HAL open science

Étude de l'efficacité de différentes souches de trichogrammes vis-à-vis de Tuta absoluta (Meyrick) en serres expérimentales

Gaspar Legendre, Maurane Buradino, Yannie Trottin, Jean-Michel Leyre, Véronique Baffert, Etty Colombel, Elisabeth Tabone

To cite this version:

Gaspar Legendre, Maurane Buradino, Yannie Trottin, Jean-Michel Leyre, Véronique Baffert, et al.. Étude de l'efficacité de différentes souches de trichogrammes vis-à-vis de Tuta absoluta (Meyrick) en serres expérimentales. AFPP - Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Association Française de Protection des Plantes (AFPP). FRA., Oct 2014, Montpellier, France. hal-02796470

HAL Id: hal-02796470

https://hal.inrae.fr/hal-02796470v1

Submitted on 5 Jun 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.

AFPP – DIXIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES RAVAGEURS EN AGRICULTURE
MONTPELLIER – 22 ET 23 OCTOBRE 2014

ETUDE DE L'EFFICACITE DE DIFFERENTES SOUCHES DE TRICHOGRAMMES VIS-A-VIS DE *TUTA ABSOLUTA* (MEYRICK) EN SERRES EXPERIMENTALES

G. LEGENDRE, M. BURADINO, Y. TROTTIN, J.-M. LEYRE, V. BAFFERT, E. COLOMBEL, E. TABONE

(1) INRA-UEFM Laboratoire Biocontrôle, VILLA THURET, CHEMIN RAYMOND, 06160 ANTIBES, FRANCE ; elisabeth.tabone@paca.inra.fr
(2) Ctifl - Centre de Balandran, 751 CHEMIN DE BALANDRAN, 30127 BELLEGARDE, FRANCE ; trottiny@ctifl.fr

RÉSUMÉ
Le ravageur invasif de la tomate, *Tuta absoluta,* continue son expansion dans le bassin méditerranéen et entraîne des dégâts importants sur les cultures. Les méthodes de lutte biologique mises en place actuellement impliquent l'utilisation de l'auxiliaire exotique *Trichogramma achaeae*. La production de ce parasitoïde oophage est onéreuse. Des souches autochtones de trichogrammes ayant une efficacité comparable vis-à-vis de *T. absoluta* mais moins couteux à produire ont été recherchés. Des souches françaises, récoltées chez des agriculteurs, ont donc été testées contre *T. absoluta*, en serre expérimentale. Quatre souches ont eu un taux de parasitisme comparable à celui de *T. achaeae*. La performance des trichogrammes des souches indigènes diminue avec l'augmentation de la distance entre le point de lâcher et le plant où se situent les œufs de *T. absoluta*. Ce n'est pas le cas de *T. achaeae*.

Mots-clés : Protection biologique, tomate, mineuse, parasitoïdes oophages, *Trichogramma spp*.

ABSTRACT
EFFICIENCY TESTS OF DIFFERENT STRAINS OF TRICHOGRAMMA IN GREENHOUSES TO CONTROL *TUTA ABSOLUTA*
The invasive tomato pest *Tuta absoluta* still spreads in the mediterranean basin and seriously damage tomato crops. Biological control methods currently used involve the exotic oophagous parasitoid *Trichogramma achaeae* that is expensive to rear. Autochthonous *Trichogramma* strains with a similar efficiency but a less expensive mass rearing had be found. French strains harvested in tomato crops have been tested in greenhouse experiments, against *T. absoluta*. Four strains tested showed parasitism rates nearly similar to *T. achaeae* ones. The efficiency of native strains decreases with increase of the distance between infested tomato plant and *Trichogramma* release point. This distance does not affect significantly *T. achaeae* parasitism in this experimental setting design.

