

**La mineuse des feuilles des agrumes *Phyllocnistis citrella*  
Stainton (Lepidoptera : Gracillariidae) :  
Synthèse sur des approches biologiques et chimiques de  
lutte**

**Khfif Khalid**

khalid.khfif@inra.ma

Unité de Recherche sur les Techniques Nucléaires, Environnement et Qualité,  
Institut National de la Recherche Agronomique, 78 Bd. Sidi Med. Ben Abdellah,  
90010 Tanger, Maroc.

## Résumé

La mineuse des feuilles des agrumes, *Phyllocnistis citrella*, est considérée comme un ravageur redoutable des pépinières et des jeunes plantations d'agrumes, non seulement au Maroc, mais partout dans le monde. Selon la littérature, différentes méthodes de gestion et de lutte ; dont chimiques et biologiques ; permettent de contrôler cet insecte. La lutte chimique a montré son efficacité à travers différentes matières actives, comme l'Imidaclopride et le Thiaméthoxam (de la famille des Néonicotinoïdes), l'Abamectine (Avermectines) et le Fenvalérate (Pyréthroïdes), or ce n'est pas durable. La lutte biologique connaît à son tour le recours aux ennemies naturelles, à savoir les prédateurs et parasitoïdes ainsi les autres techniques biologique de lutte. Dans ce contexte, les fourmis, les chrysopes, les coccinelles, les araignées et les punaises ont été identifiés comme prédateurs efficaces de la mineuse. Les parasitoïdes contribuent, également, à lutter contre ce ravageur, et la plupart d'entre eux appartiennent à la famille des Eulophidae. De nombreuses études ont rapporté que les espèces : *Ageniaspis citricola*, *Citrostichus phyllocnistoides*, *Semiolacher petiolatus*, *Cirrospilus sp*, *Chrysocharis sp*. et *Prigalio sp* sont les guêpes les plus efficaces contre la mineuse des feuilles d'agrumes. La confusion sexuelle s'est avérée quant à elle efficace pour réduire la population de la mineuse. Cette technique avec ses différents composants de phéromone a été revue dans cet article. Les recherches sont en cours pour trouver d'autres moyens de lutte et surtout éviter une éventuelle résistance de l'insecte aux insecticides couramment utilisés.

**Mots clés :** Mineuse (*Phyllocnistis citrella*), agrumes, lutte chimique, lutte biologique, prédateurs, parasitoïdes, confusion sexuelle.

## The citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera : Gracillariidae): Review on biological and chemical approaches

### Abstract

The citrus leaf miner, *Phyllocnistis citrella*, is considered a serious pest of nurseries and young citrus plantations, not only in Morocco, but all over the world. According to the literature, different management and control methods; including chemical and biological; control this insect. Chemical control has shown its effectiveness through various active ingredients, such as Imidacloprid and Thiamethoxam (from the Neonicotinoid family), Abamectin (Avermectins) and Fenvalerate (Pyrethrinoids), but it is not sustainable. Biological control in turn knows the use of natural enemies, namely predators and parasitoids as well as other biological control techniques. In this context, ants, lacewings, ladybugs, spiders and bedbugs have been identified as effective predators of the leafminer. Parasitoids also contribute to the control of this pest, and most of them belong to the Eulophidae family. Numerous studies have reported that the species: *Ageniaspis citricola*, *Citrostichus phyllocnistoides*, *Semiolacher petiolatus*, *Cirrospilus sp*, *Chrysocharis sp*. and *Prigalio sp* are the most effective wasps against the citrus leafminer. Mating disruption has been shown to be effective in reducing leafminer populations. This technique with its various pheromone components has been reviewed in this article. Research is underway to find other tools of control and above all to avoid possible resistance of the insect to commonly used insecticides.

**Key words:** Leafminer (*Phyllocnistis citrella*), citrus, chemical control, biological control, predators, parasitoids, mating disruption.

## حافرة أوراق الحمضيات (*Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera : Gracillariidae) : مراجعة المناهج البيولوجية والكيميائية

خالد الخفيف

### ملخص

تعتبر حافرة أوراق الحمضيات، *Phyllocnistis citrella*، آفة خطيرة في المشاتل ومزارع الحمضيات الصغيرة، ليس فقط في المغرب، ولكن في جميع أنحاء العالم. وفقا للدراسات السابقة، عدة طرق مختلفة، كيميائية وبيولوجية، استخدمت لمكافحة الحشرة والسيطرة عليها. أظهرت المكافحة الكيميائية فعاليتها من خلال العديد من المكونات النشطة للمبيدات المختلفة مثل Imidaclopride, Thiaméthoxam, Abamectine, Fenvalérate لكنها ليست مستدامة.

تعرف المكافحة البيولوجية بدورها استخدام الأعداء الطبيعية، مثل الكائنات المفترسة والطفيليات بالإضافة إلى تقنيات المكافحة البيولوجية الأخرى. في هذا السياق، تم تحديد النمل، والأربطة، والخنافس، والعناكب، والبق على أنها مفترسات فعالة للسيطرة على هذه الآفة. تساعد الطفيليات أيضًا في المكافحة، ومعظمها ينتمي إلى عائلة Eulophidae.

أفادت العديد من الدراسات أن الأنواع: *Ageniaspis citricola*, *Citrostichus phyllocnistoides*

*Semiolacher petiolatus*, *Cirrospilus sp*, *Chrysocharis sp.*, *Pnigalio sp*

هم أكثر الدبابير فعالية ضد هاته الحشرة. لقد ثبت أن اضطراب التزاوج فعال في تقليل تجمعات الحشرة. تمت مراجعة هذه التقنية بمكوناتها الفرمونية المختلفة في هذه المقالة. البحث جارٍ لإيجاد وسائل أخرى للسيطرة وقيل كل شيء لتجنب المقاومة المحتملة للآفة للمبيدات الحشرية شائعة الاستخدام.

