



HAL
open science

Contribution à l'optimisation de l'élevage du parasitoïde *Psytalia lounsburyi*

Marcel Thaon, Arnaud Blanchet, Nicolas Ris

► **To cite this version:**

Marcel Thaon, Arnaud Blanchet, Nicolas Ris. Contribution à l'optimisation de l'élevage du parasitoïde *Psytalia lounsburyi*. Cahier des Techniques de l'INRA, 2009, 66, pp.21-31. hal-02657899

HAL Id: hal-02657899

<https://hal.inrae.fr/hal-02657899v1>

Submitted on 30 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

Contribution à l'optimisation de l'élevage du parasitoïde *Psytalia lounsburyi*

Marcel Thaon¹, Arnaud Blanchet², Nicolas Ris¹

Résumé : La recherche et le développement de nouvelles méthodes de lutte biologique nécessitent un investissement important sur l'optimisation de l'élevage d'insectes (auxiliaires, hôtes ou prédateurs). Cet article décrit les procédures d'élevage d'un parasitoïde, *Psytalia lounsburyi*, et de son hôte de substitution *Ceratitis capitata*. Cet article présente également quatre expérimentations complémentaires visant à mieux documenter la biologie de *P. lounsburyi*, auxiliaire potentiel de lutte biologique contre la mouche de l'olive, *Bactrocera oleae*, qui reste le principal ravageur de l'olivier. L'âge de l'hôte, la forme du support de ponte et la présence de mâles adultes sur la production de parasitoïdes sont plus particulièrement étudiés. L'apport de ces informations pour l'optimisation de la production est discuté.

Mots clefs : *Bactrocera oleae*, élevage, lutte biologique, olivier, *Psytalia lounsburyi*, ravageur de cultures

Introduction et contexte

Définie comme « l'utilisation d'organismes vivants, appelés auxiliaires, ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes ou les dommages causés par des organismes nuisibles » (OILB-SROP, 1973), la lutte biologique est une méthode de lutte contre des bioagresseurs utilisée en alternative ou en complément d'autres pratiques (luttés chimique, génétique, mécanique et physique). La lutte biologique se décline en quatre stratégies différentes que sont la lutte biologique par conservation, la lutte biologique par acclimatation dite aussi « classique », la lutte biologique par lâchers inoculatifs et la lutte biologique par lâchers inondatifs (Eilenberg, 2001). Si la lutte biologique par conservation repose sur la favorisation d'auxiliaires locaux, les trois autres stratégies impliquent des lâchers plus ou moins massifs d'auxiliaires dans la culture. Dans cette optique, la capacité à produire des quantités importantes d'auxiliaires est évidemment un enjeu majeur. Celle-ci repose à la fois sur la connaissance des spécificités biologiques de l'auxiliaire considéré (ainsi que celle de son hôte ou de sa proie) que sur des innovations techniques (pilote de production). Des considérations économiques (coût de production en particulier) entrent également en jeu notamment si les auxiliaires doivent être ultérieurement commercialisés par des sociétés privées. Ce travail d'optimisation peut être plus ou moins complexe suivant les cas étudiés. Nous présentons ici une série d'expériences visant à améliorer les connaissances de l'élevage de *Psytalia lounsburyi*, auxiliaire potentiel de lutte biologique contre la mouche de l'olive, *Bactrocera oleae*. La mouche de l'olive reste en effet le principal ravageur de la culture de l'olivier. Actuellement, seule l'utilisation de produits phytosanitaires s'avère efficace pour contrôler les populations de ce ravageur, ce qui constitue un frein au développement d'une oléiculture biologique.

¹ INRA UR 1254 Unité Expérimentale de Lutte Biologique - F- 06903 Sophia Antipolis

☎ 04 92 38 65 01 ✉ Nicolas.Ris@sophia.inra.fr

² European Biological Control Laboratory (USDA) - Campus International de Baillarguet - CS 90013 Montferrier-sur-Lez - 34988 St. Gely-du-Fesc

1. Matériels et méthode

1.1 Production des hôtes

L'élevage massif en routine de *Bactrocera oleae* n'étant pas maîtrisé, nous utilisons une autre mouche téphritide, la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*. La souche de cératites utilisée a été transférée du laboratoire EBCL³ au Centre Inra de Sophia Antipolis en décembre 2006. C'est une souche adaptée à des conditions de développement au laboratoire comme en témoigne son comportement de ponte (cf § suivant).

L'élevage se déroule dans des conditions stables de température ($22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$), d'humidité relative (environ 60%) avec une période d'éclairage de 16 heures.

