

**AFPP – 8^{ème} CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES RAVAGEURS EN AGRICULTURE
MONTPELLIER – 22 ET 23 OCTOBRE 2008**

**LONGEVITE ET FECONDITE DES FEMELLES DE *FOPIUS ARISANUS*, PARASITOÏDE
DE MOUCHES DES FRUITS, ET LACHERS EN VERGER DE MANGUIERS A LA
REUNION**

E. ROUX, C. CLAIN et J. SOUVIGNET

FDGDON-Réunion, Cour de l'usine de Savanna, 23 rue Jules Thirel, 97460 St-Paul –
Réunion.

estelle.roux@fdgdon974.fr, clarisse.clain@fdgdon974.fr, julien.souvignet@fdgdon974.fr

RÉSUMÉ

Fopius arisanus (Hymenoptera: Braconidae) est un parasitoïde exotique ovopupal des mouches téphritides des fruits. Des lâchers de *F. arisanus* à échelle réduite ont été réalisés dans un verger de manguiers, à l'île de la Réunion, afin d'évaluer ses potentialités dans une lutte biologique contre une population de mouches des fruits (*Bactrocera zonata*, *Ceratitis capitata*, *C. rosa*). Parallèlement aux lâchers au champ, des tests ont été conduits afin de déterminer la qualité de ces parasitoïdes. Nos résultats montrent l'intérêt d'un supplément protéique au miel pour obtenir une fécondité maximale. Par ailleurs nous avons constaté la bonne installation post lâchers de cet auxiliaire. L'ensemble de ces résultats contribue au développement d'une stratégie de lutte biologique intégrant des lâchers de *Fopius arisanus* au champ.

Mots-clés : *Fopius arisanus*, île de la Réunion, lâchers, lutte biologique, manguiers,

SUMMARY

**LONGEVITY AND FECUNDITY IN THE FRUIT FLY PARASITOID *FOPIUS ARISANUS*:
REPRODUCTIVE ATTRIBUTES OF PRE-RELEASED FEMALES IN REUNION ISLAND**

Fopius arisanus (Hymenoptera: Braconidae) is an exotic egg-pupal parasitoid of tephritid fruit flies. Small scale releases of *F. arisanus* were undertaken in Mango orchard, in Reunion Island, to evaluate its potential for controlling fruit fly populations (*Bactrocera zonata*, *Ceratitis capitata*, *C. rosa*). In conjunction with field releases, assays were conducted to determine quality of pre-released parasitoids. Our findings show an increase in fecundity when females are provided with protein supplement. We confirmed the good implementation of *F. arisanus* after release. These results provide a basis for the development of fruit fly management with the use of *F. arisanus*.

Key words : *Fopius arisanus*, Reunion island, releases, biological control, mango

INTRODUCTION

A la Réunion, les cultures fruitières sont attaquées par quatre mouches des fruits (Tephritidae) dont une seule espèce indigène : la mouche des Mascareignes, *Ceratitis catairii* (Guérin-Mèneville). Deux espèces d'origine africaine, la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann) et la mouche du Natal *Ceratitis rosa* (Karsch), se sont installées dans l'île, en 1939 et 1955 respectivement (Etienne, 1972). La mouche de la pêche, *Bactrocera zonata* (Saunders), d'origine asiatique, a été détectée à la Réunion à partir de 1991. Elle est restée sous contrôle pendant une dizaine d'années avant que ses populations n'explorent en 2000 sur l'île. Devant l'ampleur des dégâts causés, une stratégie de lutte associant lutte chimique et technique de destruction des mâles (Male Annihilation Technique) a été menée. Cependant, à ce jour, cette stratégie contre la mouche de la pêche ne s'est pas révélée efficace (Hurtrel *et al.*, 2002; Quilici *et al.*, 2005).