**الكلمات المفتاحية:** حافرة أوراق الحمضيات *Phyllocnistis citrella*، الحمضيات، المكافحة الكيميائية، المكافحة البيولوجية، المفترسات، الطفيليات، اضطراب التزاوج

## Introduction

La production et la consommation mondiale des agrumes ont connu une forte croissance depuis les années 80. Selon FAOSTAT (2021), la production mondiale d'agrumes a atteint plus de 157 millions de tonnes (Mt) en 2019 avec une production de plus 44 Mt pour la Chine classée comme 1<sup>er</sup> producteur. Au Maroc, cette filière est considérée comme un secteur stratégique qui participe à l'équilibre de la balance commerciale, avec une production atteignant plus de 2.6 Mt en 2019 (MAPM, 2019; FAOSTAT, 2021).

Les agrumes sont attaqués par plusieurs ravageurs qui causent des dégâts importants sur la production. L'espèce du ravageur et les dégâts causés diffèrent d'un pays et d'une région à l'autre. Plus de 30 espèces d'arthropodes et d'escargots phytophages ont été signalées dans les vergers d'agrumes marocains (Mazih, 2015). Les principaux ravageurs sont : la mouche méditerranéenne des fruits, l'acarier rouge, le pou de Californie, les pucerons et la mineuse des feuilles des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracilariidae). Cette dernière est originaire d'Asie (Heppner, 1995), et depuis elle est distribuée dans tous les continents producteurs d'agrumes, et devenue le ravageur mondial dans les pépinières et les jeunes plantations (Beattie et al., 1995 ; Sarada et al., 2014). Les larves de *P. citrella* se nourrissent de la feuille et font des mines serpentine sous la cuticule, causant la chlorose avec l'enroulement des feuilles, ce qui réduit la photosynthèse (Chagas et al., 2001). Ces larves peuvent aussi être la cause principale de la maladie bactérienne des agrumes, le chancre *Xanthomonas axonopodis* pv. Citri, puisque elles facilitent son entrée à travers les mines (Belasque et al., 2005).

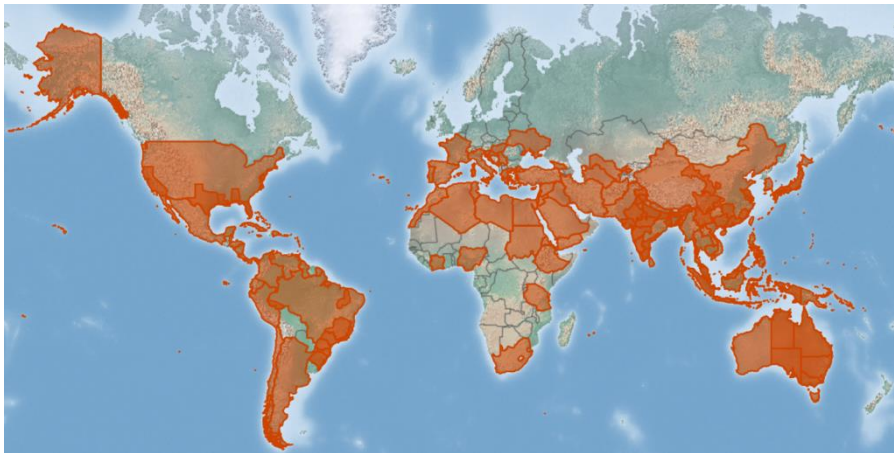
Dans de nombreux pays, la gestion de cette mineuse repose principalement sur la lutte chimique (Mazih, 2015). Or, sur le long terme, l'usage seul de cette méthode pourrait se révéler inefficace ou inapproprié à cause des répercussions néfastes des produits chimiques sur la santé humaine, sur les ennemis naturels et sur l'environnement (Sarada et al., 2014). D'où l'intérêt de chercher et intégrer d'autres méthodes de lutte sur lesquelles cet article se penchera et apportera une synthèse montrant ou expliquant les différentes approches de lutte étudiées contre ce micro-lipéoptère.

## Origine et distribution

*Phyllocnistis citrella* est considérée comme le ravageur le plus redoutable des pépinières et des jeunes plantations d'agrumes (Beattie et al., 1995 ; Browning et al., 2006). Il est originaire du Sud de l'Asie (Clausen, 1931). Sa présence a été signalée dans les plantations d'agrumes en Floride en 1993 (Heppner, 1995) et s'est répandue en Alabama, Louisiane, Texas (Nagamine and Heu, 2003) et dans le bassin méditerranéen au cours de l'année 1994 (Jarraya et al., 1997 ; Kharrat and Jarraya, 2005).

Après l'Amérique, il a été signalé en Australie en 1995 (Beattie and Hardy, 2004). En cette même année, il a été découvert en Amérique centrale, dans l'ouest du Mexique et dans plusieurs îles des Caraïbes, avant d'être identifié à Oman (1996) et au Liban, Brésil, Colombie, Libye, Mozambique et Zimbabwe en 1997 (CABI, 2021). L'insecte est arrivé en Californie en 2000 (Grafton-Cardwell and Montez, 2009) et à Hawaï en

2001 (Nagamine and Heu, 2003), et récemment en Hongrie en 2020 (Katona et al., 2020). Actuellement, *P. citrella* est largement présent dans tous les vergers agrumicoles du monde (CABI, 2021) (Figure 1).