L'élevage de cératites est relativement simple et il se décompose en trois étapes. Dans une cage cylindrique (**figure 1 gauche**) on introduit une coupelle avec environ 1200 à 1300 pupes, 2 à 3 jours avant leur éclosion. On rajoute également pour les futurs adultes deux petites boîtes de milieu nutritif (**encadré**) et un abreuvoir. Cinq à six jours après l'émergence des adultes, les mouches commencent à pondre à travers la mousseline. Des chapelets d'œufs apparaissent et chutent dans une boîte remplie d'eau située en dessous. Ces œufs sont récupérés tous les jours, tamisés dans un entonnoir muni d'un filtre en mousseline très fine afin d'enlever l'excédent d'eau. 5 gouttes d'œufs (soit environ 3000 œufs) sont ensuite déposées dans une boîte de plastique fermée (**figure 1 centre**) contenant environ 250 cm³ de milieu nutritif (**encadré**). Les premières larves éclosent en général 48 heures après. 7 jours après leur création, les boîtes sont ouvertes et placées dans une autre boîte plus grande dont le fond est recouvert de sable pour faciliter la pupaison⁴ des asticots qui ont quitté le milieu et le couvercle grillagé pour faciliter l'aération (**figure 1 droite**). Au bout de dix jours, le sable est tamisé pour récupérer les pupes.



Figure 1 : Présentation de différentes étapes de l'élevage de *Ceratitis capitata*.

A gauche : Cylindre (20 cm de longueur x 30 cm de diamètre) contenant les cératites adultes. Les cératites femelles pondent des chapelets d'œufs à travers la mousseline qui tombent dans le bac d'eau où ils sont récupérés quotidiennement.

Au milieu : Boîte plastique (13 cm de longueur x 10 cm de largeur x 5 cm de hauteur) contenant le milieu artificiel et les œufs (environ 5000).

A droite : Bac de récupération (30 cm de longueur x 30 cm de largeur x 10 cm de hauteur) des pupes de cératites.

³ European Biological Control Laboratory (USDA)

⁴ chez les Diptères, passage de la larve au stade de nymphe (appelée aussi puppe), stade au cours duquel l'insecte se métamorphose en adulte

| Encadré |
|--|
| Recettes de milieu nutritif pour larves et adultes de <i>Ceratitis capitata</i> |
| <p>Milieu pour larves</p> <p>1- mélanger :</p> <p>1,8 g de nipagine 1,8 g de Sodium Benzoate à 2‰ 40 c³ d'acide chlorhydrique à 16,5‰ 900c³ d'eau</p> <p>2 - mélanger</p> <p>104 g de levure de bière 112 g de poudre de carotte 180 g de flocons de pommes de terre</p> <p>3 - mélanger 1+2, puis couler rapidement dans un récipient</p> |
| <p>Milieu pour adultes</p> <p>40 g de Sucrose 15 g d'hydrolysate de levure 3,3 g d'œuf séché en poudre</p> |

1.2 Production des *Psytalia lounsburyi* nécessaires aux expérimentations

Psytalia lounsburyi est un hyménoptère de la famille des Braconidae. C'est un endoparasitoïde koïnobionte, c'est-à-dire que les femelles pondent leurs œufs à l'intérieur de leur hôte qui continue à vivre pendant toute la première partie du développement de la larve du parasitoïde. C'est un parasitoïde solitaire, une seule larve pouvant au mieux se développer dans un hôte. Les expérimentations décrites ci-dessous ont été réalisées sur une souche de *Psytalia lounsburyi* créée à partir d'individus récupérés sur deux sites différents, la forêt de Burguret sur le Mont Kenya (Août 2002, Novembre 2002, Septembre 2003 et Août 2005) et sur le Mont Elgon (Février 2003). La souche a ensuite été maintenue pendant plusieurs générations au laboratoire EBCL et certains individus ont été transférés au Centre de Sophia Antipolis en janvier 2007.

L'élevage mis en place sur le Centre de Sophia-Antipolis a été adapté à partir des pratiques mises au point par Arnaud Blanchet (EBCL). Les conditions environnementales sont les suivantes : Température : 22°C ± 1°C ; Humidité relative : environ 55% ; Période d'éclairage : 16h/24h.

Des adultes de *P. lounsburyi* sont introduits dans une cage cylindrique en plexiglas (25 x 25 cm) dont l'une des extrémités est fermée par une maille fine de mousseline, l'autre étant fermée par un bas permettant l'accès pour les manipulations (**figure 2, gauche**). Un abreuvoir est confectionné à partir d'un pilulier rempli d'eau et muni d'un couvercle troué pour y introduire deux cotons dentaires faisant office de mèches. Un autre pilulier est déposé également avec un milieu nutritif composé de pollen et de miel. Des gouttelettes de miel sont également déposées sur la mousseline. Un orifice placé en haut du cylindre et fermé par un bouchon permet la suspension d'un pendoir contenant les hôtes.