Ce constat a relancé l'intérêt pour la lutte biologique à multiples approches pour réduire les populations de mouches. Fort des travaux effectués à Hawaï, il s'agit d'élaborer une stratégie de lutte intégrant prophylaxie, pièges visuels, attractifs alimentaires et parasitoïdes. L'intérêt s'est porté sur *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera : Braconidae, Opiinae), un parasitoïde ovo-pupal généraliste de Tephritidae. Depuis son introduction à Hawaï dans les années 1940, il a entraîné une réduction significative des populations de mouches des fruits (Wong *et al.*, 1984; Vargas *et al.*, 2001; Rousse *et al.*, 2005) sur cet archipel. L'espèce a été introduite à la Réunion en 2003 par le CIRAD (Rousse *et al.*, 2005). De décembre 2003 à mai 2005 environ 75 000 individus ont été lâchés sur l'ensemble de l'île (Quilici *et al.*, 2005). L'élevage a été mis en place à la FDGDON-Réunion en 2005.

L'objectif de la FDGDON-Réunion est d'évaluer les potentialités de *Fopius arisanus* dans le cadre d'une lutte biologique inondative contre les mouches des fruits en verger. De la qualité des parasitoïdes produits dépend leur efficacité au champ. En particulier, le statut reproducteur et la fécondité des femelles sont primordiaux pour obtenir une deuxième génération et maximiser l'impact sur les ravageurs. Dans cette étude nous présentons la longévité et la fécondité de *Fopius arisanus* avant lâcher (test 1 et 2) ainsi que son acclimatation au terrain (test 3).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

INSECTES

Les parasitoïdes utilisés proviennent des élevages de la FDGDON-Réunion de Saint Paul. La souche de *F. arisanus* est élevée depuis 2005 sur l'hôte *Bactrocera zonata*. Les parasitoïdes utilisés dans les tests 1 et 2 sont des femelles âgées de moins de 24 heures et sont gardées dans une salle à $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $75 \pm 5\%$ d'humidité relative et une photopériode de 12 : 12 (L : D).

1) LONGEVITE DES FEMELLES VIERGES DE *FOPIUS ARISANUS* AU LABORATOIRE

Trois lots de 100 femelles de *F. arisanus* du même âge sont mis chacun dans des cages en plexiglas (30x30x30cm). Chaque lot est nourri par une source alimentaire différente : eau, miel, et eau + miel (50 : 50).

Le nombre de femelle morte est compté pour chaque lot journalièrement pendant 35 jours.

2) FECONDITE DES FEMELLES DE *FOPIUS ARISANUS* ET EFFET DES SOURCES ALIMENTAIRES

On teste sept sources alimentaires : miel, sucre de canne blanc, sucre de canne roux, sirop d'érable et miel + protéine, sucre blanc + protéine, sucre roux + protéine. Le supplément protéique, de l'hydrolysate protéique de levure, est mélangé avec un ratio de 50 : 50 à l'apport sucré. Pour chaque source alimentaire une cage, en plexiglas (30x30x30cm), contient 100 couples de *F. arisanus* fraîchement émergés. Les sources alimentaires sont placées dans une coupelle ($\varnothing=8\text{cm}$, $h=1\text{cm}$). Ces sources alimentaires sont remplacées tous les deux ou trois jours. Les parasitoïdes morts sont comptés et récupérés tous les jours.

Huit à dix jours après émergences des femelles, on les fait pondre dans des œufs de *Bactrocera zonata* trois fois par semaine pendant deux semaines.

Pour chaque traitement, les œufs parasités sont mis en élevage selon le cahier de production de la FDGDON. Toutes les pupes sont récupérées, pesées, et un échantillon de deux grammes est compté. On en déduit le nombre total de pupes produites. Les pupes échantillonnées sont mises à émerger dans une boîte ronde ($\varnothing=5\text{cm}$, $h=8\text{cm}$), sur un morceau d'éponge humide. Sur ces échantillons on compte tous les individus émergés et on sexe les parasitoïdes. On en déduit la fécondité par femelle pour chaque jour de parasitisme en divisant le nombre total de progénitures obtenues par le nombre de femelles vivantes à cette date.