**Figure 1** : Distribution maps of *Phyllocnistis citrella* (CABI, 2021)

### Dégâts

La larve de cette mineuse se nourrit en créant un tunnel peu profond (mine) dans les jeunes feuilles, fraîchement développées (Figure 2). Les arbres adultes (âgés de plus de 4 ans) tolèrent généralement les dégâts sur feuilles. Ces larves minent à l'intérieur de la face inférieure ou supérieure des jeunes feuilles sur les jeunes pousses (Grafton-Cardwell et al., 2008 ; Dubreuil et al., 2018) et donc réduisent la capacité des plantes pour la photosynthèse. Ceci entraîne un retard de croissance et un impact négatif sur la production fruitière surtout au niveau des arbres non protégés contre les mineuses depuis leur plantation jusqu'à l'âge d'environ 4 ans (Chagas et al., 2001 ; Rogers et al., 2007).

Ces mines exposent également la plante à l'infection par un agent pathogène responsable de la maladie du chancre des agrumes (Riasat et al., 2020), une maladie dévastatrice présente dans plusieurs régions du monde avec un fort potentiel de propagation. Cette maladie provoque un dépérissement des rameaux et de l'arbre en général ; d'abord des lésions sur les feuilles, les tiges et les fruits, suivies d'une défoliation, avec des fruits très ternes qui chutent prématurément (Gottwald et al., 1997 ; Schubert and Sun, 2003).





**Figure 2 :** Dégâts sur jeunes pousses (gauche) et mine sur feuille (droite) des agrumes (Khfif et al, 2020)

## Management

La gestion du *P. citrella* repose principalement sur le contrôle chimique. Cette méthode seule est considérée comme inappropriée, à long terme, en raison des coûts élevés des traitements, du développement de la résistance par l'insecte, des problèmes de résidus des pesticides dans l'environnement et des effets néfastes sur les ennemis naturels (Tan and Huang, 1996).

Chercher de nouvelles méthodes de lutte s'avère nécessaire pour le développement et la mise en œuvre d'un programme de lutte intégrée, ce qui est en train de s'installer lentement dans certains pays, comme le Maroc (Mazih, 2015). Cette approche intègre plusieurs méthodes de lutte contre les ravageurs à fin de minimiser la dépendance exclusive aux produits chimiques et réduire ou voire même supprimer leurs effets négatifs.

Des pratiques culturales comme la modification de la période d'apparition des jeunes pousses à travers le changement du programme d'irrigation et de fertilisation peuvent être des pratiques à prendre en considération lors d'un programme de lutte intégrée. La lutte biologique et chimique (à savoir la lutte raisonnée) ainsi la confusion sexuelle sont des méthodes de lutte à intégrer et qui sont discutées ci-dessous.

## Lutte biologique

La lutte biologique est considérée comme la solution la plus économique et écologiquement rationnelle à long terme pour la gestion de *P. citrella* en Floride (Knapp et al., 1995). La mortalité des larves et nymphes de la mineuse causée par les ennemis naturels indigènes était élevée par les parasitoïdes introduits (Amalin et al., 2002). En Arizona, plus de 60% des larves de mineuse ont été tuées par les prédateurs et les parasitoïdes (Kerns et al. 2002). Dans d'autres études, en Espagne particulièrement, la prédation a été le principal facteur de mortalité causé par les ennemis naturels (Urbaneja et al., 2004).

Plusieurs prédateurs ont été signalés, tels que : *Chrysoperla spp.*, les fourmis, les araignées et les punaises (Amalin et al., 2002 ; Chen et al., 1989). La larve de chrysope *Chrysoperla boninensis* Okamoto (Neuroptera: Chrysopidae) peut consommer environ 49 larves de *P. citrella* au cours de sa vie (Chen et al., 1989). Les fourmis peuvent également être des prédateurs majeurs des larves de la mineuse avec une moyenne de 30% par rapport à la mortalité totale (Pomerinke, 1999 ; Xiao et al., 2007). Cependant, en Espagne, ni les fourmis, ni les chrysopes n'ont pu être identifiées comme des prédateurs clés de *P. citrella* (Urbaneja et al., 2004).

Sur la zone agrumicole de Valence en Espagne, Mansour et al. (2021) ont montré que la prédation au moyen d'ennemis naturels a entraîné 50,6 % de mortalité de la mineuse en 2017-2018 en comparaison avec 34,6 % de mortalité enregistrée en 2006. Le premier stade larvaire de la mineuse a été le plus sensible à cette prédation. Les mêmes auteurs suggèrent que *Pilophorus clavatus* occupe une place importante pour la lutte biologique contre *P. citrella*.

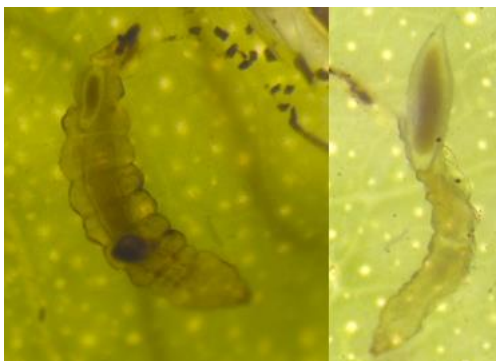
Au Maroc, les principaux prédateurs observés et enregistrés comme attaquant la mineuse sont les fourmis, les coccinelles et les araignées (Khfif et al., 2020). En Floride, les araignées ont été signalés comme les principaux facteurs de mortalité de la mineuse. Les quatre espèces identifiées sont : *Chiracantium inclusum*, *Hibana velox*, *Trachelas volutes* et *Hentzia palmarum* (Hoy and Nguyen, 1997). En Inde, des prédateurs généralistes ont été associés à cette mineuse par Chakraborti et Das (2021), et sont : sept espèces des araignées (*Oxyopes sp.*, *Phiddipus sp.*, *Marpissa sp.*, *Poltys sp.*, *Lycosa sp.*, *Tetragnatha maxillosa* et *Argiope pulchella*), quatre espèces des coccinelles (*Cheilomenes sexmaculata*, *Coccinella septempunctata*, *Coccinella transversalis* et *Micraspis sp.*), trois espèces des mouches de la Demoiselle (*Pseudagrion microcephalum*, *Ceriagrion cerinorubellum*, *Agriocnemis pygmaea*), et une espèce de libellule (*Diplacodes trivialis*).