Ce pendoir est constitué au centre d'une balle de ping-pong servant de support à un milieu nutritif frais, mélange de carotte et de poudre de luzerne déshydratée, de consistance élastique

et d'une épaisseur de 2 à 3 mm. Des larves de cératites sont récupérées dans l'élevage (cf § précédent), tamisées et rincées à l'eau. L'excès d'eau est enlevé puis les larves sont déposées sur une membrane de Parafilm étirée et placée autour de la boule (**figure 2, milieu**). Le pondoir ainsi constitué est suspendu à mi-hauteur par un fil de fer durant en général 24h. Après son retrait, le pondoir est démonté. Le milieu et les larves sont transférés dans une petite caissette en plastique avec un complément de milieu nutritif, elle-même disposée dans une boîte aérée de taille supérieure et munie d'un fond de sable pour que les pupes se forment (**figure 2, droite**). Les premiers adultes de mouche (issus de larves non parasitées) émergent des pupes au bout d'environ 15 jours, les premiers *P. lounsburyi* émergeant 3 à 4 jours plus tard.

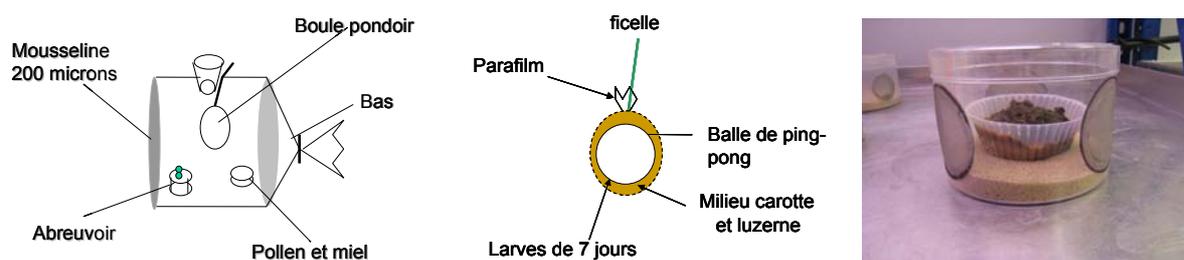


Figure 2 : Présentation de différents aspects de l'élevage de *Psytalia lounsburyi*

A gauche : Schéma du cylindre d'infestation

Au milieu : Schéma du pondoir contenant les hôtes

A droite : Photographie du dispositif utilisé pour le développement des larves.

1.3 Description des expériences

Durant l'année 2007 nous avons réalisé trois expériences complémentaires dans une unique pièce climatisée avec les conditions suivantes : environ 22°C, Humidité relative : 60 %, Photopériode Jour-Nuit : 16/8.

Sauf cas particuliers (Expérience 3), le milieu utilisé dans les différents prototypes est un mélange du milieu nutritif pour larve et de luzerne déshydratée pilée (à partir de granulés). Dans tous les cas, les prototypes contenant les hôtes sont défaits après l'infestation et leur contenu (larves et milieu) vidé dans une boîte aérée avec un supplément de milieu frais.

Expérience 1 : Influence de l'âge des hôtes

Nous avons testé trois âges différents de larves de Cératites : à 6, 7 et 8 jours. Les larves ont été récoltées et rincées à l'eau puis placées dans un « boudin » (cf expérimentation 2) de milieu entouré de Parafilm® étiré. La durée d'exposition des larves aux parasitoïdes est de 24 h, le nombre de parasitoïdes n'étant pas contrôlé il peut donc varier au cours du temps. Suivant la disponibilité en larves et en cylindre de ponte, nous avons pu tester simultanément plusieurs boudins contenant des larves d'âges différents.

Expérience 2 : Influence de la forme du support

Cette deuxième expérience vise à étudier l'influence de la forme du support sur la production de *Psytalia*. Les larves de cératites utilisées pour cette infestation étaient des larves de 7 jours, rincées à l'eau comme précédemment. Nous avons testé trois types de supports différents (**tableau 1**) en situation de choix.

Pour cela, les prototypes étaient placés ensemble dans une grande cage en plexiglas contenant un nombre important de parasitoïdes (au moins supérieur à 50) (**figure 3**). D'une infestation à l'autre, les positions des prototypes dans la cage étaient permutées de façon à prendre en compte l'éventuelle influence de la position des prototypes dans la cage.

| | boudin | boule* | médaille |
|----------------------|--|--|-----------------------------------|
| Forme | parallélépipède | sphère | cylindre plat |
| Dimensions | Longueur : 12 cm Largeur : 2 cm Épaisseur : 0,6 cm | Diamètre int : 1,9 cm Diamètre ext : 2,2 cm | Diamètre 7 cm Épaisseur 0,4 cm |
| Surface | 63 cm ² | 15,2 cm ² | 77 cm ² |
| Profondeur maximale | 1 cm | 0,3 cm | 0,2 cm |
| Quantité de milieu | 14,4 cm ³ | 16,1 cm ³ | 15,4 cm ³ |
| Temps de fabrication | plus rapide | plus long | intermédiaire |
| Facilité | plus facile | moyenne | moyenne |

Tableau 1 : Principales caractéristiques des prototypes testés
* Système mis au point par A. Blanchet (EBCL – Montpellier)