3) ACCLIMATATION ET DEVELOPPEMENT DE *FOPIUS ARISANUS* EN VERGER DE MANGUIERS

L'essai est conduit à Sans Soucis (Saint Paul) de Janvier à Mars 2008. Il s'agit d'un verger de 4000 m² contenant une vingtaine de manguiers, des bananiers, des letchis, des agrumes et des palmiers royaux. Les auxiliaires lâchés sont âgés d'au moins une semaine après émergence afin que les femelles soient à maturité sexuelle.

Les lâchers de *Fopius arisanus* sont réalisés sur deux semaines consécutives le 28 février et le 7 mars 2008. Chaque lâcher contient 3000 adultes réparti équitablement en trois points sur le site. Cinq mangues piquées sont récoltées dans un rayon de 30 mètres des lâchers. Les récoltes ont lieu six semaines avant les lâchers, pendant les deux semaines de lâchers et les trois semaines suivantes. Les récoltes pré lâchers permettent d'estimer la population initialement présente sur la parcelle. Les fruits sont mis en culture dans des pots en plastiques (3 litres), remplis d'une couche de 1cm de sable de rivière et fermés d'une mousseline d'organza maintenue avec un élastique. Deux semaines après les récoltes, le sable est filtré et les pupes sont récupérées. Elles sont mises à émerger comme décrit dans le test précédent. Pour chaque lot de mangues, on compte le nombre de pupes, de mouches émergées, de *Fopius arisanus* et de pupes non émergées.

ANALYSES STATISTIQUES

Dans les tests 1 et 2 la longévité est analysée par le test de χ^2 . La fécondité, dans le test 2, est analysée par le test de Kruskal-Wallis.

RÉSULTATS

1) LONGEVITE DES FEMELLES VIERGES DE *FOPIUS ARISANUS* AU LABORATOIRE

La longévité des femelles nourries avec de l'eau ne dépasse pas neuf jours et la moitié d'entre elles sont mortes au bout de cinq jours (Figure 1). Les longévités des deux autres sources alimentaires sont très similaires : 75% des femelles sont toujours en vie à 34 jours.

La différence de longévité constatée entre les trois sources alimentaires, eau, miel et eau+miel, est significative ($X^2 = 74,09$, $P < 0,001$).

2) FECONDITE DES FEMELLES DE *FOPIUS ARISANUS* ET EFFET DES SOURCES ALIMENTAIRES

A 13 jours post émergence, une fuite des cages d'étude n'a pas permis de poursuivre le test jusqu'à son terme. La longévité a été traitée sur 12 jours. La fécondité a été étudiée à 8 et 12 jours post émergence.

Le taux de mortalité sur 12 jours (Figure 2) des femelles de *F. arisanus* varie en fonction des sources alimentaires sucrées. Les femelles nourries avec miel et sucre roux+protéine vivent plus longtemps que les femelles des autres traitements. Huit jours post émergence, 78%, 77% et 76% des femelles nourries avec, respectivement, sucre roux+protéine, miel et sirop d'érable sont vivantes. Par ailleurs, les pourcentages des femelles nourries avec miel+protéine, sucre blancs+protéine, sucre blanc et sucre roux sont respectivement de 60%, 56%, 55% et 36%. Les femelles nourries avec du sucre roux meurent très rapidement : 50% sont mortes quatre jours après émergence contre 11-12 jours pour les autres traitements. La différence de mortalité entre les sept traitements est significative ($H_{(6, N=386)} = 41,48$, $P < 0,001$).

Figure 1: Longévité de femelles vierges de *Fopius arisanus* en fonction de trois sources alimentaires
Effect of three diets on the longevity of Fopius arisanus virgin females.