Sans oublier de noter que 16 espèces de parasitoïdes ont été associées à cette mineuse, au Texas et en Louisiane et 9 espèces au Sud de la Californie (Grafton-Cardwell et al., 2008). En Floride, il a été rapporté que le niveau de parasitisme a été faible à la fin de l'hiver et au début du printemps (Hoy and Nguyen, 1997). Les parasitoïdes, *Citrostichus phyllocnistoides* et *Ageniaspis citricola*, ont été signalés comme les parasitoïdes les plus abondants et les plus importants contre la mineuse des feuilles des agrumes (Argov and Rossler, 1996 ; Xiao et al., 2007). D'autres guêpes ont également été rapportées comme parasitoïdes, à savoir, *Cirrospilus quadristriatus* et *Semiolacher petiolatus*. En Australie, *Sympiesis sp.* Et *Zaommomentedon brevipetiolatus*, ont également été observés comme parasitoïdes de *P. citrella* (Heppner, 1993 ; Beattie and Hardy, 2004). En Floride, 13 parasitoïdes ont été enregistrés (Browning et al., 1996) et *A. citricola* reste toujours le parasitoïde le plus dominant dans cet État (Walker and Hoy, 2003). Au Japon, 13 parasitoïdes ont été signalés (Ujiye, 1988) et en Sicile, 11 parasitoïdes ont été rapportés (Liotta, 1997) dont la plupart appartiennent à la famille des Eulophidae et d'autres aux Braconidae et aux Elasmidae.

Au Maroc, cinq parasitoïdes exotiques: *A. citricola*, *Cirrospilus ingenuus*, *Quadrastichus sp.* *S. petiolatus* et *C. phyllocnistoides* ont été introduits de 1995 à 2000 (Rizqi et al., 2003). Khfif et al. (2020) ont montré que le taux maximal de parasitisme a été observé dans une parcelle non traitée; il a été de 37% vers la fin du mois juillet



en 2017, de 48% en début juillet 2018, et de 32% vers fin août 2019. Les parasitoïdes identifiés, selon les mêmes auteurs, sont *C. phyllocnistoides*, *S. petiolatus*, *Cirrospilus pictus* (le plus abondant) (Figure 3), *Cirrospilus vittatus*, *Pnigalio sp.* et *Chrysocharis sp.*



**Figure 3 :** Larve du parasitoïde (*Cirrospilus pictus*) au 1<sup>er</sup> stade (gauche) et au dernier stade (droite) attaquant la larve de la mineuse *P. citrella* (Khfif et al, 2020)

D'après l'étude de Schauff et al. (1998), plus de 80 espèces de parasitoïdes Chalcidoïdes ont pu être élevés à partir de *P. citrella* dans le monde entier. Chakraborti et Das (2021) ont identifié *Citrostichus phyllocnistoides* et *Cirrospilus quadristriatus* comme parasitoïdes associés à cette mineuse durant leur étude en Inde, alors qu'en Chine, *Pnigalio sp.* était signalé comme le parasitoïde le plus fréquent (Wang et al., 2006).

La lutte biologique joue un rôle primordial pour réduire la population de cette mineuse et sa réussite dépend d'une surveillance continue des vergers et des populations effectivement présentes afin d'intervenir au bon moment.

### **Lutte chimique**

Le recours exclusif à la lutte chimique pour contrôler les nuisibles des cultures est une stratégie de lutte inappropriée à long terme en raison de ses effets néfastes sur la santé humaine, sur les ennemis naturels, le risque de développement de résistance aux insecticides, le problème de résidus des pesticides et l'environnement en général. La biologie de cette mineuse rend la lutte chimique difficile et des fois inefficace car les larves se développent sous la cuticule foliaire et la nymphe reste ainsi protégée par les feuilles enroulées. Différents paramètres devraient être pris en considération lors de l'utilisation des insecticides, tels que la fréquence des traitements et le moment d'apparition des jeunes pousses et des ennemis naturels (Beattie and Hardy, 2004).

Le traitement foliaire permet d'assurer un contrôle de deux semaines seulement avant l'apparition des nouvelles pousses (Raga et al., 1998). En hiver, l'utilisation d'Organophosphates et de Pyréthroïdes est recommandée (Qureshi et al., 2004). Plusieurs insecticides ont été rapportés comme étant efficaces dans le contrôle de la mineuse comme : Imidaclopride, Fenvalérate et Thiodicarbe (Sarada et al., 2010 ; Gopali et al., 2011). Thiaméthoxame et Clothianidine ont également été recommandés (Qureshi et al., 2004 ; Raut et al., 2012).

Selon Patil (2013), l'Abamectine a permis des infestations minimales par *P. citrella* après 14 jours de traitement, suivi par Novaluron, Spinosad, puis Diafenthuron, Acephate et Triazphos. Certains d'entre eux sont relativement non toxiques pour les insectes et les acariens utiles. Zheng and Huang dans l'étude de Sarada et al. (2014) ont reporté autres insecticides qui ont été efficaces contre la mineuse comme Fenvalerate et Methomyl. L'Azadirachtine plus l'huile ont été rapportés sans danger pour le parasitoïde *Ageniaspis citricola* (Juan et al., 1998).