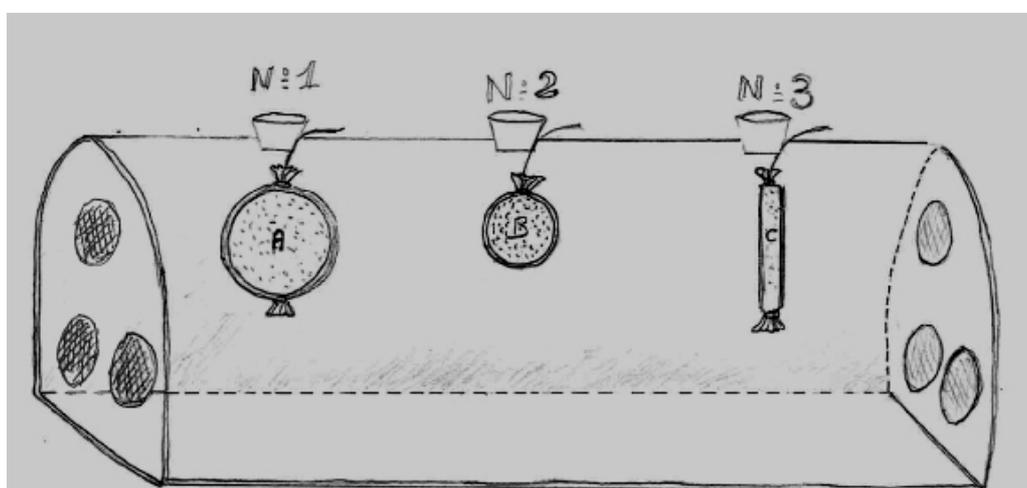


Figure 3 : Dispositif utilisé pour les expériences de choix de substrat (L 60 cm x L 30 cm x H 35 cm)
Les positions des 3 prototypes sont systématiquement permutées d'une infestation à l'autre.
Les caractéristiques des différents supports de ponte sont indiquées dans le tableau 1.

Expérience 3 : Tentatives de simplification du prototype « boule »

L'objectif de cette expérience est d'évaluer les conséquences d'une simplification du prototype « boule » dans un but de gain de temps. Nous avons donc testé trois variantes :

- **variante 1** : le cœur de la boule (balle de ping-pong) est entouré d'un mélange de milieu frais et de luzerne déshydratée pilée. Les larves de cératites sont lavées avant d'être placées entre cette boule et le Parafilm étiré ;
- **variante 2** : La boule est réalisée comme précédemment mais les larves ne sont pas lavées ;
- **variante 3** : Les larves sont directement placées entre la boule ping-pong et le parafilm sans milieu.

Les trois variantes réparties dans deux cages de parasitoïdes étaient testées le même jour. Nous avons mis en place un système de permutations pour éviter tout biais lié à de probables différences entre cages.

Expérience 4 : Influence de la présence des mâles et de la limitation en hôte sur la ponte

Cette dernière expérience a permis de mesurer plus précisément la cinétique de ponte et de sex-ratio de 30 femelles de *Psytalia lounsburyi* dans quatre situations différentes :

- en présence de 30 mâles laissés pendant 24h puis retirés - modalité « retrait » ;
- en présence de 30 mâles laissés avec les femelles dans les cylindres jusqu'à leur mort – modalité « cohorte » ;
- en présence de 30 mâles initiaux auxquels sont rajoutés une quinzaine de plus chaque semaine – modalité « ajout ». Cette fréquence a été établie à partir d'observations préliminaires qui indiquaient une mortalité de mâles notable à partir d'une semaine ;
- en situation de limitation d'hôtes – modalité « limitation ». Dans ce dernier cas, 30 mâles sont laissés dans les cylindres jusqu'à leur mort (cf modalité « cohorte ») mais seules deux infestations par semaine sont réalisées (lundi et jeudi).

Nous avons effectué cette comparaison dans des cylindres identiques de 12 cm de diamètre et 20 cm de long, fermés aux deux extrémités par une mousseline.

Les larves de cératites de 7 jours ne sont pas comptées individuellement mais estimées grâce à un volume constant qui représente environ 70 larves.

1.4 Variables mesurées et analyses

Lors de chaque expérience, nous mesurons deux ou trois variables pour chaque infestation à savoir :

- le nombre de parasitoïdes produits,
- la proportion de femelles dans la descendance,
- La durée de vie des adultes (expérience 4).

Pour les expériences 1, 2 et 3, nous avons analysé les résultats au travers de modèles linéaires généralisés (distributions poissonniennes⁵ pour le nombre de parasitoïdes et binomiales⁶ pour le sex-ratio). Les variables explicatives sont d'une part le facteur étudié (âge des hôtes, prototype) et d'autre part les différentes variables liées à l'expérimentation : cage de parasitoïdes utilisée (expérience 3), position des prototypes dans la cage (expérience 2), ou jour d'expérience (expériences 1, 2 et 3). D'une manière générale, les variables explicatives sont ajoutées séquentiellement dans le modèle dans l'ordre d'apparition suivant la démarche et la présentation adoptée par Desouhant *et al.* (2003). Compte tenu de l'absence de répétitions, le traitement statistique des données de l'expérience 4 est plus limité. Les longévités sont comparées à l'aide du test des log-rank⁷ et les proportions de femelles dans la descendance grâce à un test de χ^2 sur table de contingence.