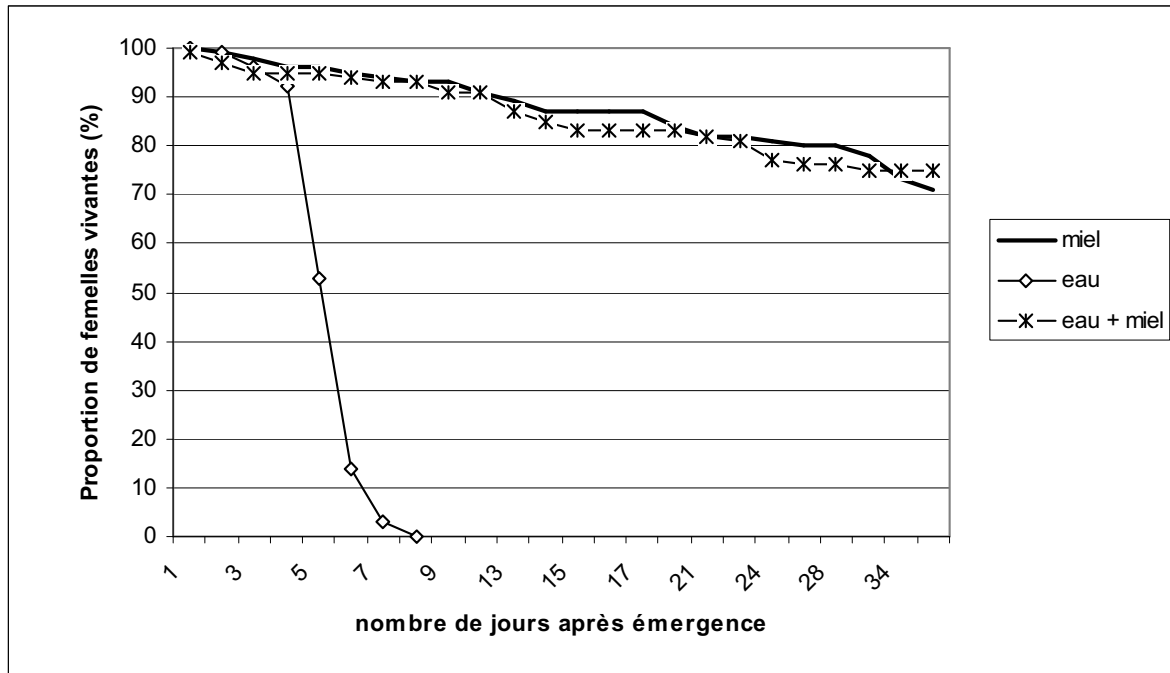


Figure 2: Taux de survie des femelles de *Fopius arisanus* en fonction de sept sources alimentaires sur 12 jours
Effect of seven different sugar sources on the longevity of Fopius arisanus females over 12 days