Au Maroc, pour protéger les principales pousses de la mi-printemps à l'automne, les agriculteurs utilisent la technique du badigeonnage (1-3cc d'Imidacloprid) (Mazih, 2015). Alors que la résistance de la mineuse aux nombreux insecticides a été également discutée (Tan and Huang, 1996 ; Khule et al., 2020). L'utilisation des degrés-jours comme une technique de prédiction des générations de la mineuse des agrumes a été étudiée par Khfif et al (2020), comme un moyen prometteur pour gérer cet insecte et éviter l'utilisation abusive et vaine des insecticides. Cette voie réduirait le nombre d'interventions insecticides, diminuerait les coûts et permettrait également de préserver l'environnement et tout l'écosystème.

Dans le même sens, Elazab et al (2020) ont comparé 3 insecticides contre cet insecte (Abamectine, Thiamethoxam et Acetamipride) à l'acide jasmonique qui a montré une bonne activité biologique à contrôler cette mineuse. Ce résultat stipule son intégration dans les programmes de lutte intégrée en tant que produit alternatif pour lutter contre *P. citrella*.

En raison de l'efficacité limitée du recours seul et unique à la lutte chimique, de nouvelles méthodes de lutte ont été explorées. Afin de lutter contre cet insecte, Chakraborti et Das (2021) ont testé différents traitements qui combinent un ou plusieurs composants naturels comme l'huile de neem, l'huile végétale, l'asafoetida, l'acide acétylsalicyclique, avec l'utilisation des pièges à phéromone et/ou l'élimination mécanique des parties de plantes infestées et spinétorame comme insecticide. Leurs résultats montrent que tous les traitements étaient efficaces sur la mineuse des agrumes et significativement supérieurs au contrôle, cependant, un traitement a montré une efficacité supérieure comparée aux autres traitements, et il était combiné de l'huile de neem (HN) à 2 ml ma/L + spinétorame à 0,15 g ma/L + piège de mineuse (1/plante) suspendu juste au-dessus de la canopée. L'huile de neem a été pulvérisée à deux reprises durant le mois d'Avril suivies d'une pulvérisation de spinétorame. Au moment de visualisation des premières infestations, deux pulvérisations de l'HN ont été effectuées suivies d'une de spinétorame en Mai, et deux autres pulvérisations de HN en Juin. En juillet et août, l'HN a été pulvérisée une fois tous les quinze jours. Les auteurs ont signalé aussi que ce traitement est sans danger pour les ennemis naturels identifiés au champ durant l'étude de 2018-2020. Par contre, Cañarte-Bermúdez et al. (2020) a recommandé d'éviter l'utilisation de neem quand *Ageniaspis citricola* est présent en forte population au champ, puisque ça diminue la possibilité d'implantation du parasitoïde et de son développement dues principalement à la suppression de son hôte naturel.

Les recherches se poursuivent afin de s'orienter vers une protection des cultures qui utilise de moins en moins de pesticides et qui est orientée vers les nouvelles technologies biologiques ou approches innovantes.

## Confusion sexuelle

La confusion sexuelle est une autre technique prometteuse contre les lépidoptères et qui s'est révélée efficace dans d'autres cultures comme le carpocapse du pommier et la tordeuse orientale du pêcher. C'est une méthode biotechnique de lutte qui vise à perturber l'activité sexuelle des ravageurs à travers la diffusion d'une phéromone de synthèse équivalente à celle émise par la femelle (Figure 4). Par conséquent, les mâles sont désorientés, ce qui réduit les accouplements, les pontes et leurs populations en général.



**Figure 4 :** Distributeur (DCEPT CLM™) de la phéromone sexuelle synthétique de *P. citrella* (Lapointe et al., 2015)

L'attractif sexuel des femelles de la mineuse des agrumes a été identifié comme (Z7,Z11,E13)-hexadécatrienal par Mafi et al (2005). Leal et al. (2006) ont reporté l'existence d'un mélange de trois composants actifs (ratio de 30:10:1) qui ont été détectés des extraits des glandes phéromonales des femelles de cette mineuse. Ces composants sont : (Z,Z,E)-7,11,13-hexadécatrienal ; (Z,Z)- 7,11-hexadécadienal et Z-7hexadécenal.

Différentes études ont signalé que les deux premiers composants permettent d'attirer les mâles de cette mineuse (Lapointe et al., 2006 ; Moreira et al., 2006), alors que Lapointe et al. (2009) ont discuté l'effet d'un seul composant phéromonal pour réduire la probabilité d'accouplement. Lapointe et al. (2015) ont montré aussi l'efficacité du composant Triène seul par rapport au mélange (3:1), ainsi l'effet significatif de la position du diffuseur (DCEPT CLM™) qui a moins perturbé l'accouplement quand il est posé au sommet de la canopée.

Les premiers résultats de l'étude prometteuse de Dubreuil et al. (2013) ont montré l'importance de cette technique dans la mesure qu'elle permette une diminution de la population de la mineuse avant que les œufs ne soient pondus et que les feuilles ne soient endommagées. Cependant, cette technique a été plus concluante une fois appliquée sur des arbres matures que des jeunes plantations (Qureshi et al., 2004).

Selon Stelinski et al. (2010), deux applications de mélange 3:1 avec 1,5 g de matière active / ha / application ont été efficaces pour perturber l'orientation des mâles *P. citrella* vers les pièges à phéromones. En Tunisie, les pièges appâtés avec 100 µg de la phéromone sexuelle synthétique de la mineuse des agrumes (3:1 de 7Z,11Z,13E hexadécatrienal et 7Z,11Z-hexadécadienal), étaient très attractifs pendant quinze

semaines et ont été capables d'attirer les mâles à une distance de 800 m (Slimane-Kharrat, 2017).