⁵ : en statistique, une distribution poissonnienne décrit les probabilités d'apparition d'un évènement rare

⁶ : en statistique, une distribution binomiale décrit les probabilités d'apparition de plusieurs évènements indépendants ayant tous seulement deux issues possibles (oui / non ; vrai / faux)

⁷ : le test du log-rank est un test statistique adapté à la comparaison des courbes de survies (c'est-à-dire l'évolution au cours du temps de la proportion d'individus encore en vie) de plusieurs échantillons.

2. Résultats

Expérience 1 : influence de l'âge des hôtes

Comme le montre le **tableau 2**, les résultats indiquent une influence significative de l'âge des hôtes avec des productions moyennes de 30,1 (écart-type $\sigma = 6,8$; effectif $n = 8$), 27,2 ($\sigma = 15,6$; $n = 13$) et 23,5 ($\sigma = 14,3$; $n = 11$) parasitoïdes / infestation pour des larves âgées respectivement de 6, 7 et 8 jours. Les différences entre blocs sont également hautement significatives avec par exemple un étalement allant de 11 à 71 parasitoïdes / infestation pour les larves de 7 jours. L'âge des hôtes ne semble pas modifier la proportion de femelles dans la descendance avec une moyenne de 35 %. De fortes variations de la proportion de femelles sont également observées entre blocs, de 14 % à 77 % par exemple pour des larves de 7 jours.

| | ddl | Deviance | Ddl résiduel | Déviante résiduelle | probabilité |
|---|-----|----------|--------------|---------------------|---------------|
| Nombre total de descendants (distribution binomiale, lien logit) | | | | | |
| Modèle nul | | | 31 | 205,9 | |
| Bloc | 20 | 132,4 | 11 | 73,5 | $p < 10^{-5}$ |
| Age de l'hôte | 2 | 13,8 | 9 | 59,7 | 0,001 |
| Proportion de femelles (distribution poissonnienne, lien logit) | | | | | |
| Modèle nul | | | 31 | 190,6 | |
| Bloc | 20 | 169,7 | 11 | 21,0 | $p < 10^{-5}$ |
| Age de l'hôte | 2 | 2,5 | 9 | 18,5 | 0,28 |

Tableau 2 : Influence de l'âge des hôtes et des blocs sur le nombre total de descendants et sur la proportion de femelles

Expérience 2 : Influence de la forme du support

Les résultats obtenus dans cette expérience (**tableau 3**) montrent un effet hautement significatif du prototype utilisé. Le prototype « Boule » permet en effet de produire en moyenne 40,8 parasitoïdes / infestation (écart-type $\sigma = 19,1$; $n = 24$) contre respectivement 24,8 ($\sigma = 17,6$; $n = 24$) et 20,3 ($\sigma = 12,4$; $n = 24$) pour les prototypes « Boudin » et « Médaille ». D'après nos observations, ces différences semblent s'expliquer par un plus grand nombre de femelles sur le support « Boule » que sur les autres. La sex-ratio de la descendance n'est pas affectée par le prototype, la proportion de femelles étant en moyenne de 31 %. Le nombre de descendants et la proportion de femelles varient de façon importante entre dates d'infestation avec par exemple pour le prototype « Boule » des gammes de variations respectives de 12 à 80 individus par infestation et de 3 à 80 % de femelles.

| | ddl | Deviance | Ddl résiduel | Déviante résiduelle | probabilité |
|---|-----|----------|--------------|---------------------|---------------|
| Nombre total de descendants (distribution binomiale, lien logit) | | | | | |
| Modèle nul | | | 71 | 866.7 | $p < 10^{-5}$ |
| Date | 23 | 480.2 | 48 | 386.5 | $p < 10^{-5}$ |
| Position | 2 | 0.2 | 46 | 386.3 | 0.90 |
| Prototype | 2 | 192.4 | 44 | 193.9 | $p < 10^{-5}$ |
| Proportion de femelles (distribution poissonnienne, lien logit) | | | | | |
| Modèle nul | | | 70 | 254.7 | |
| Date | 23 | 131.6 | 47 | 123.0 | $p < 10^{-5}$ |
| Position | 2 | 5.8 | 45 | 117.2 | 0.054 |
| Prototype | 2 | 0.2 | 43 | 117.1 | 0.922 |

Tableau 3 : Influence des prototypes, de leurs positions et des dates d'expérimentation sur le nombre total de descendants et sur la proportion de femelles.
Les termes sont ajoutés séquentiellement dans l'ordre donné.