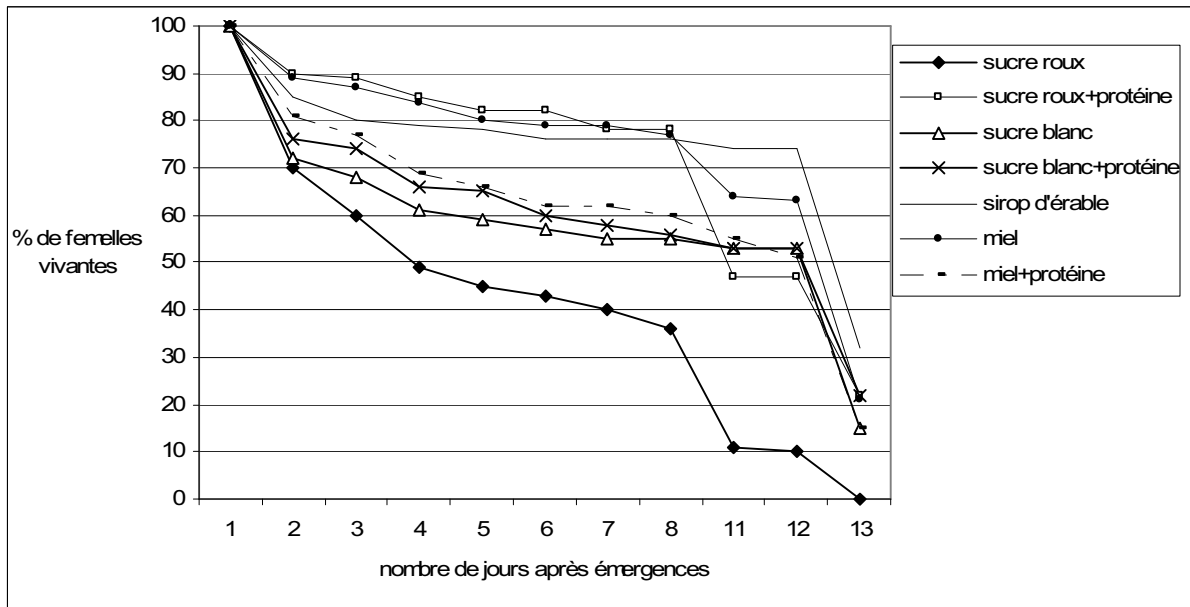
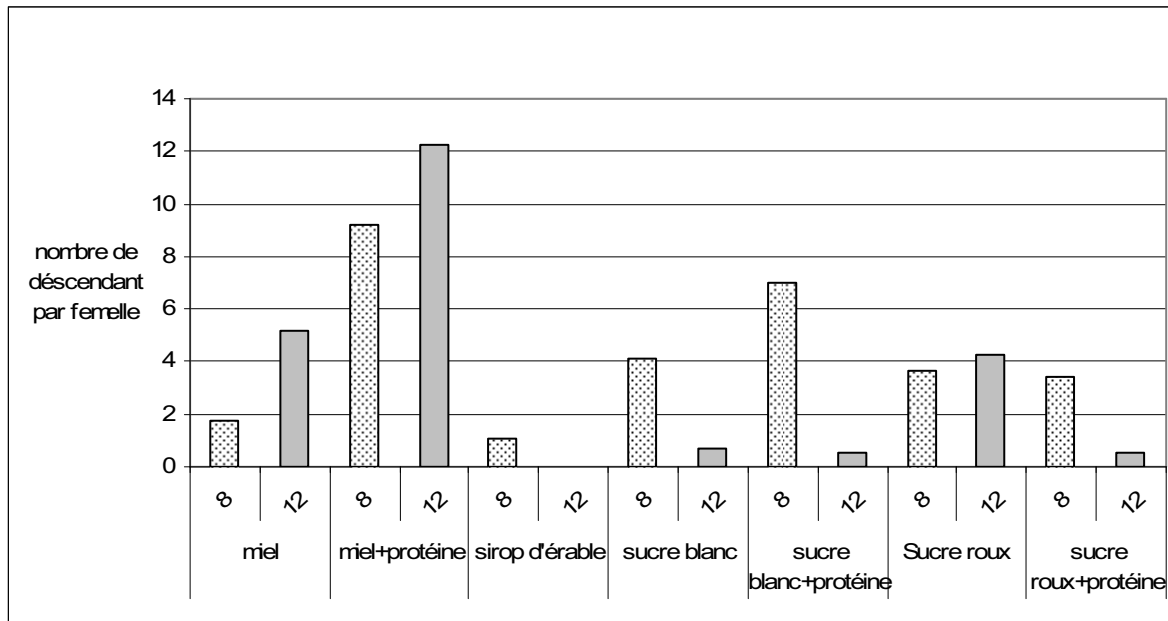


Figure 3: Fécondité des femelles de *Fopius arisanus* âgées de 8 et 12 jours en fonction de sept sources alimentaires.
Fecundity of Fopius arisanus females, 8 and 12 days old, according to seven sugar sources.