L'utilisation d'une formulation de phéromone émulsifiée de cire (SPLAT™) est une nouvelle technique montrée par Stelinski et al. (2010). Cette technique a rencontré certaines difficultés en relation avec la décomposition de la cire, le coût et la difficulté de l'application. Une technique ambitieuse qui reste encore à perfectionner par des recherches pratiques sur le terrain pour mieux l'adapter à l'utilisation.

## **Conclusion**

La mineuse des feuilles des agrumes est un ravageur sérieux des pépinières et des jeunes plantations d'agrumes. Elle cause des dégâts importants au développement et à la production des arbres avec un potentiel important de propager le chancre des agrumes. La lutte contre cette mineuse repose, essentiellement, sur la lutte chimique, ce qui a des incidences négatives sur les prédateurs, les parasitoïdes et les agents pathogènes qui permettent de lutter, efficacement, contre plusieurs organismes nuisibles. Les pesticides affectent également la qualité de l'environnement et touchent la santé humaine.

L'emploi de la lutte biologique avec d'autres techniques de lutte peut être une solution de protection intégrée contre les ravageurs. Tant que cette mineuse a déjà développé une résistance envers certains insecticides, plus de recherches devraient se concentrer sur des méthodes alternatives à la lutte chimique à l'instar de la confusion sexuelle qui s'illustre comme une technique respectueuse de l'environnement.

Etudier la bio-écologie des ennemis naturels ainsi que l'efficacité des bio-pesticides, et les incorporer avec d'autres méthodes de lutte, pourront être les solutions futures pour lutter, durablement, contre la mineuse des agrumes dans le cadre d'un programme de lutte intégrée.

## **Conflits d'intérêts**

L'auteur ne déclare aucun conflit d'intérêts.

## Références bibliographiques

- Amalin D.M., Peña J.E., Duncan R.E., Browning H.W. and Mcsorley R. (2002). Natural mortality factors acting on citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, in lime orchards in South Florida. *BioControl*. 47. p. 327–347.
- Argov Y. and Rossler Y. (1996). Introduction, release and recovery of several exotic natural enemies for biological control of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, in Israel. *Phytoparasitica*. 24. p. 33-38.
- Beattie A. and Hardy S. (2004). Citrus leafminer. Department of Primary Industries, Industry & Investment New South Wales. Agfact H2.AE.4. 5 p.
- Beattie A., Somsook V., Watson D.M., Clift A.D. and Jiang L. (1995). Field evaluation of *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Rhabdida: Steinernematidae) and selected pesticides and enhancers for control of *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). *Journal of the Australian Entomological Society*. 34(4). p. 335-342.
- Belasque J., Jr., Parra-Pedrazzoli A.L., Rodrigues Neto J., Yamamoto P.T., Chagas M.C.M., Parra J.R.P., Vinyard B.T. and Hartung J.S. (2005). Adult citrus leafminers (*Phyllocnistis citrella*) are not efficient vectors for *Xanthomonas axonopodis* pv. *Citri*, *Plant Disease*. 89. p. 590-594.
- Browning H.W., Childers C.C., Stansly P.A., Peña J. and Rogers M.E. (2006). 2007 Florida citrus pest management guide: softbodied insects attacking foliage and fruit. EDIS. ENY-604. 8 p.
- Browning H.W., Peña J.E. and Stansly P.A. (1996). Evaluating impact of indigenous parasitoids on populations of citrus leafminer. In: M.A. Hoy (ed), *Proceedings, International Meeting: Managing the Citrus Leafminer*, Orlando, Florida. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. p. 14–15.
- CABI. (2021). *Phyllocnistis citrella* (citrus leaf miner). Disponible sur : <https://www.cabi.org/isc/datasheet/40831>
- Cañarte-Bermúdez E., Navarrete-Cedeño B., Montero-Cedeño S., Arredondo-Bernal A.C, Chávez-López O., Bautista-Martínez N. (2020). Effect of neem on *Phyllocnistis citrella* Stainton and its parasitoid *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya in Ecuador. *Enfoque UTE*, V.11-N.2. p. 1-10.
- Chagas M. C. M., Parra J. R. P., Namekata T., Hartung, J. S. and Yamamoto P. T. (2001). *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) and its relationship with the citrus canker bacterium *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* in Brazil. *Neotropical Entomology*. 1. p. 55-59.
- Chakraborti S. and Das A. (2021). Assessing potentiality of safer ways to manage citrus leaf miner and lemon butterfly. *Journal of Entomological Research*. 45 (2). p. 254-259.
- Chen R.T., Chen Y.H. and Huang M.D. (1989). Biology of green lacewing, *Chrysopa boninensis* and its predation efficiency to citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. In *Studies on the Integrated Management of Citrus Insect Pests*, Beijing, China Academic Book and Periodical Press. p. 96-105.
- Clausen SP. (1931). Two citrus leaf miners of the Far East. USDA, Washington, D.C. *Tech Bull*. 252. p.1-13.
- Dubreuil N., Kreiter P. and G. Tison. (2013). Lutte par confusion sexuelle contre la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera ; Gracillariidae) : première année d'essais. *Compte rendu intermédiaire d'expérimentation 2013*. 20 p.
- Dubreuil N., Ottoman, M., Gilles T., Kreiter P. (2018). Réduction des intrants phytosanitaires en vergers de kiwis et de clémentines en Corse. *Innovations Agronomiques*, 70. p. 87-104.