Keywords: biocontrol, tomato, leafminer, oophagous parasitoids, *Trichogramma spp.*

INTRODUCTION

La tomate *Lycopersicon esculentum* est une des plantes les plus cultivées dans le monde, plus de 4,5 millions d'hectares sont dédiés à sa culture (Tropea Garzia *et al*., 2012). Environ 145 millions de tonnes de tomates sont produites mondialement par an et 90% de cette production provient de l'Hémisphère Nord (FAOSTAT, 2011). Cette culture d'une grande importance économique est aussi menacée par de nombreuses maladies et ravageurs : champignons, bactéries, virus et insectes phytophages.

Le lépidoptère *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) est un ravageur envahissant originaire d'Amérique du Sud qui a colonisé rapidement le bassin méditerranéen (Urbaneja *et al*., 2007 ; Desneux *et al*., 2010; Lacordaire & Feuvrier, 2010 ; Tropea Garzia *et al*., 2012). Les adultes pondent leurs œufs sur les plants. Le stade larvaire de *T. absoluta* creuse des galeries ou mines dans le parenchyme de tous les organes aériens de la plante pouvant causer des pertes allant jusqu'à 100% si aucun traitement n'est effectué (Gonzales-Cabrera *et al*., 2011). Les dégâts sur la production sont directs lorsque la larve s'attaque au fruit ou indirects via une réduction du rendement photosynthétique lorsque les feuilles sont attaquées (Pereyra & Sànchez, 2006 ; Germain *et al.*, 2009).

Des stratégies de protection doivent donc être développées pour contrôler les populations de *T. absoluta* afin d'éviter d'importantes pertes économiques et de limiter son expansion géographique. Le comportement « mineur » des chenilles rend difficile le contrôle de ce ravageur (Frandon *et al.*, 2010 ; Polaszek *et al.*, 2012). Des substances phytosanitaires sont déjà commercialisés et utilisés, mais ces produits phytopharmaceutiques présentent de nombreux risques tant pour la santé des agriculteurs et des consommateurs que pour la biodiversité (Branco & Franca, 1993). De plus, *T. absoluta* a déjà développé des résistances à certains pesticides fréquemment utilisés (Lietti *et al.*, 2005). Enfin dans le cadre du plan Ecophyto 2018 (Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt) des politiques de réductions de l'utilisation des pesticides sont mises en place (Frandon *et al.*, 2010 ; http://agriculture.gouv.fr/ecophyto). Les méthodes de lutte biologique et de protection intégrée contre *T. absoluta* existent. Afin de proposer une alternative plus durable de nouvelles méthodes doivent encore être développées pour plus d'efficacité.

La protection biologique et la protection intégrée des cultures sont basées sur l'utilisation de méthodes préventives et curatives de natures différentes (Tabone *et al.*, 2012) et sont utilisées pour la tomate depuis les années 1980 (Trottin *et al.*, 2012). Il est possible de citer d'une part l'utilisation de variétés résistantes au ravageur, d'autre part des mesures prophylactiques tels l'installation de filets anti-insectes aux entrées des serres, la destruction des plants infestés et le suivi des populations de ravageurs, grâce à des pièges à phéromones par exemple (Germain *et al*., 2012 ; Frandon *et al.*, 2010). D'autres sont utilisées tels les traitements à base de *Bacillus thuringiensis kurstaki* ou de nématodes s'attaquant au ravageur ou bien d'extraits de plantes comme le margousier, ainsi que le piégeage de masse et l'utilisation d'auxiliaires prédateurs ou parasitoïdes (Gonzàlez-Cabrera *et al.*, 2011 ; Batalla-Carrera *et al.*, 2010 ; Ferreira *et al.*, 2012 ; Desneux *et al.*, 2010 ; Urbaneja *et al,.* 2009 et Séguret *et al.*, 2011 ; respectivement).