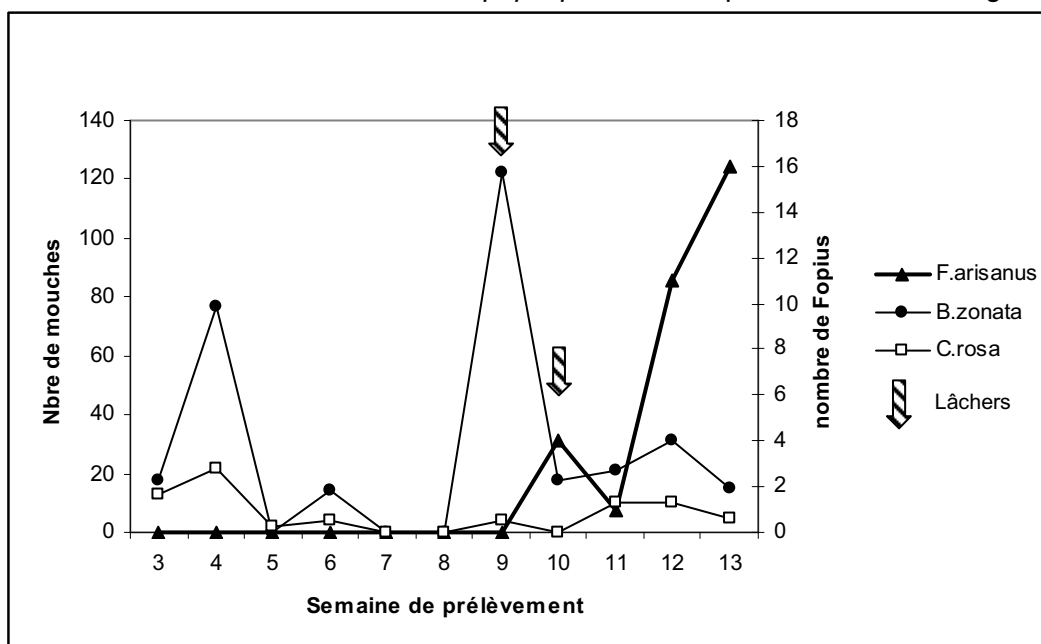


La progéniture par femelle (Figure 3) à J8 et J12 varie selon les traitements. Le nombre de progéniture est plus élevé pour les femelles nourries avec miel+protéine (9 et 12 adultes /femelle à 8 et 12 jours respectivement). La fécondité des femelles de *Fopius arisanus* est significativement différente entre les sept sources alimentaires ($X^2=2982,78$, dl1, $P<0,001$).

3) ACCLIMATATION ET DEVELOPPEMENT DE *FOPIUS ARISANUS* EN VERGER DE MANGUIERS

Deux espèces de mouches émergent des mangues piquées, il s'agit de *Ceratitis rosa* et *Bactrocera zonata*. L'espèce dominante est la mouche de la pêche dont nous récupérons de 0 à 24 mouches par fruit récolté contre 0 à 4 mouches pour *C. rosa* (Figure 4).

Figure 4 : Suivi des populations de mouches et de *Fopius arisanus* dans des mangues
Abundance of flies and the ovo-pupal parasitoid Fopius arisanus in mangoes



Durant les six semaines précédant les lâchers, aucun *Fopius arisanus* n'a émergé des fruits piqués. Les premiers parasitoïdes apparaissent la semaine suivant le premier lâcher. Ils sont alors présents jusqu'à la fin du test. Sur l'ensemble des pupes récupérées après le premier lâcher il émerge 15% de *Fopius arisanus*, 39% de *Bactrocera zonata* et 11 % de *Ceratitis rosa*. Le nombre de parasitoïdes récupéré est élevé, 15% la semaine suivant le premier lâcher puis 35% trois semaines après le second et dernier lâcher (Figure 4).

DISCUSSION

Nous avons pu montrer que les femelles vierges nourries avec une source miellée vivent quatre fois plus longtemps qu'avec de l'eau seule. Par contre la dilution du miel à 50% n'a pas d'effet visible sur la longévité. Ce premier résultat confirme que le miel est l'une des meilleures sources alimentaires pour *Fopius arisanus* (Bautista *et al.*, 2001). De plus, s'il s'avère que la fécondité n'est pas affectée par la dilution de miel, le coût de production peut être réduit significativement. Ces résultats concordent également avec ceux obtenus avec des femelles accouplées. Le miel tout comme sucre roux + protéine et sirop d'érable donnent de meilleurs résultats, concernant la longévité, que les quatre autres sources testées. La forte mortalité observée avec sucre roux correspond plus vraisemblablement à un accident (cage au vernis neuf) qu'à une incompatibilité alimentaire. Par contre, en ce qui concerne la fécondité le miel+protéine est la meilleure source. Le sirop d'érable donne quant à lui les moins bons résultats.

