

Rôle d'*Aphytis melinus* (DeBach) dans le contrôle naturel d'*Aonidiella aurantii* (Maskell) en verger d'agrumes au Maroc

Ilham El KAOUTARI^{a*}, Zaïd GUIRROU^b, Mohamed CHEMSEDDINE^a, Ali BOUMZZOUGH^a

^a Département de biologie,
Faculté des sciences Semlalia,
BP 2390, Marrakech, Maroc
elkaoutari@yahoo.fr

^b Centre Régional de la
recherche agronomique
du Tadla, Inra, BP 567,
Béni Mellal, Maroc
guirrou@awamia.inra.org.ma

Role of *Aphytis melinus* (DeBach) in the natural control of *Aonidiella aurantii* (Maskell) in citrus orchards in Morocco.

Abstract — Introduction. In Morocco, the parasitoid *A. melinus* is the most effective agent of biological control against the propagation of *A. aurantii* or California red scale, a very harmful insect to Moroccan citrus-fruit cultivation. Now, this hymenopteron is naturally present in the Tadla area, an important region for citrus cultivation in the centre of Morocco (325 295 ha). Thus, the integrated protection of citrus fruits against *A. aurantii* could constitute a possibility of a promising control compared with methodical chemical control. Our study was a precondition to the implementation of an integrated control strategy in citrus orchards in the Tadla area by the monitoring of *A. aurantii* and its principal parasite, *A. melinus*. **Materials and methods.** Our experiments were carried out during the years 2000 and 2001 in an untreated orchard, made up of a mixture of citrus fruit varieties. The evolution of the *A. aurantii* population dynamic and of *A. melinus* was followed, and the abundance periods of the pest receptive stages coinciding with the activity periods of its parasitoid were located. **Results.** In the Tadla area, the California red scale presented four generations per annum, a spring generation (April–May), a summer generation (June–July) and two autumnal generations (October and November–December). Pest stages that could be parasitised by *A. melinus* were observed throughout the year. Two periods (spring and autumnal) particularly suitable for the parasitoid female spawning were observed. *A. melinus* populations appeared to be significant from the very start of the autumn and until the end of the following spring. **Conclusion.** The release of *A. melinus* carried out during the autumn, winter and spring could thus be effective.

Morocco / Citrus / pest control / *Aphytis melinus* / *Aonidiella aurantii* / biological control

Rôle d'*Aphytis melinus* (DeBach) dans le contrôle naturel d'*Aonidiella aurantii* (Maskell) en verger d'agrumes au Maroc.

Résumé — Introduction. Au Maroc, le parasitoïde *A. melinus* constitue l'agent de lutte biologique le plus efficace contre les pullulations d'*A. aurantii*, ou pou de Californie, insecte très nuisible à l'agrumiculture marocaine. Or, cet hyménoptère est présent naturellement dans la région du Tadla, grande région agrumicole du centre du Maroc (325 295 ha). De ce fait, la protection intégrée des agrumes contre *A. aurantii* pourrait constituer une possibilité de lutte prometteuse par rapport à la seule lutte chimique raisonnée. Note étude a été un préalable à la mise en place d'une stratégie de lutte intégrée sur agrumes au Tadla par la surveillance du pou de Californie et de son principal parasite *A. melinus*. **Matériel et méthodes.** Nos expérimentations ont été conduites en 2000 et 2001 dans un verger non traité, constitué d'un mélange de variétés d'agrumes. L'évolution de la dynamique des populations d'*A. aurantii* et d'*A. melinus* a été suivie et les périodes d'abondance des stades réceptifs vivants du ravageur coïncidant avec les périodes d'activité de son parasitoïde ont été repérées. **Résultats.** Dans la région du Tadla, le pou de Californie a présenté quatre générations par an, une génération printanière (avril–mai), une génération estivale (juin–juillet) et deux générations automnales (octobre et novembre–décembre). Les stades du ravageur susceptibles d'être parasités par *A. melinus* ont été observés tout au long de l'année. L'analyse de ces stades a révélé deux périodes (printanière et automnale) particulièrement favorables à la ponte des femelles du parasitoïde. Ses populations se sont révélées importantes dès le début de l'automne et jusqu'à la fin du printemps suivant. **Conclusion.** Des lâchers d'*A. melinus* effectués durant l'automne, l'hiver et le printemps pourraient donc être efficaces.

Moroc / Citrus / lutte antiravageur / *Aphytis melinus* / *Aonidiella aurantii* / lutte biologique

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 30 juin 2003
Accepté le 29 janvier 2004

Fruits, 2004, vol. 59, p. 169–179
© 2004 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved
DOI: 10.1051/fruits:2004016

RESUMEN ESPAÑOL, p. 179

1. Introduction

Depuis sa pénétration au Maroc en 1949, le pou de Californie, *Aonidiella aurantii*, est l'un des principaux ravageurs des agrumes [1–4]. Jusqu'à présent, dans la majorité des régions de culture des agrumes du pays, la lutte contre ce ravageur a été basée essentiellement sur l'utilisation non raisonnée d'insecticides puissants. Les superficies traitées par les huiles minérales sont encore très limitées. Or, dans plusieurs pays du monde, en Australie et Israël (1970) et en Californie (1990) [5], les populations du pou de Californie ont développé des résistances contre les organophosphorés et les carbamates.

Des études basées sur l'utilisation de techniques d'avertissement agricole et réalisées dans notre région d'étude, le Tadla, ont montré l'intérêt de la lutte chimique raisonnée pour contrôler *A. aurantii*. Dans la majorité des biotopes étudiés, elles ont mis aussi en évidence l'existence naturelle et abondante de son principal parasitoïde, *Aphytis melinus*. Le taux de parasitisme actif de *A. aurantii* par *A. melinus* peut atteindre 100 % dans un environnement témoin non traité [4, 6]. Il a été évalué à 52 % en moyenne dans la région du Gharb et à 93 % dans celle du Haouz [7].

Le Maroc a été l'un des premiers pays à avoir introduit des parasitoïdes du pou de Californie et à en avoir élevé pour la réalisation de lâchers expérimentaux en vergers. Ainsi, deux espèces d'*Aphytis* (*A. melinus* et *A. lignanensis*) ont fait l'objet d'une multiplication intense à Rabat [1] par utilisation de la méthode décrite par DeBach et White [8]. Un autre insectarium a été créé par la suite dans la région du Gharb marocain. Il a permis de produire une masse considérable de ces parasitoïdes qui ont été lâchés dans la région [9].