Parmi les auxiliaires, les insectes parasitoïdes effectuent leur développement dans un insecte hôte dont il se nourrit, entraînant la mort de cet hôte. Les caractéristiques particulières du cycle de vie des parasitoïdes en font de bons auxiliaires de contrôle des espèces qu'ils parasitent (Badendreier *et al.*, 2003). Les femelles parasitoïdes pondent le plus fréquemment leurs œufs dans ou sur leur hôte qui peut être à différents stades de développement, selon les caractéristiques de l'espèce de parasitoïde. Ainsi, pour le contrôle de *T. absoluta* dont le stade larvaire est responsable des dégâts, des parasitoïdes oophages (dont les femelles pondent dans les œufs de leur hôte) permettent d'entraîner la mort du ravageur avant l'apparition du stade phytophage (Frandon *et al.*, 2010 ; Do Thi Khanh *et al*., 2012).

Les trichogrammes *Trichogramma spp.* sont des parasitoïdes oophages dont certaines souches au sein d'espèces parasitent naturellement les œufs de *T. absoluta* (Polaszek *et al.*, 2012). L'efficacité des trichogrammes contre *T. absoluta* a déjà été démontrée en Amérique du Sud et *Trichogramma pretiosum* est déjà utilisé dans cette région comme auxiliaire dans les cultures de tomate (Faria *et al.*, 2008). En Europe, suite à de bons résultats comme auxiliaire de *T. absoluta* en laboratoire et en champ, *T. achaeae* a été commercialisé pour la protection des cultures (Cabello *et al*., 2009). Toutefois, les difficultés d'élevage et de stockage de *T.achaeae* augmentent les coûts de production. En effet cette espèce de trichogrammes n'a pas de capacité de diapause ce qui empêche son stockage au froid (Do Thi Khanh *et al*., 2012). De plus depuis la nouvelle réglementation concernant l'introduction d'auxiliaires exotiques (décret 2012-140), les auxiliaires indigènes doivent être préférées.

Afin de rechercher de nouveaux auxiliaires efficaces contre *T. absoluta* et de réduire les coûts de la protection, le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche a financé le programme de recherches CASDAR (Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole Rural), nommé TutaPI (2011-2014) : Recherche et Intégration d'une protection biologique contre *Tuta absoluta*, ravageur invasif de la Tomate.
Ce projet a associé plusieurs partenaires de la recherche, de l'expérimentation et du développement qui ont chacun participé à différentes étapes du projet. Parmi les différents axes du programme, l'un consistait à chercher de nouvelles souches de trichogrammes, indigènes, plus efficaces que la souche de référence *T. achaeae*, déjà commercialisée. Des souches ont été récoltées directement dans les cultures de tomate, chez des agriculteurs français (conduite en agriculture biologique) puis testées en laboratoire par l'INRA UEFM. Les souches ayant exercé le meilleur contrôle, sur les œufs de *T. absoluta*, ont été sélectionnées pour des expériences en serres, plus proches des conditions de cultures. Ces tests ont été réalisés dans les serres expérimentales du Ctifl (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes), sur le centre de Balandran (30). Le Ctifl est l'un des partenaires du projet. Ces expériences permettent de comparer le taux de parasitisme des souches indigènes sélectionnées avec celui de la souche de référence *T. achaeae*, testée dans les mêmes conditions. Ainsi, les souches ayant un taux de parasitisme supérieur ou égal à celui de *T. achaeae* et présentant des facilités d'élevage (permettant de réduire les coûts de production) peuvent constituer des alternatives économiquement intéressantes (Do Thi Khanh *et al*., 2012). De plus, certaines conditions environnementales et différents facteurs pouvant influencer le comportement des trichogrammes ont été relevés et leur effet sur le taux de parasitisme des trichogrammes testé. La connaissance de ces effets, positifs ou négatifs, sur la performance des souches permet de mieux comprendre les différences qui peuvent exister entre elles. Ceci permettrait d'optimiser les méthodes de lâchers et les modalités d'utilisation des auxiliaires en fonction de la souche lâchée et des conditions de l'environnement.