- Elazab D.S, Ahmed M.A.I., El-Mahdy M.T. and Amro A. (2021). Citrus Leafminer Management: Jasmonic Acid versus Efficient Pesticides. *Journal of Plant Growth Regulation*. 40. p.824–830.
- FAOSTAT. (2021). International Citrus Production. Available on : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Gopali J.B, Sharanabasappa, Suhasyelshetty Y.K, Kotikal and Allolli T.B. (2011). Management of Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton with newer insecticides on Kagzi lime, *Citrus aurentifolia* Swingle . National Seminar on “Recent trends in production technology and value addition in acid lime” Held at Bijapur, Karnataka. August 11th-13<sup>th</sup>. p. 114.
- Gottwald T.R., Graham J.H. and Schubert T.S. (1997). An epidemiological analysis of the spread of citrus canker in urban Miami, Florida, and synergistic interaction with the Asian citrus leafminer. *Fruits*. 52. p. 371–378.
- Grafton-Cardwell E. and Montez G. 2009. Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). *Citrus Entomology*, University of California.
- Grafton-Cardwell E., Codfrey K., Headrick D., Mauk P. and Pena J. (2008). Citrus leafminer and citrus peelminer. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. ANR publication 8321. 12 p.
- Heppner J.B. (1993). Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, in Florida (Lepidoptera: Gracillariidae : Phyllocnistidae). *Tropical Lepidoptera*. 4. p. 49-64.
- Heppner J.B. (1995). Citrus leafminer (Lepidoptera: Gracillariidae) on fruit in Florida. *Florida Entomologist*, 78(1). p. 183-186.
- Hoy M.A. and Nguyen, R. (1997). Classical biological control of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae): theory, practice, art animal science. *Tropical Lepidoptera* 8. p. 1–19.
- Jarraya A., Boulahia Kheder S., Jrad F. and Fezzani M. (1997). La mineuse des agrumes en Tunisie : bio-écologie et méthodes de lutte. Document technique. 20 p.
- Juan A, Villanueva-Jimenez Marjorie A and Hoy. (1998). Toxicity of pesticides to the citrus leafminer and its parasitoid *Ageniaspis citricola* evaluated to assess their suitability for an IPM program in citrus nurseries. *Biological Control*. 43(3). p.357-388.
- Katona G., Schermann B., and Tóth B. (2020). First record of *Phyllocnistis citrella* in Hungary, a micromoth species pest on Citrus (Lepidoptera: Gracillariidae). *Folia Entomologica Hungarica*, Volume 81. p. 115–118.
- Kerns D., Wright G. and Loghry J. (2002). Citrus Leafminer (*Phyllocnistis citrella*). *Citrus Arthropod Pest Management in Arizona*. 3 p.
- Kharrat S. and Jarraya A. (2005). Lien entre la préférence d’oviposition et la performance subséquente des larves chez la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). *Phytoprotection*. 86(1). p. 25-29.
- Khif K, Baala M., Walters S.A., Bouharroud R. and Sbaghi M. (2020). Chemical and biological approaches for citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* stainton control in a Clementine Orchard, in Moulouya region of Morocco. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 53.15-16. p. 749-764.
- Khule S.H., Sadawarte A.K., Satpute N.S., Sonalkar V.U., Paithankar D.H. (2020). Evaluation of Pheromone Lure and Resistance to Some Insecticides in *Phyllocnistis Citrella*. *Indian Journal of Entomology*. Volume : 83, Issue : 2. p. 285-287.
- Knapp J.L., Albrigo L.G., Browning H.W., Bullock R.C., Heppner J.B., Hall D.G., Hoy M.A., Nguyen R., Peña J.E. and Stansly P.A. (1995). Citrus Leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton: Current Status in Florida-1994. Florida Cooperation Extension Series, IFAS. University of Florida. 26 p.



- Lapointe S.L., Hall D.G., Murata Y., Parra-Pedrazzoli A.L., Bento J.M.S., Villela E.F., and Leal W.S.. (2006). Field evaluation of a synthetic female sex pheromone for the leafmining moth *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Florida citrus. *Florida Entomologist*, vol. 89. p. 274-276.
- Lapointe S.L., Keathley C.P., Stelinski L.L., Urrutia W.H. and Mafra-Neto A. (2015). Disruption of the leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in citrus: effect of blend and placement height, longevity of disruption and emission profile of a new dispenser. *Florida Entomologist*. 98(2). p. 742-748.
- Lapointe S.L., Stelinski L.L., Niedz R.P., Hall D.G. and Mafra-Neto A. (2009). Sensory imbalance as mechanism of orientation disruption in the leafminer *Phyllocnistis citrella*: elucidation by multivariate geometric designs and response surface models. *Journal of Chemical Ecology*. 35. p.896–903.
- Leal W.S., Parra-Pedrazzoli A.L., Cosse A.A., Murata Y., Bento J.M.S., and Vilela E. F. (2006). Identification, synthesis, and field evaluation of the sex pheromone from the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. *Journal of Chemical Ecology*, vol. 32. p. 155-168, 2006.
- Liotta G. (1997). *Phyllocnistis citrella* Stainton: The status of infection in Sicily. *Integrated Control in Citrus Fruit Crops, IOBC wprs Bulletin, Bulletin OILB srop*. 20. p. 63-65.
- Mafi S.A, Vang L.V, Nakata Y., Ohbayashi N., Yamamoto M., and Ando T. (2005). Identification of the Sex Pheromone of the Citrus Leafminer (*Phyllocnistis citrella* Stainton, Lepidoptera: Gracillariidae) with a Trial of Control by the Communication Disruption Method. *Journal of Pesticide Science*. 30(4). p. 361–367.
- Mansour D., Pérez-Hedo M., Catalán J., Karamaouna F., Braham M., Jaques J.A. and Urbaneja A. (2021). Biological control of the citrus leafminer, 25 years after its introduction in the Valencia citrus growing area (Spain): A new player in the game. *Biological Control* 155. 104529. 10 p.
- MAPM. (2019). L'agriculture en chiffre 2018, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, -Direction de la Stratégie et des Statistiques (MAPM). 31 p.
- Mazih A. (2015). Status of citrus IPM in the Southern Mediterranean basin Morocco, North Africa. *Acta horticulturae*, no.1065. p. 1097-1103.
- Moreira J.A., Mcelfresh J.S. and Millar J.G. (2006). Identification, synthesis, and field testing of the sex pheromone of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. *Journal of Chemical Ecology* 32. p. 169–194.
- Nagamine W.T. and Heu Ra. 2003. Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). *New Pest Advisory No.* 00-01. 2 p.
- Patil S. K. (2013). Evaluation of insecticides against citrus leaf miner, *Phyllocnistis citrella* Stainton in acid lime. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, Vol. 19, No. 2. p. 237-239.
- Pomerinke M.A. (1999). Biological control of citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in southwest Florida. *Doctoral thesis, University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A.* 102 p.
- Qureshi J. A., Stelinski L. L. and Stansly P. A. (2004). Management of Asian citrus psyllid and citrus leafminer. *Citrus industry*. 4 p.
- Raga A, Cerávolo L.C., Sato M.E., Souza Filho M.F., Montes Smm and Rossi AC. (1998). Efeito de inseticidas sobre *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lep.: Gracillaridae) em laranja Pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Revista de Agricultura Piracicaba*. 73 p.143-154.

