 29% en limoneros y del 26% al 30% en naranjos. Dichas tasas se incrementaron en 1997 y 1998 debido a la introducción de *Semiela cher petiolatus*. **Conclusión.** Para reforzar la actividad de los auxiliares locales, primero habría que efectuar crías y liberaciones importantes de *S. petiolatus*, intentar de nuevo criar y liberar la especie *A. citricola* y, por último, introducir otros parasitoides eficaces.

Argelia / Citrus / control de insectos / Phyllocnistis citrella / dinámica de poblaciones / etapas del desarrollo animal / infestación / parasitoides