Du fait de difficultés d'élevage des insectes toujours liées à une mauvaise conservation des fruits, des essais ont été concentrés dans les seuls vergers situés dans le Gharb marocain. Dans cette région, Benassy et Euverte [9] ont montré que l'efficacité d'*A. melinus* était pratiquement totale vis-à-vis de *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan) ; en revanche, elle ne serait pas aussi manifeste envers *A. aurantii*, les différences observées tenant :

- à la morphologie spéciale de cette dernière cochenille,
- à sa meilleure résistance aux conditions climatiques,
- aux irrégularités de périodicité des lâchers, périodicité qui serait déterminante pour l'efficacité de ces parasites.

Lorsque la lutte biologique contre *A. aurantii* au moyen des *Aphytis* est peu efficace, des traitements biologiques raisonnés et combinés à un traitement par des huiles minérales peuvent être réalisés [4, 6, 10]. Dans notre région d'étude, la maîtrise des conditions de traitement permettant de proposer des interventions mieux adaptées est insuffisante. Compte tenu de ses caractéristiques biologiques, *A. aurantii* présente une évolution spécifique pour chaque région [11–15]. Les conditions climatiques spéciales du Tadla nous ont conduit à étudier les principales caractéristiques biologiques de la cochenille dans cette région ainsi que le suivi de la disponibilité des stades réceptifs pour son principal parasite au cours des saisons. Cette étude, associée à une autre expérimentation en cours sur la relation hôte-parasite, doit contribuer à la mise au point d'une lutte efficace contre le pou de Californie et permettre de mieux apprécier les seuils d'intervention chimique et biologique.

2. Matériel et méthodes

Notre étude a été réalisée dans le domaine expérimental d'Alfouher situé au cœur du périmètre agrumicole du centre du Maroc. Elle a été conduite de début mars 2000 à fin septembre 2001 dans un verger non traité et contenant plusieurs variétés d'agrumes. Les observations ont été effectuées essentiellement sur la variété Maroc-late qui représente plus de 50 % du verger agrumicole marocain.

2.1. Le piégeage

2.1.1. Piégeage des adultes mâles du pou de Californie

Des pièges à phéromone sexuelle ont été utilisés ; ils constituent une bonne méthode

de pilotage et de surveillance des vols des mâles du pou de Californie.

Ces pièges (type Agro-spray) ont été suspendus sur un arbre à hauteur d'homme, à raison d'un piège par 3 ha, et orientés au nord-est de l'arbre [16]. Ils se présentent sous la forme de plaques blanches rectangulaires [(12,5 × 8,1) cm], cartonnées, plastifiées et engluées. Ces plaques sont munies d'une capsule de caoutchouc contenant une phéromone sexuelle, la 3-méthyl-6-isopropenyl-9-décényl acétate. Cette capsule a été remplacée toutes les 4 semaines, tandis que les plaques engluées ont été changées chaque semaine et permis le comptage des captures.

2.1.2. Piégeage des adultes d'*A. melinus*

Pour le piégeage des adultes d'*A. melinus*, le piège utilisé, qui permet de suivre l'évolution des auxiliaires du genre *Aphytis* [16], consiste en une plaque en plastique de (8 × 10) cm, de couleur jaune, engluée sur les deux faces et suspendue au centre d'un arbre, à hauteur d'homme, légèrement à l'intérieur de la frondaison et du côté sud-est. Les adultes d'*A. melinus* attirés par la couleur jaune se collent au piège. Le dénombrement a été fait une fois par semaine.

2.2. La dynamique des populations d'*A. aurantii*

Dans le biotope du domaine expérimental d'Agrouer, nous avons délimité une parcelle élémentaire de 1 ha. Des prélèvements ont été effectués, à hauteur d'homme, sur deux arbres infestés, soit sur 10 % des arbres de la variété Maroc-late présents dans ce verger. Les échantillons prélevés sur chaque arbre, étiquetés, mis en sachets et ramenés au laboratoire pour un dépouillement sous une loupe binoculaire, ont concerné deux feuilles, un rameau de (20 à 25) cm et un fruit. Ils ont été prélevés chaque semaine aux quatre points cardinaux de l'arbre et en son centre.

Les cochenilles fixées sur la totalité de la surface des feuilles et des rameaux et envi-

ron 500 cochenilles récupérées sur les fruits ont été classées selon leur stade d'évolution : larve mobile (LM), larve de premier stade (LS1), larve de deuxième stade (LS2), femelle jeune (F1), femelle en état de préoviposition (F2), femelle en état de ponte (F3), pré-nympe mâle (Pn) et nymphe mâle (N) en distinguant chaque fois les individus vivants, morts ou parasités.

2.3. La dynamique des populations d'*A. melinus*

Parallèlement à ce travail, nous avons procédé au comptage des différents stades d'*A. melinus* à savoir : œuf, jeune larve vivante, vieille larve vivante et nymphe vivante. Le dénombrement de ces stades a été fait en soulevant les boucliers des cochenilles afin de dénombrer les parasitoïdes en activité.

Lors du dépouillement nous avons tenu compte uniquement des stades vivants d'*A. melinus*. Les stades morts et les trous d'émergence des adultes d'*A. melinus* ont été négligés puisqu'il est difficile de les attribuer à une génération donnée car cela risquerait de surestimer le parasitisme.

Dans notre travail, nous avons considéré que les stades de la cochenille susceptibles d'être parasités sont les larves de deuxième stade (LS2), les jeunes femelles (F1), les femelles en état de préoviposition (F2) et les pré-nymphes mâles (Pn). Le taux des stades réceptifs vivants (TSRV) et le taux du parasitisme actif (TPA) ont été calculés par les formules [12] :

– $TSRV = [(Nombre \text{ des stades réceptifs du pou de Californie (NSR) / population totale du pou de Californie}] \times 100$.

– $TPA = [(Nombre \text{ des cochenilles parasitées par un stade vivant d'*A. melinus* (NCP) / (NSR + NCP)}] \times 100$.

L'estimation de la disponibilité de chaque stade réceptif vivant de la cochenille (DSRV) a été faite comme suit :

– $DSRV = [(Nombre \text{ de chaque stade réceptif vivant / total des SRV)}] \times 100$.