Expérience 3 : Simplification du prototype « boule »

Malgré le faible nombre de répétitions (6 pour chaque variante), les résultats de cette expérience (**tableau 4**) indiquent des différences significatives entre prototypes, la production de parasitoïdes dans la variante 3 (larves non lavées et absence de milieu) étant divisée d'un facteur 3 par rapport aux deux autres variantes. Nous avons observé aussi une proportion un peu plus élevée de femelles dans la variante 2 (larves non lavées et présence de milieu) par rapport aux deux autres ainsi que des différences significatives entre les dates d'expérimentation et les deux cages de parasitoïdes.

| | ddl | Deviance | Ddl résiduel | Déviante résiduelle | probabilité |
|---|-----|----------|--------------|---------------------|---------------|
| Nombre total de descendants (distribution binomiale, lien logit) | | | | | |
| Modèle nul | | | 17 | 207,1 | |
| Date | 5 | 95,2 | 12 | 112,0 | $p < 10^{-5}$ |
| Cylindre | 1 | 45,0 | 11 | 66,9 | $p < 10^{-5}$ |
| Prototype | 2 | 25,8 | 9 | 41,2 | $p < 10^{-5}$ |
| Proportion de femelles (distribution poissonnienne, lien logit) | | | | | |
| Modèle nul | | | 15 | 21,6 | |
| Date | 5 | 6,3 | 10 | 15,3 | 0,28 |
| Cylindre | 1 | 0,1 | 9 | 15,1 | 0,74 |
| Prototype | 2 | 10,6 | 7 | 4,6 | 0,005 |

Tableau 4 : Influence du prototype, des cylindres et des dates d'expérimentation sur le nombre total de descendants et sur la proportion de femelles. Les termes sont ajoutés séquentiellement dans l'ordre donné

Expérience 4 : suivi de cohortes

- Longévité des adultes

Comme le montre la **figure 4 (gauche)**, aucune différence significative de longévité n'a été observée chez les femelles entre les 4 modalités (Test des log ranks : $\chi^2_{3ddl} = 4,6$; $p=0,21$). La survie médiane des femelles est dans ces conditions d'environ 40 jours, certaines d'entre elles pouvant vivre 60 jours. Compte tenu du protocole, la longévité des mâles adultes n'a pu être évaluée que pour deux des quatre modalités (modalités « cohorte » et « limitation »). Une différence significative a été observée entre les deux modalités (Test des log ranks : $\chi^2_{3ddl} = 9,8$; $p=0,002$) avec respectivement des survies médianes d'environ 18 et 40 jours (Figure 4 droite).

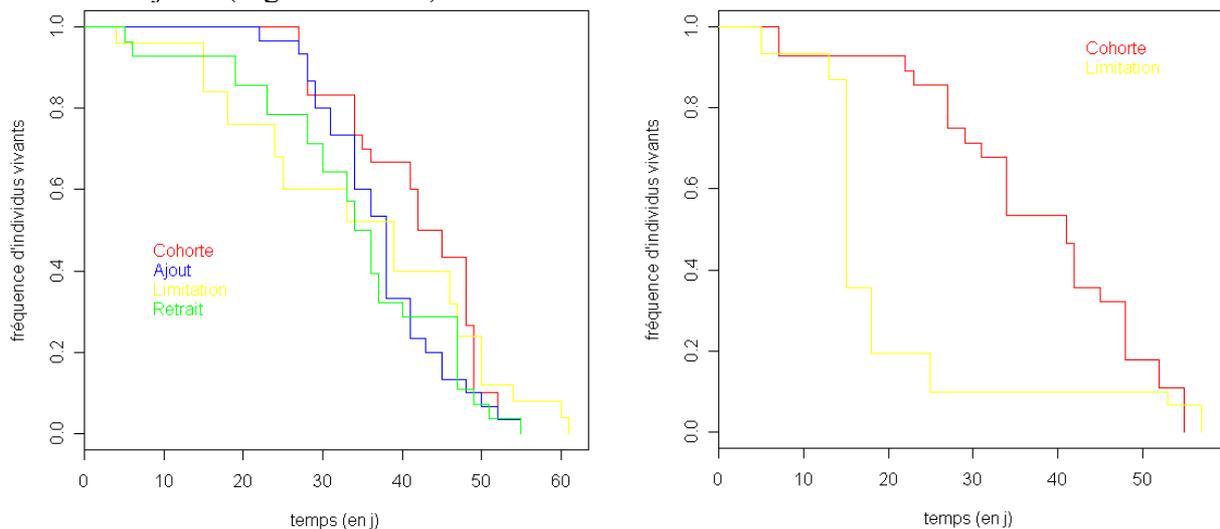


Figure 4 : Comparaison des longévités des femelles (à gauche) et des mâles (à droite) *Psytalia lounsburyi* en fonction des modalités testées.