En résumé, le miel additionné de protéines apparaît comme la meilleure source alimentaire au vu de la bonne survie des femelles et de leur fécondité record. Contrairement aux résultats de Bautista (2001), nous n'avons pas observé d'effet toxique lié à l'ajout de protéine. Bien au contraire, l'ajout apparaît comme bénéfique.

On constate que, quelle que soit la source de nourriture, l'effet sur la fécondité n'est pas le même que sur la longévité. Ainsi les trois meilleures longévités ne correspondent pas aux meilleures fécondités. Ceci semble indiquer l'existence d'un compromis entre ces deux caractéristiques biologiques chez ce parasitoïde. C'est le cas également chez *B. cucurbitae* (Coquillett), l'un de ces hôtes (Miyatake, 1998). Cette hypothèse est également confortée par la longévité quatre fois plus importante des femelles (vierges) qui n'ont pas la possibilité de pondre.

Nos résultats mettent en évidence une activité de ponte dès huit jours post-émergence. Les résultats obtenus au champ vont dans le même sens avec la première récupération de parasitoïdes la semaine suivant les premiers lâchers. Ces résultats montrent que les lâchers de *Fopius arisanus* peuvent se faire à sept jours post émergences des adultes. Dès leur introduction au champ, les femelles pourront rapidement trouver et parasiter les œufs des mouches de fruits dans les mangues.

On constate l'installation d'une petite population de *Fopius* avec des émergences trois semaines après le second et dernier lâcher. Il est fort probable qu'il s'agisse d'une génération fille de nos lâchers. Ceci conforte la résilience de ce parasitoïde déjà observées à la Réunion, plusieurs mois post lâchers (étude menée entre 2003 et 2005, Quilici *et al.*, 2005). A cette époque 13 600 parasitoïdes ont été lâchés dans la partie ouest de l'île. Il semble que cette guêpe ne s'acclimate pas définitivement dans cette partie de l'île car nous n'en avons trouvée aucune avant les lâchers de la présente étude. Suite à ces introductions en collaboration avec l'USDA Hawaii, le CIRAD poursuit actuellement des travaux d'évaluation de l'impact de *F. a.* en conditions naturelles (S. Quilici, comm. pers.). Au vu de ces observations il paraît préférable d'envisager, dans un premier temps, des lâchers hebdomadaires sur de plus longues périodes quitte à réduire la dose actuelle de 7 500 à ~950 guêpes à l'hectare. C'est à cette dernière dose que *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) a pu diminuer les populations d'*Anastrepha* spp. en vergers de Manguiers au Mexique (Montoya *et al.*, 2000).

Dans ce cas, les lâchers ont couvert les 35 semaines de production, de la floraison à la dernière récolte.

Le dosage ainsi que la fréquence de lâchers sont très variables d'un système à l'autre (*D. tryoni* (Cameron) 209/ha/sem, Wong *et al.*, 1991; *Psytalia fletcheri* (Silvestri) 175 000/ha/sem, Purcell et Messing, 1996; *P. f.* 528/ha 1sem, Vargas *et al.*, 2004). La détermination des doses et fréquences optimales fera l'objet de nos prochains travaux sur *Fopius arisanus*. Quant à la stratégie de lutte, outre cette guêpe elle intégrera d'autres techniques compatibles, la première d'entre elle étant la bonne prophylaxie des parcelles traitées. En effet le nettoyage est indispensable étant donné que cet auxiliaire ne parasite que très peu les fruits au sol (Eitam et Vargas, 2007).