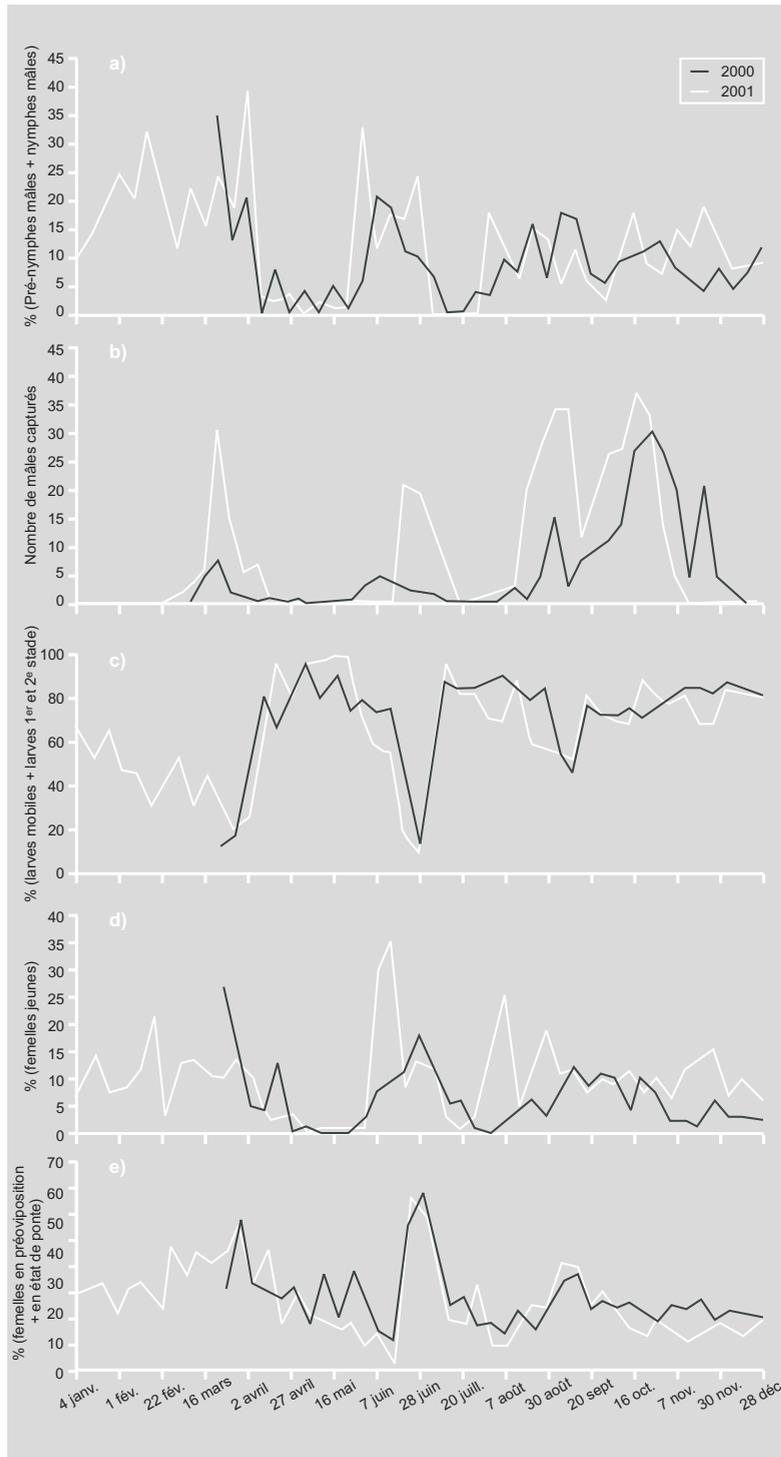


Figure 1. Évolution des pourcentages des différents stades du pou de Californie, d'*Aonidiella aurantii*, au cours de deux campagnes de récolte (2000/2001 et 2001/2002) dans le verger d'agrumes du domaine expérimental d'Afouer au centre du Maroc.

3. Résultats et discussion

3.1. Évolution de la dynamique des populations d'*A. aurantii*

Au cours de chacune des deux années 2000 et 2001, quatre générations de pou de Californie ont été observées dans le Tadla. En effet, quatre périodes d'activité des stades mâles d'*A. aurantii* (pré-nymphes + nymphes mâles) suivies par une production massive des larves mobiles correspondant au début d'une génération ont été observées (figure 1). Chaque émission de larves mobiles a été suivie par le stade de développement ultérieur, bien que l'observation de chacun de ces stades, présents en proportions variables lors de chaque observation, dénote, chez cette cochenille, le chevauchement permanent des différentes générations.

Les captures des mâles de pou de Californie par les pièges sexuels ont présenté quatre pics bien distincts. Le premier pic de captures a été observé au mois de mars, le second moins marqué a eu lieu pendant le mois de juin, alors que le troisième était perceptible en septembre et le dernier en novembre, ces deux derniers pics étant les plus importants.

Les températures favorables du printemps ont stimulé la reprise d'activité des stades hivernants. Vers début mars, plus de 60 % de la population a été observée aux stades femelles jeunes et nymphes. À partir de cette date, nous avons assisté à la première période de vol (vol de printemps) qui a été suivie d'une véritable explosion de l'effectif des populations. Les femelles adultes hivernantes ont continué à produire les larves mobiles pendant 3 mois. Ce résultat concorde avec les observations faites par Orphanides (1982) [12] en Chypre.

Une deuxième période de reproduction massive a eu lieu en juin–juillet. Elle a été freinée par les fortes chaleurs, cause de la mortalité élevée des larves mobiles nouveau-nées avant même de sortir du bouclier maternel [2, 4].

Les deux pics de captures des mâles des deux générations automnale et hivernale ont été enregistrés respectivement au début septembre et à la fin octobre–début novembre. Vers la mi-septembre, une nouvelle

période de ponte intensive est intervenue. Les femelles adultes des deux générations chevauchantes ont continué à produire les larves mobiles jusqu'au début du mois de janvier [4].

En hiver 2000, les minima et maxima des températures enregistrées dans la zone d'étude ont été respectivement de (-3 et +26) °C. La pluviométrie moyenne a été très faible (145 mm). Les conditions climatiques clémentes de cette période ont permis le maintien des populations de la cochenille à un niveau moyen.