- **Production des descendants**

Sur l'ensemble du suivi, les rendements observés semblent varier d'une modalité à l'autre (**figure 5**). Le maximum de descendants a été obtenu pour la modalité « Ajout de mâles » avec une production totale pour les 30 femelles de 995 descendants (soit un rendement d'environ 33 descendants par femelle). Viennent ensuite les modalités « Cohorte », puis « Retrait » et enfin « Limitation » avec un rendement réduit de presque moitié. On observe que l'essentiel de la ponte se déroule en général durant les 4 premières semaines avec un pic lors de la 3^{ème} ou 4^{ème} semaine. Cette tendance est moins marquée pour la modalité « limitation ». Dans tous les cas, les premiers mâles et les premières femelles émergent respectivement au bout d'environ 19 et 23 jours. Pour chaque sexe, les sorties s'étalent sur environ 3 jours.

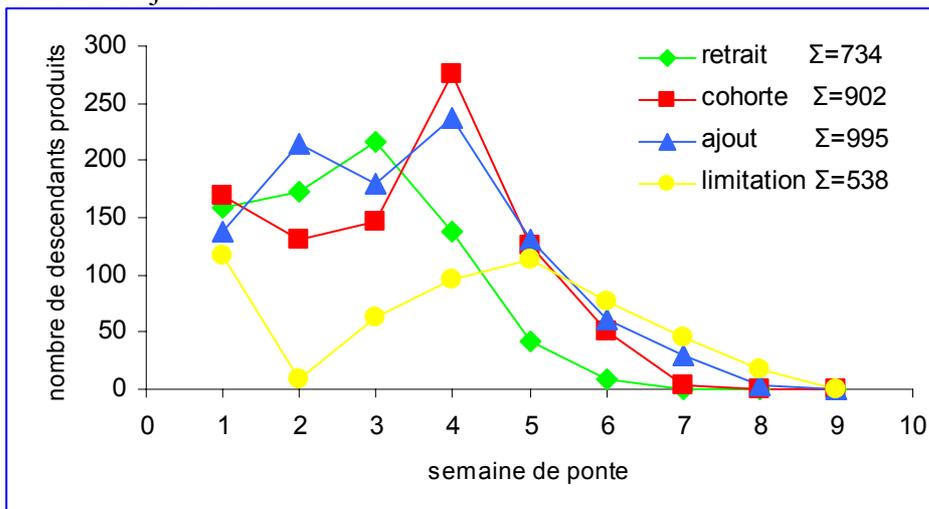


Figure 5 : Comparaison des cinétiques de ponte des femelles *Psytalia lounsburyi* en fonction des modalités testées

Pour chaque modalité, le nombre total de descendants produits par les femelles est indiqué en légende

La proportion de femelles produites varie significativement entre les modalités (table de contingence : $\chi^2_{3ddl} = 18,4$; $p=0,0004$). Sur l'ensemble de la durée de ponte, la proportion de femelles est d'environ 40% pour les modalités « Ajout de mâles » et « Limitation » alors qu'elle atteint seulement 32-33% pour les deux autres modalités. Cette différence semble s'expliquer par le fait qu'une production notable de femelles se maintient après la 3^{ème} semaine pour les deux premières modalités (**figure 6**)

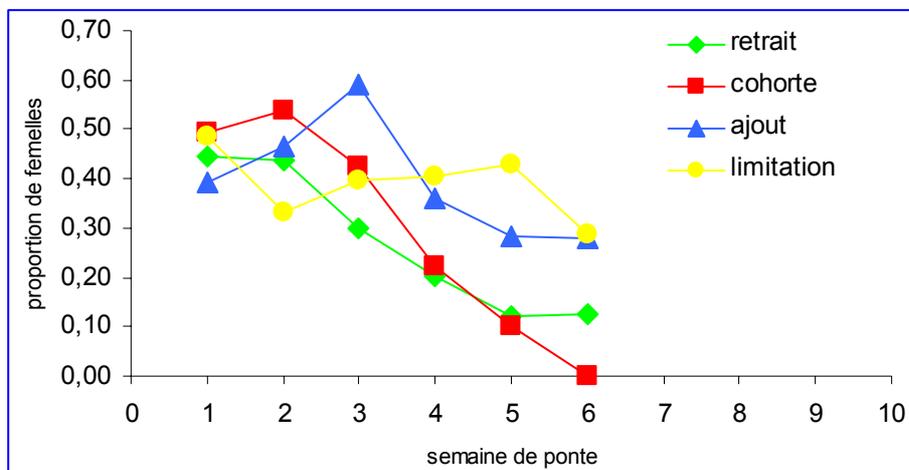


Figure 6 : Evolution de la proportion de femelles produites en fonction du temps.

Discussion et conclusion

Les résultats obtenus lors de ces expériences donnent des informations intéressantes sur la biologie de *P. lounsburyi* et sur ses possibilités d'élevage. Nos résultats montrent en particulier que les larves de cératites de 7 jours offrent, dans nos conditions, le meilleur compromis puisqu'on obtient d'une part, un des meilleurs rendements en termes de production de descendants et d'autre part, des larves susceptibles d'être infestées tous les jours de la semaine. Le rendement diminue au-delà de 7 jours, ce résultat a été mis en évidence de façon encore plus marquée sur une autre souche de *P. lounsburyi* originaire d'Afrique du Sud (Malauza *et al.*, sous presse). L'importance de la forme du support a également été clairement démontrée. Le support sphérique s'est révélé nettement plus efficace que les deux autres, ce qui confirme les observations préalables d'Arnaud Blanchet.