Cette étude constitue la dernière étape, avant des essais réalisés en conditions de cultures et en serres de production, pour les souches collectées présentant le meilleur potentiel comme auxiliaire dans la protection biologique contre *T. absoluta*.

MATERIEL ET MÉTHODE

MATERIEL BIOLOGIQUE

Les souches de *Trichogramma spp.* ont été collectées chez des agriculteurs partenaires de différentes régions qui n'ont pas réalisé de lâcher de trichogrammes dans leurs cultures en Agriculture Biologique. Des œufs d'*Ephestia kuehniella* collés sur des bandelettes de carton sont placés sur des plants de tomates en plein champ, sous abris ou serre pendant 48h. Les bandelettes sont ensuite placées à 25°C jusqu'à l'émergence des trichogrammes qui sont identifiés (morphologiquement et moléculairement) et séparés en fonction de l'espèce.

Les souches de trichogrammes ont été élevées en tubes contenant du miel, sur des œufs d'*E. kuehniella* irradiés (pour empêcher l'éclosion des larves, Biotop) collés sur une bandelette de carton, dans une pièce à 25°C (±1°C) de température, 60% (±10%) d'humidité relative et avec une photopériode de lumière 16h : obscurité 8h.

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Plusieurs essais ont été réalisés en 2012 avec les souches issues des campagnes de collectes. A chaque essai, la souche commercialisée *T. achaeae* « CQ » a été testée afin de servir de référence. Les souches ont été réparties au hasard dans les compartiments. Dix séries ont été réalisées d'avril à octobre avec 1 à 5 répétitions par souche (1 pour les souches X et CI, 2 pour la souche AZ), et 10 répétitions pour CQ testée à chaque série. En tout, 10 souches ont été testées.

Organisation des compartiments

Chaque souche a été étudiée dans un compartiment sous serre avec 6 lignes de culture (dont deux lignes de bordures) et 14 plants de tomates de variété Climberley (Syngenta) par ligne (jeunes plants âgés de 4 semaines). Sur les 84 plantes présentes par compartiment, 15 ont été infestées artificiellement par *T. absoluta* (Figure 1). Les autres plants « sains » permettent de recréer la réalité d'une culture de tomates en serre.

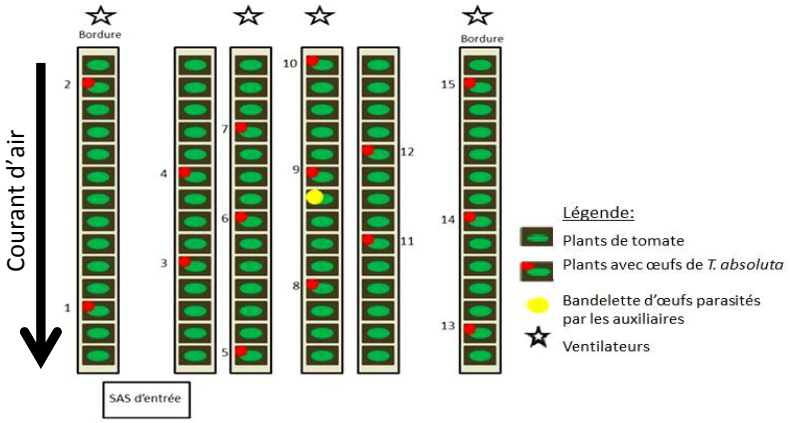

Figure 1. Dispositif expérimental pour un compartiment avec 15 plants numérotés de 1 à 15 pour chaque série.

Experimental design for one compartment with 15 crops numbered from 1 to 15 for each serie.

Ponte de *T. absoluta*

Les 15 plants du compartiment ont été mis en présence d'adultes *T. absoluta* dans des cages pour être infestés pendant quelques heures, la durée de contamination étant ajustée en fonction du nombre d'adultes par cage. Les plants ont ensuite été retirés des cages en veillant à ce qu'aucun ravageur ne reste sur les plants. La présence d'au moins 2 œufs par plant a été vérifiée avant leur mise en place dans les compartiments.