La présence des fruits sur les arbres et les conditions climatiques favorables expliqueraient la densité importante des populations de *A. aurantii* observées pendant cette période. Les larves mobiles issues de ces deux générations sont devenues adultes 6 mois plus tard et elles ont été à l'origine de l'habituelle explosion printanière.

Le nombre de générations du pou de Californie est en général très variable et fortement lié aux conditions climatiques des régions. Les quatre générations par an que nous avons observées dans notre région d'étude ont également été obtenues à Chypre par Orphanides (1982) [12], alors que trois générations par an ont été rapportées en Grèce et en Turquie [17, 18]. Par ailleurs,

trois à quatre générations par an ont été notées dans la vallée de San Jouaquin [19] et cinq pics annuels d'abondance ont été observés à Minia, région chaude d'Égypte [20]. Enfin, il a pu être dénombré deux à cinq générations par an au sud de l'Australie et cinq à six générations dans des régions du Nord de ce même pays [15].

3.2. Évolution des taux de stades réceptifs vivants d'*A. aurantii*

L'évolution, au cours de deux années 2000 et 2001, des taux de stades réceptifs vivants d'*A. aurantii* présents sur les trois types d'organes végétaux échantillonnés (rameau, feuille et fruit, figures 2-4) traduit l'évolution des pourcentages des stades de la cochenille susceptibles d'être parasités par *A. melinus*.

Sur rameaux (figure 2), quatre périodes d'abondance des stades réceptifs ont pu être notées, qui correspondent aux quatre générations annuelles déjà signalées. La première période a été enregistrée durant les mois de mars et avril, la deuxième a eu lieu en juin et juillet, la troisième en septembre et octobre et la quatrième s'est étendue sur les mois de novembre, décembre et janvier. Cette dernière période de près de 3 mois

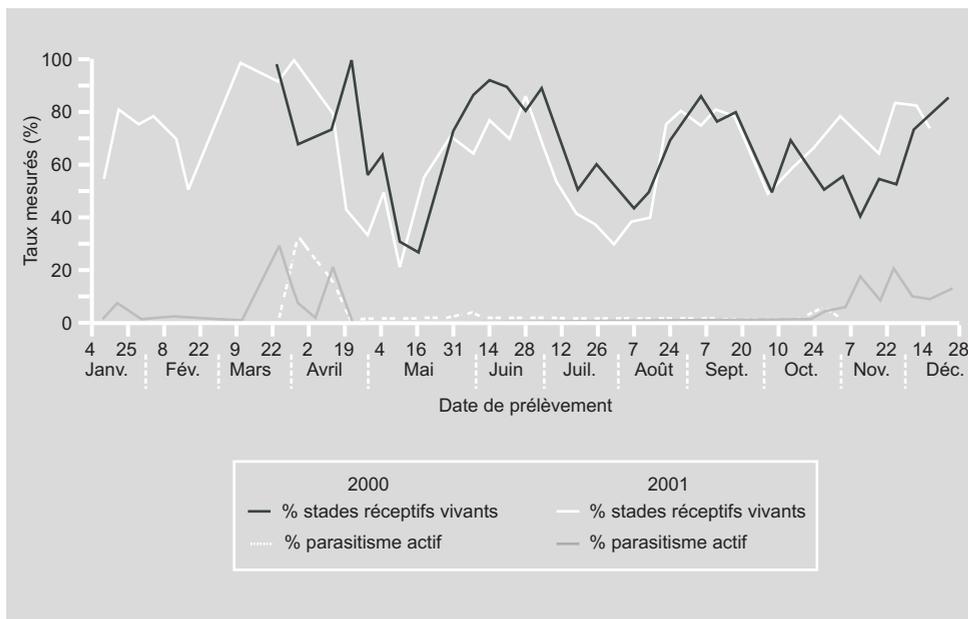
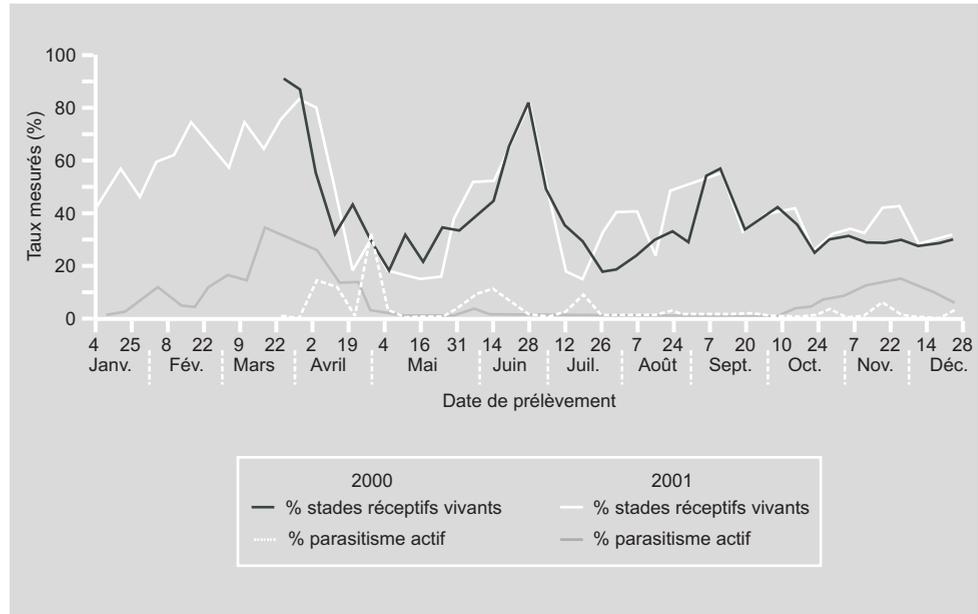


Figure 2. Évolution des taux de parasitisme actifs et des taux de stades réceptifs vivants d'*Aonidiella aurantii* sur rameaux au cours de deux campagnes de récolte (2000/2001 et 2001/2002) dans le verger d'agrumes du domaine expérimental d'Afourer au centre du Maroc.