Trois facteurs principaux pourraient expliquer ce résultat parmi lesquels : (i) une attractivité différentielle des différents supports pour les femelles parasitoïdes, (ii) des différences dans la détection des hôtes et leur accessibilité, (iii) des différences de conditions de développement susceptibles d'affecter la survie des larves parasitées. Les tentatives pour simplifier le dispositif « Boule » ayant échoué, nous avons dû maintenir, pour la suite, le dispositif initial malgré les temps importants de fabrication et de démontage. Il s'agit évidemment d'une contrainte majeure pour cet élevage ce qui implique d'autant plus d'essayer d'améliorer les gains en temps sur les autres aspects. L'expérience de suivi de cohortes a également permis de mesurer, dans nos conditions d'élevage, la longévité des individus qui est de l'ordre de 30 jours pour les mâles et de 40 jours pour les femelles.

Nous avons également pu montrer qu'une femelle pouvait produire une trentaine de descendants durant sa vie. Ce résultat contraste avec ceux obtenus par dissection du système reproductif des femelles qui mettent en évidence 80 à 100 ovocytes apparemment mûres (communications personnelles de S. Cheyppé et R. Cornet). Cette différence s'explique vraisemblablement par la forte mortalité pré-imaginale (de l'ordre de deux tiers) subie par *P. lounsburyi* à l'intérieur de l'hôte de substitution *C. capitata*. Les cinétiques de ponte mettent également en évidence que l'essentiel de la production de descendants se déroule durant les quatre premières semaines de ponte. D'un point de vue pratique, cette information améliorera la gestion de l'élevage notamment en vue des lâchers massifs. Les résultats donnent enfin des éléments importants concernant l'allocation des sexes parmi la descendance. On remarque ainsi que lorsque la présence de mâles adultes est limitée, la production de femelles dans la descendance chute rapidement, ce qui traduit probablement une déplétion en sperme. Inversement, le maintien d'une production notable de femelles semble possible lorsque des mâles vierges sont régulièrement ajoutés, ce qui suggère que les femelles ont la possibilité de s'accoupler plusieurs fois au cours de leur vie. Ces résultats montrent également que mâles et femelles peuvent s'accoupler durant les premières 24 h après émergence.

En conclusion, les résultats obtenus apportent des informations nouvelles susceptibles d'améliorer l'élevage de *P. lounsburyi*. Des points complémentaires mériteraient une attention égale tel que (i) l'optimisation de la température de développement susceptible de modifier non seulement le développement pré-imaginal (durée, survie) mais également les caractéristiques des adultes (fécondité potentielle, durée de vie, activité de ponte); (ii) l'optimisation du ratio parasitoïde / hôte qui pourrait limiter dans un sens l'utilisation inutile d'hôtes, dans l'autre les cas de super-parasitisme, contre-productifs pour une espèce de parasitoïde solitaire. Compte tenu toutefois des échéances du programme (lâchers en oliveraies de *P. lounsburyi* prévus à partir de juillet 2008), ces questions ne pourront cependant être traitées dans les temps impartis.

Remerciements : Les auteurs remercient toutes les personnes du Centre Inra de Sophia-Antipolis impliquées dans le programme « mouche de l'olive » ainsi que les collègues de l'EBCL et notamment Walker Jones, Directeur et Dominique Coutinot, Responsable des activités quarantaine.

Ces travaux ont été financés par différentes sources : le programme ANR⁸ BioInv4I, l'ONIGC⁹ et le Conseil Général des Alpes-Maritimes via l'association AgriBio06.

Bibliographie

Eilenberg J., Hajek A., & Lomer C. (2001) Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46: 387-400.

Desouhant E, Driessen G, Lapchin L, Wielaard & Bernstein C (2003) Dispersal between host populations in field conditions: navigation rules in the parasitoid *Venturia canescens*. *Ecological Entomology*, 28: 257-267.

Malausa J.C., Blanchet A., Bon M.C., Cheyppé-Buchmann S., Groussier-Bout G., Jones W., Pickett C., Ris N., Roche M., Thaon M. & Fauvergue X. (sous presse). Introduction of the African parasitoid *Psytalia lounsburyi* in south of France for the classical biological control of *Bactrocera oleae*: will hybridization affect establishment and population growth? *IOBC-WPRS Bulletin*.

OILB-SROP (1973) Statuts. *Bulletin OILB/SROP*, 1 : 1-25.

⁸ ANR = Agence Nationale pour la Recherche

⁹ ONIGC = Office National Interprofessionnel des Grandes Cultures