- Raut R.L., Verma V.K., Barpete R.D., Jain P.K. and Sanjay J. (2012). Management of citrus leafminer (*Phyllocnistis citrella* stainton) under nursery condition. National Dialogue on citrus improvement, Production & Utilization. Nagpur, India. Febuary, 27<sup>th</sup>-29<sup>th</sup> 2021.
- Riasat A., Ghazanfar M.U., Raza W. (2020). Interaction of citrus canker with *Phyllocnistis citrella* stainton. Pakistan Journal Phytopathology, Vol. 32 (01). p. 01-07.
- Rizqi A., Nia M., Abbassi M. and Roch A. (2003). Establishment of exotic parasites of Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, in citrus groves in Morocco. IOBC/wprs. Bulletin. 26(6). p. 1-6.
- Rogers M.E., Stansly P.A. and Stelinski L.L. (2007). 2016 Florida Citrus Pest Management Guide: Ch. 9 Asian Citrus Psyllid and Citrus Leafminer. Florida A & M University Cooperative Extension Program, The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), ENY-734. 9 p.
- Sarada G, Ramaiah M, Snehatharani A, Shivaramakrishna V.N.P. and Gopal K. (2010). Comparative efficacy of various insecticides against leafminer, *Phyllocnistis citrella*. National Seminar on production technology and marketing of acid lime in India. Kherva (Dt.), Mehsana, Gujarat. 7<sup>th</sup>-9<sup>th</sup>, September 2010. p. 38-39.
- Sarada G., Gopal K., Gouri Sankar T., Mukunda Lakshmi L., Gopi V., Nagalakshmi T. and Ramana K.T.V. (2014). Citrus Leaf Miner (*Phyllocnistis citrella* Stainton, Lepidoptera: Gracillariidae): Biology and Management: A Review. RRJAAS, Volume 3, Issue 3. p. 39-48.
- Schauff M.E., Lasalle J. and Wijesekara G.A. (1998). The genera of Chalcidoid parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). Journal of Natural History. 32. p. 1001-1056.
- Schubert T.S. and Sun X. (2003). Bacterial Citrus Canker. Florida Department of Agriculture, Division of Plant Industry, Plant Pathology Circular No. 377. p. 6.
- Slimane-Kharrat S. (2017). Field testing of a sex pheromone of *Phyllocnistis citrella* in citrus orchards in Tunisia. Tunisian Journal of Plant Protection 12. p. 189-196.
- Stelinski L.L., Lapointe S.L. and Miyer W.L. (2010). Season-long mating disruption of citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton, with an emulsified wax formulation of pheromone. Journal of Applied Entomology. 134. p. 512–520.
- Stelinski L.L., Miller J.R. and Rogers M.E. (2008). Mating disruption of citrus leafminer mediated by a non-competitive mechanism at a remarkably low pheromone release rate. Journal of Chemical Ecology. 34. p. 1107–1113.
- Tan B. and Huang M. (1996). Managing the citrus leafminer in China. In M. A. Hoy (ed.), Managing the Citrus Leafminer, Proc. Intern. Conf., Orlando, Florida, April 23-25, 1996, 49-52. Gainesville: Univ. Florida. p. 119.
- Ujiye T. (1988). Parasitoid complex of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Phyllocnistidae) in several citrus growing districts of Japan. Kyushu. 34. p. 180-183.
- Urbaneja A., Muñoz A., Garrido A. and Jacas J. A. (2004). Which role do lacewings and ants play as predators of the citrus leafminer in Spain ? Spanish Journal of Agricultural Research 2 (3). p. 377-384.
- Walker A. and Hoy M. A. (2003). Citrus Leafminer Parasitoid, *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya (Insecta: Hymenoptera: Encyrtidae). Department of Entomology and Nematology, UF/IFAS Extension. EENY-285. 4 p.

Wang L., Bisseleua D.H.B., You M., Huang J. and Liu B. (2006). Population dynamics and functional response of *Citrostichus phyllocnistoides* (Narayanan) (Hym., Eulophidae) on citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lep., Phyllocnistidae) in Fuzhou region of south-east China. *Journal of Applied Entomology*. 130(2). p. 96–102.

Xiao Y., Qureshi J. A. and Stansly P. A. (2007). Contribution of predation and parasitism to mortality of citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) populations in Florida. *Biological Control* 40. p. 396–404.