Figure 3.
Évolution des taux de parasitisme actifs et des taux de stades réceptifs vivants d'*Aonidiella aurantii* sur feuilles au cours de deux campagnes de récolte (2000/2001 et 2001/2002) dans le verger d'agrumes du domaine expérimental d'Afourer au centre du Maroc.



alors que les trois autres périodes ne duraient chacune que 2 mois a été caractérisée par une évolution très lente des stades hivernaux de la cochenille. Ce résultat illustre l'effet que peut avoir la température sur la durée de développement des stades réceptifs vivants. Yu et Luck ont montré que les fortes températures entraînaient un développement rapide des stades de cochenilles et réduisaient, par conséquent, la proportion des stades susceptibles d'être parasités par le parasitoïde *A. melinus* [21]. Les taux de stades réceptifs vivants les plus importants ont été enregistrés sur rameaux. En effet, ce type d'organe maintient mieux les stades femelles adultes [4, 12, 13]. Les taux de stades réceptifs vivants les plus faibles ont été observés en mai et au début du mois d'août. Ils ont coïncidé avec les périodes d'émission larvaire de la cochenille, puisque, pendant ces périodes, la majorité des populations de cet insecte se trouvent aux premiers stades larvaires (larves mobiles, larves de premier et de second stade).

Sur feuilles et fruits, l'évolution a été identique à celle observée sur rameaux avec, cependant, quelques particularités :

- sur feuilles, nous avons observé la disparition quasi totale de la quatrième période d'abondance des stades réceptifs (figure 3),

ce qui peut être expliqué par le passage sur les fruits de la majorité des stades de larves mobiles issues de la génération automnale, – sur fruits, une cinquième période d'abondance des stades réceptifs vivants a été observée au mois d'août (figure 4), ce qui illustrerait le rôle des fruits dans la survie des populations d'*A. aurantii*.

3.3. Contrôle naturel des stades réceptifs vivants d'*A. aurantii* par *A. melinus*

L'évolution, au cours des années 2000 et 2001, des taux de parasitisme actifs du pou de Californie par le parasitoïde *A. melinus* sur les trois types d'organes végétaux échantillonnés (figures 2–4) traduit l'évolution des populations larvaires et nymphales d'*A. aurantii*.

3.3.1. Contrôle d'*A. aurantii* au cours de l'année 2001

Quel que soit l'organe considéré – rameau, feuille ou fruit –, les populations de *A. melinus* n'ont été visibles que de l'automne au printemps. Malgré la disponibilité des stades réceptifs de la cochenille tout au long de l'année, permettant au parasitoïde de se maintenir à un bon niveau de population, deux

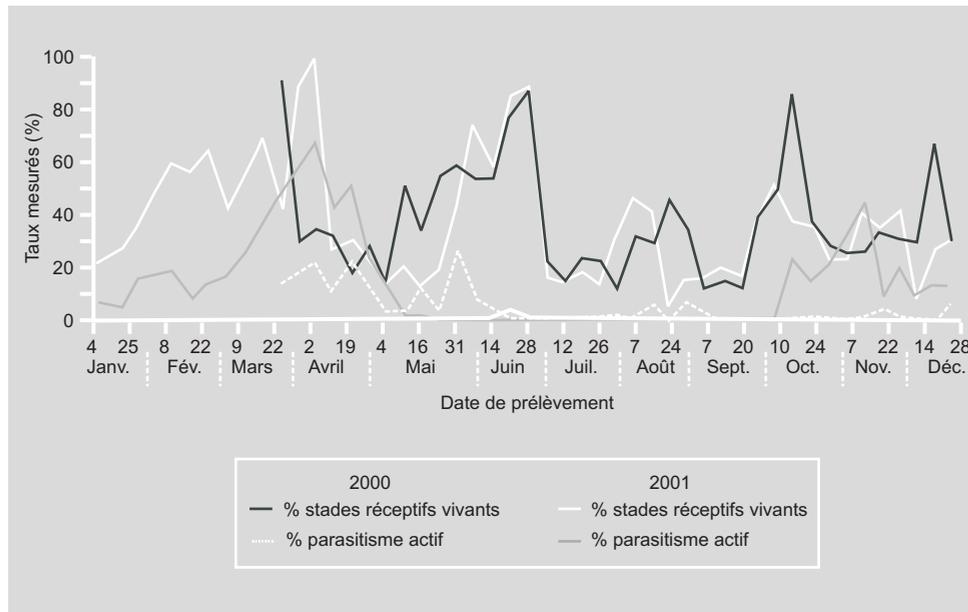


Figure 4. Évolution des taux de parasitisme actifs et des taux de stades réceptifs vivants d'*Aonidiella aurantii* sur fruits au cours de deux campagnes de récolte (2000/2001 et 2001/2002) dans le verger d'agrumes du domaine expérimental d'Afourer au centre du Maroc.

périodes d'activité importante d'*A. melinus* ont été observées : l'une en mars-avril, l'autre en novembre. Ces deux périodes ont coïncidé avec les fortes pullulations de l'insecte-hôte enregistrées au printemps et en automne. La période de ponte la plus importante des femelles d'*A. melinus* se situe en fin mars-début avril. Au sud de la Californie, des lâchers d'*A. melinus* réalisés au printemps ont permis de réduire considérablement le niveau d'infestation des fruits à la fin de la saison [22]. Au cours de nos travaux, les taux de parasitisme actifs les plus élevés ont été observés sur fruits, alors qu'ils étaient moindres sur feuilles et les plus bas sur rameaux. Ces résultats concordent avec ceux de Hare *et al.* [23], ainsi qu'avec ceux de Moreno et Luck [22] en Californie. Ces mêmes auteurs ont montré que les femelles d'*A. melinus* cherchaient davantage leur hôte sur les feuilles et les fruits en périphérie de l'arbre que sur rameaux placés à l'intérieur de l'arbre.

Sur fruits et pendant la période du 15 février au 3 mai, les taux de parasitisme actif sur fruits ont oscillé de (10 à 68) %. Dès la fin de la première décade d'octobre, ces taux ont augmenté jusqu'à atteindre 45 % le 15 novembre (figure 4). *Aonidiella melinus*, très sensible aux conditions climatiques, a été abon-

dante, donc efficace, au printemps et en automne et elle a disparu dès le début de l'été du fait des fortes chaleurs pouvant atteindre 45 °C, enregistrées durant cette saison. Abdelraman avait auparavant montré qu'*A. melinus* ne pouvait pas se développer à une température supérieure à 30 °C [24].