CONCLUSION

La présente étude a permis d'identifier le miel plus un apport protéique comme la meilleure source de nourriture pour notre souche de *Fopius arisanus*. Nous avons pu déceler également une tendance au compromis entre les deux caractéristiques biologiques que sont la longévité et la fécondité. Outre ces résultats qui permettent d'optimiser rendement et coûts des expérimentations, nous avons également pu constater la multiplication de cet auxiliaire en conditions naturelles. Toutefois il semble que cet auxiliaire ne parvienne pas encore à s'installer définitivement sur l'île. Ces résultats, sont des préliminaires indispensables à la mise au point d'une future protection biologique intégrée des productions fruitières réunionnaises.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont bénéficié du support financier du conseil général de la Réunion et de l'Europe. Merci à Yannick Marianne Dit Gérard et Johnny Marie-Marthe pour leur aide dans le maintien des élevages. Merci à Marlène Marquier pour sa participation à la discussion et aux analyses des résultats concernant ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- Bautista R.C., Harris E.J., Vargas R.I., 2001 - The fruit fly parasitoid *Fopius arisanus*: reproductive attributes of pre-released females and the use of added sugar as a potential food supplement in the field. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 101, 247-255.
- Eitam A., Vargas R.I., 2007 - Host Habitat Preference of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae), a Parasitoid of Tephritid Fruit Flies. *Annals of the Entomological Society of America*, 100, 4, 603-608.
- Etienne J., 1972 - Les principales Trypétides nuisibles de l'île de la Réunion. *Annales de la Société Entomologique de France*, 8, 485-491.
- Harris E., Bautista R.H., Vargas R., Jang E., 2007 - Rearing *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) in Mediterranean fruit fly. *Hawaiian Entomological Society Proceedings*, 39, 121-126.
- Hurtrel B., Quilici S., Jeuffrault E., Manikom R., Georger S., Gourdon F., 2002 - Etat de siège contre la mouche de la pêche, *Bactrocera zonata*: bilan des opérations de deux années de lutte menées à la Réunion. *Phytoma*, 551, 18-21.
- Miyatake T., 1998 - Genetic changes of life history and behavioral traits during mass-rearing in the melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). *Population Ecology*, 40, 3, 301-310.
- Montoya P., Liedo P., Benrey B., Cancino J., Barrera J.F., Sivinski J., Aluja M., 2000 - Biological Control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Mango Orchards through Augmentative Releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, 18, 3, 216-224.

Purcell M., Messing R.H., 1996 - Ripeness effects of three vegetable crops on abundance of augmentatively released *Psytalia fletcheri* (Hym. : Braconidae) : improved sampling and release methods. *Entomophaga*, 41, 1, 105-116.

Quilici S., Duyck P.F., Rousse P., Gourdon F., Simiand C., Franck A., 2005 - La mouche de la pêche sur mangue, goyave, etc. à la Réunion, évolution des recherches et des méthodes de lutte. *Phytoma*, 584, 44-47.

Rousse P., Harris E.J., Quilici S., 2005 - *Fopius arisanus*, an egg pupal parasitoid of Tephritidae. Overview. *Biocontrol News and Informations*, 26, 2, 59N-69N.

Vargas R.I., Peck S.L., McQuate G.T., Jackson C.G., Stark J.D., Armstrong J.W., 2001 - Potential for areawide Integrated Pest Management of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) with a braconid parasitoid and a novel bait spray. *Journal of Economic Entomology*, 94, 4, 817-825.

Vargas R.I., Long J., Miller N.W., Delate K., Jackson C.G., Uchida G.K., Bautista R.C., Harris E.J., 2004 - Releases of *Psytalia fletcheri* (Hymenoptera: Braconidae) and Sterile Flies to Suppress Melon Fly (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. *Journal of Economic Entomology*, 97, 5, 1531-1539.

Wong T.T.Y., Mochizuki N., Nishimoto J.I., 1984 - Seasonal abundance of parasitoids of the Mediterranean and Oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Kula area of Maui, Hawaii. *Environmental Entomology*, 13, 1, 140-145.

Wong T.T.Y., Ramadan M.M., McInnis D.O., Mochizuki N., Nishimoto J.I., Herr J.C., 1991 - Augmentative releases of *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae) to suppress a mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) population in Kula, Maui, Hawaii. *Biological Control*, 1, 2-7.