L'efficacité d'*A. melinus* comme agent de contrôle de *A. aurantii* dépendrait de conditions climatiques favorables permettant son développement d'une part et de la disponibilité continue des stades réceptifs de la cochenilles lui servant d'hôte d'autre part. Cette particularité serait à prendre en considération pour l'utilisation éventuelle de parasitoïdes spécifiques de stades déterminés d'un hôte donné (depuis la larve de deuxième stade jusqu'au stade de la femelle adulte en fin d'évolution) pour ne libérer les parasites qu'aux périodes les plus favorables à la ponte de l'hôte, afin d'assurer la coïncidence nécessaire à la réussite d'une lutte biologique.

D'après notre étude et dans le cas d'une année à hiver doux, les lâchers d'*A. melinus* devraient être effectués périodiquement dès la mi-septembre jusqu'à la fin du mois de juin, tout en mettant l'accent sur les périodes

Figure 5. Évolution de nombre de captures par piège jaune des adultes d'*Aphytis melinus* au cours de deux campagnes de récolte (2000/2001 et 2001/2002) dans le verger d'agrumes du domaine expérimental d'Afourer au centre du Maroc.

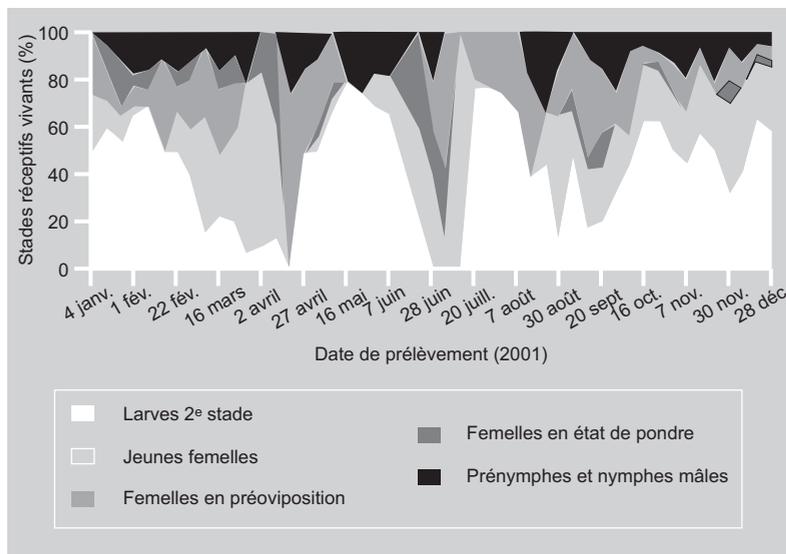
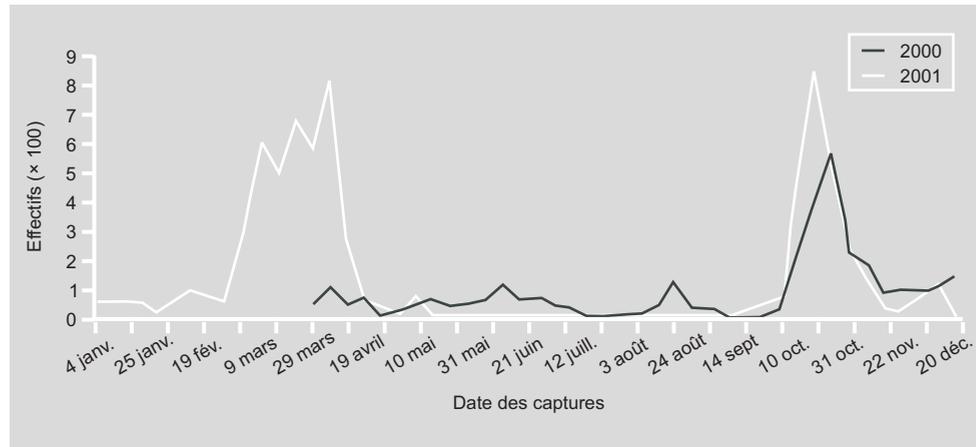


Figure 6. Évolution de la disponibilité des stades réceptifs vivants d'*Aonidiella aurantii* sur rameaux dans le verger d'agrumes du domaine expérimental d'Afourer au centre du Maroc.

d'abondance des stades de la cochenille susceptibles d'être parasités par *A. melinus* et en évitant les lâchers pendant les périodes de pluie.

3.3.2. Populations d'*A. melinus* au cours des années 2000 et 2001

La densité des populations d'*A. melinus* suivies en 2000 a été faible par rapport à celle observée au cours de l'année 2001. Sur rameaux, l'activité d'*A. melinus* a très nettement diminué pendant l'automne, alors que son champ d'activité a été plus large. En effet, sur fruits et sur feuilles, le parasitoïde

a présenté quatre périodes d'activité qui ont coïncidé avec les périodes d'abondance des stades réceptifs vivants d'*A. aurantii*. En Australie, le parasite *A. melinus* présenterait deux générations contre une seule d'*A. aurantii* [15].

En 2000, l'évolution des captures d'adultes d'*Aphytis melinus* sur les pièges jaunes englués a été identique à celle observée pour au cours de l'année 2001 (figure 5). Cependant, les périodes de vols correspondant aux générations écloses au printemps et en automne ont été beaucoup plus marquées et distinctes. Les maximums de captures ont eu lieu respectivement dans la deuxième décennie d'avril 2001 avec 813 individus capturés en 1 semaine et au premier novembre 2001 avec 841 captures.

3.4. Disponibilité des différents stades réceptifs vivants d'*A. aurantii*

L'évolution de la disponibilité des stades susceptibles d'être parasités sur les trois types d'organes échantillonnés au cours de l'année 2001 traduit l'évolution des pourcentages de chacun de ces stades (figures 6–8).

Les taux de stades réceptifs vivants les plus importants ont été observés sur feuilles et sur fruits, alors que, sur rameaux, ce sont les mâles et les jeunes femelles qui ont présenté les plus fortes densités. Nos résultats confirment ceux observés par Moreno et Luck [22] en Californie. Cela pourrait être

expliqué par le faible taux de parasitisme affectant les stades larvaires présents sur rameaux, ce qui donne le temps à ces stades réceptifs d'*A. aurantii* d'atteindre le stade de jeune femelle. Les rameaux assureraient donc un rôle de réservoir des populations de la cochenille au cours du temps. Une abondance des femelles adultes (stades F2 et F3) a également été observée sur feuilles et sur fruits. Carroll et Luck [13] ont montré que ces organes constituent un lieu privilégié pour la fixation des larves mobiles et de leur maintien en vie jusqu'au stade femelle productrice.

4. Conclusion

Dans un programme de protection intégrée, l'étude de la dynamique des populations est un élément clé pour comprendre les phénomènes biologiques qui régissent l'évolution du ravageur au cours des saisons et, ainsi, pour mieux définir les techniques de lutte à adopter.

Dans nos conditions d'expérimentation, quatre générations complètes d'*A. aurantii* se sont échelonnées en cours d'année, dont deux se sont chevauchées (générations automnale et hivernale). L'existence de ces deux générations a augmenté les risques d'infestation des fruits à la récolte.

L'analyse des populations d'*A. aurantii* a révélé une hétérogénéité des stades concomitants. Cette particularité sera à prendre en considération pour l'utilisation éventuelle de parasitoïdes tels qu'*A. melinus*, spécifiques du parasitisme de stades bien déterminés de son hôte (depuis la larve au deuxième stade jusqu'à la femelle adulte en fin d'évolution).

Les périodes d'abondance d'*A. melinus* ont coïncidé avec les taux des stades réceptifs de son hôte les plus élevés. L'action naturelle de ce parasitoïde dans les conditions climatiques du centre du Maroc est actuellement insuffisante pour contrôler en permanence la cochenille. Il serait donc intéressant de renforcer l'action d'*A. melinus* par des lâchers périodiques à commencer à la mi-septembre et à poursuivre jusqu'à la fin

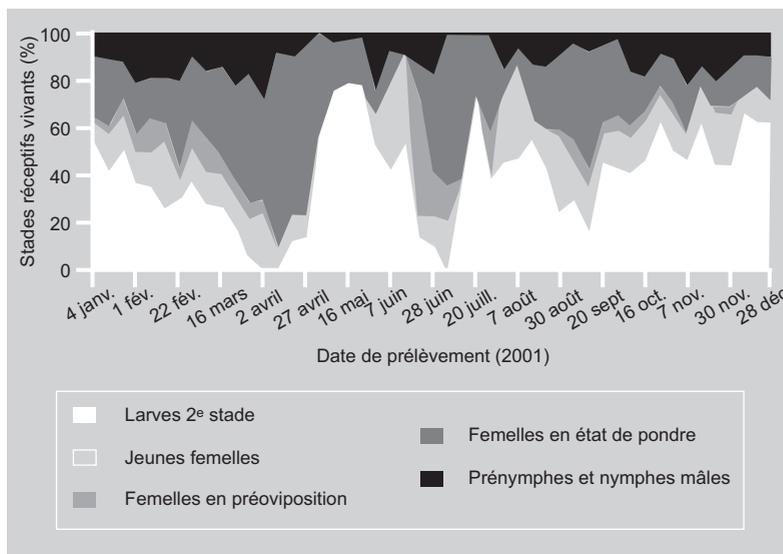
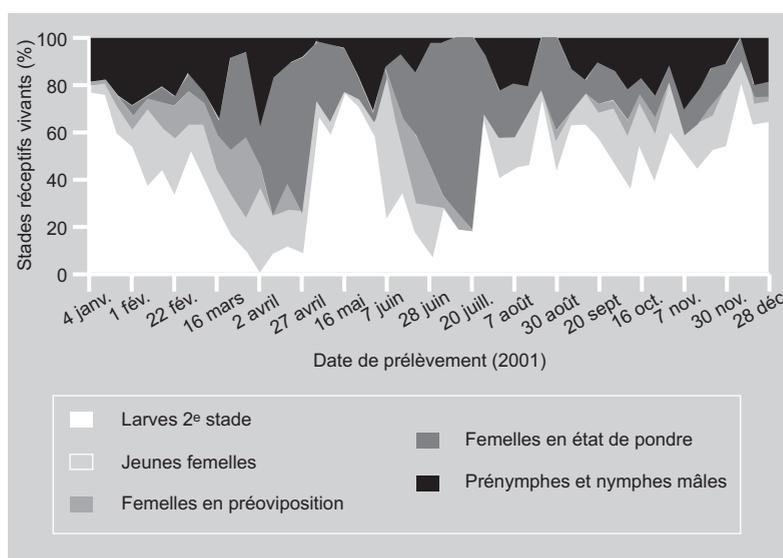


Figure 7. Évolution de la disponibilité des stades réceptifs vivants d'*Aonidiella aurantii* sur feuilles dans le verger d'agrumes du domaine expérimental d'Afourer au centre du Maroc.

du mois de juin. L'accent devra être mis sur les périodes d'abondance des stades de la cochenille susceptibles d'être parasités par le parasitoïde et les lâchers devront être suspendus pendant les périodes de pluie.

Une connaissance approfondie de l'évolution du pou de Californie dans les conditions de production des agrumes au Maroc apparaît donc comme une base préalable à la mise en place de tout essai de lutte biologique.

Figure 8. Évolution de la disponibilité des stades réceptifs vivants d'*Aonidiella aurantii* sur fruits dans le verger d'agrumes du domaine expérimental d'Afourer au centre du Maroc.



Références

- [1] Benassy C., Euverte G., Essai de l'utilisation pratique de lutte biologique contre le pou de Californie *Aonidiella aurantii* (Mask.) au Maroc, *Al Awamia* 28 (1968)1–60.
- [2] Hanafi A., Opportunités et contraintes de la protection intégrée en cultures horticoles, in: Hanafi A. (Ed.), Production et protection intégrée en cultures horticoles, Proc. symp. Int. 6–9 mai 1997, Inst. Agron. Vét. Hassan II, Agadir, Maroc, 1997, pp. 3–13.
- [3] Benziane T., Abbassi M., Jahaz A., Comparaison de deux méthodes de lutte intégrée contre les principaux ravageurs associés aux agrumes dans la région du Gharb, Proc. symp. prot. intégr. cult. rég. Méditerran., 29–31 mai 2001, Rabat, Maroc, 2001, pp. 257–269.
- [4] El Kaoutari I., Le pou de Californie, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera : Diaspididae), utilisation de procédés d'avertissement agricole dans le raisonnement de la lutte chimique en vergers d'agrumes au Tadla, Univ. Cadi Ayad, Marrakech, Maroc, mém. DESA, 2000, 57 p.
- [5] Forster L.D., Luck R.F., Grafton-Cardwell E.E., Life stages of California red scale and its parasitoids, Univ. Calif. Div. Agric. Nat. Resour., 1995, by the regents of the Univ. Calif., USA, Publication No. 21529.
- [6] Guirou Z., El Kaoutari I., Boumezzough A., Chemseddine M., Hilal A., Contrôle des populations d'*Aonidiella aurantii* (Maskelle) en verger d'agrumes au Maroc, *Fruits* 58 (2003) 1–9.
- [7] Ouizbouben A., Chouibani M., Kaack H., Papacek D., Contribution à la mise en œuvre de la protection intégrée en agrumiculture au Maroc, Proc. symp. prot. intégr. cult. rég. Méditerran., 29–31 mai 2001, Rabat, Maroc, 2001, pp. 293–301.
- [8] DeBach P., White E., Commercial mass culture of the California red scale parasite, *Aphytis lignanensis*, Calif. Agric. Exp. Stn. Bull. 770 (1960) 58 p.
- [9] Benassy C., Euverte G., Note sur l'action de deux espèces du genre *Aphytis* en tant qu'agents de lutte biologique contre des cochenilles des citrus (*Aonidiella aurantii* Mask. et *Chrysomphalus dictyospermi* Morg.), *Ann. Zool. Ecol. Anim.* 2 (1970) 357–372.
- [10] Luck R.F., Forster L.D., Morse J.G., An ecologically based-IPM program for citrus in California's San Joaquin Valley using augmentative biological control, in: Proc. Int. Soc. Citric., 1996, pp. 499–503.
- [11] Krambias A., Rapport préliminaire sur le pou de Californie (*Aonidiella aurantii*) des citrus à Chypre, *Fruits* 32 (1977) 351–353.
- [12] Orphanides G.M., Biology of the California red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae) and its seasonal availability for parasitization by *Aphytis* spp. in Cyprus, *Boll. Lab. Entomol. Agric. "F. Silvestri"* 39 (1982) 203–212.
- [13] Carroll D.P., Luck R.F., Bionomics of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae) on orange fruits, leaves and wood in California's San Joaquin Valley, *Environ. Entomol.* 13 (1984) 847–853.
- [14] Grout T.G., Richards G.I., Effect of Buprofezin applications at different phenological times on California red scale (Homoptera: Diaspididae), *J. Econ. Entomol.* 84 (1991)1802–1805.
- [15] Anonyme, Citrus pest and their natural enemies. Integrated Pest Management in Australia, in: Smith D., Beattie G.A.C., Broadley R. (Eds.), Ridway R., Arthur J., Desert Oak Publ. Serv., Brisbane, Australia, 1997.
- [16] Moreno D.S., Kennett C.E., Predictive year-end California red scale (Homoptera: Diaspididae) orange fruits infestations based on catches of males in the San Joaquin Valley, *J. Econ. Entomol.* 78 (1985) 1–9.
- [17] Alexandrakis V., Données biologiques sur *Aonidiella aurantii* Mask. (Hom. Diaspididae) sur agrumes en Crète, *Fruits* 38 (1983) 831–838.
- [18] Benassy C., Onillon J.C., Panis A., État des recherches sur les cochenilles et aleurodes des agrumes, *Fruits* 28 (1972) 115–125.
- [19] Anonyme, Integrated pest management of citrus, Flint M.L., Klein M. (Eds.), Univ. Calif., Statewide IPM Project, Div. Agric. Nat. Resour., California, USA, 1991.
- [20] Rizk G.A., Sheta J.B., Hussein S.M., Some aspects of the populations activity of *Aonidiella aurantii* (Maskell) in relation to weather factor in Middle Egypte, *Plant Prot. Dep., Minia Univ., Egypte, Rev. Appl. Entomol.* 68 (1980) A.P. 544.
- [21] Yu D.S., Luck R.F., 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), Environ. Entomol. 17 (1988) 154–161.
- [22] Moreno D.S., Luck R.F., Augmentative releases of *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) to suppress California red scale (Homoptera: Diaspididae) in Southern California lemon orchards, J. Econ. Entomol. 85 (1992) 1112–1119.
- [23] Hare D.J., Yu D.S., Luck R.F., Variation in life history parameters of California red scale different citrus cultivars, Ecology 71 (1990) 1451–1460.
- [24] Abdelrahman I., The effect of extreme temperatures on California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera: Diaspididae), and its natural enemies, Aust. J. Zool. 22 (1974) 203–230.

Función de *Aphytis melinus* (DeBach) en el control natural de *Aonidiella aurantii* (Maskell) en huertos de cítricos en Marruecos.

Resumen — Introducción. En Marruecos, el parasitoide *A. melinus* constituye el agente de lucha biológica más eficaz contra los brotes de *A. aurantii*, o piojo rojo de California, insecto muy perjudicial para la citricultura marroquí. Ahora bien, este himenóptero está presente naturalmente en la región de Tadla, gran región citrícola del centro de Marruecos (325 295 ha). Por ello, la protección integrada de los cítricos contra *A. aurantii* podría suponer un medio de lucha esperanzador con respecto al uso exclusivo de la lucha química racional. Nuestro estudio supuso un paso previo al establecimiento de una estrategia de lucha integrada en cítricos en Tadla mediante la vigilancia del piojo rojo de California y de su principal parásito *A. melinus*. **Material y métodos.** Nuestros experimentos se efectuaron en 2000 y 2001 en un huerto sin tratamiento, formado por una mezcla de variedades de cítricos. Se efectuó un seguimiento de la evolución de la dinámica de las poblaciones de *A. aurantii* y de *A. melinus* y se identificaron los períodos de abundancia de los estados receptivos vivos de la plaga coincidentes con los períodos de actividad de su parasitoide. **Resultados.** En la región de Tadla, el piojo rojo de California presentó cuatro generaciones al año, una generación primaveral (abril-mayo), una generación estival (junio-julio) y dos generaciones otoñales (octubre y noviembre-diciembre). Se observaron durante todo el año las fases de la plaga que podían ser parasitadas por *A. melinus*. El análisis de dichas fases reveló dos períodos (primaveral y otoñal) especialmente propicios para la puesta de las hembras del parasitoide. Sus poblaciones mostraron una alta densidad a partir del principio del otoño y hasta el final de la primavera siguiente. **Conclusión.** Las liberaciones de *A. melinus* en otoño, invierno y primavera pueden ser eficaces.

Marruecos / Citrus / control de plagas / *Aphytis melinus* / *Aonidiella aurantii* / control biológico