Lâchers des trichogrammes

Les trichogrammes ont été fournis par l'INRA UEFM sous forme d'œufs d'*E. kuehniella* parasités par une souche, collés sur une bandelette de carton sans miel pour reproduire les conditions de lâchers du commerce. Environ 2500 œufs parasités sont présents sur chaque bandelette. Ce nombre correspond au double de la dose de base recommandée, car le nombre d'œufs de *T. absoluta* par compartiment était bien supérieur à une situation moyenne en site de production (jusqu'à près de 400 œufs pour 50 m² de culture). Dès l'apparition des premières émergences, la bandelette de carton avec les œufs parasités a été positionnée au centre du compartiment à l'abri de la lumière du soleil pour éviter le dessèchement des œufs et la mort des parasitoïdes. Les trichogrammes ont été laissés à parasiter pendant 7 jours. Les températures moyennes du jour et de la nuit ont été relevées ainsi que l'humidité relative moyenne.

Pour les 4 premières séries d'essais, les mêmes plantes non infestées ont été utilisées pour deux séries consécutives (série 1 et 2, 3 et 4). A cause de la croissance des plants de tomates ceux-ci étaient donc plus grands lors des séries 2 et 4. Ensuite, à partir de la série 5, les plants non infestés ont été changés à chaque série afin que leur taille soit comparable entre les séries.

Incubation et comptage

Suite aux 7 jours de parasitisme, les 15 plantes avec des œufs de *T. absoluta* sont retirées des compartiments et stockées à 25°C. Après 5 jours d'incubation, le nombre d'œufs parasités (noirs), non parasités (blancs, desséchés…) ainsi que le nombre de chenilles par feuille et par plante sont déterminés à la loupe frontale et notés. Un taux de parasitisme (nombre d'œufs noirs sur nombre total d'œufs et chenilles) est calculé par plante à l'aide de la formule suivante :

$$\text{taux de parasitisme} = \frac{nombre\ d'oeufs\ noirs\ parasités}{nombre\ total\ d'oeufs}$$

La qualité des trichogrammes a été vérifiée après chaque transport par le calcul du taux d'émergence.

ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R version 3.0.0 (R Core Team, 2013).

Dans un premier temps, le taux de parasitisme a été mesuré par plant pour chacune des souches (n=15 plants avec 1 à 5 séries pour chaque souche et 10 répétitions pour la référence *T. achaeae*). Enfin une moyenne a été effectuée sur l'ensemble des résultats (toutes séries confondues) pour chacune des souches.

Les différences des taux de parasitisme entre les souches, entre les séries et entre les distances au point de lâcher des plants infestés, ont été analysées à l'aide d'un modèle linéaire généralisé GLM avec une distribution de Quasi-Poisson (les données étant issues de comptages). La correspondance au modèle a été testée grâce à un test F (model: quasipoisson, link : log). Les différences significatives entre les taux de parasitisme des différentes souches ont été étudiées à l'aide d'un test de Wilcoxon pour comparaisons multiples. Ces tests ont été réalisés pour les différentes souches à partir des différents paramètres mesurés au cours de l'expérimentation.

Les corrélations entre le taux de parasitisme et les températures moyennes du jour, le taux de parasitisme et l'humidité relative, le taux de parasitisme et la date de la série, le taux de parasitisme et la distance au point de lâcher des trichogrammes, le taux de parasitisme et le nombre d'œufs de *T. absoluta* sur les plants ont été étudiées à l'aide du coefficient de corrélation de Spearman (ρ correspond au coefficient de corrélation). Pour les corrélations significatives, des régressions linéaires ont été recherchées.

Afin d'identifier un potentiel effet des différentes souches testées selon les séries sur ces corrélations, les tests ont été réalisés en ne tenant compte que de la souche de référence *T. achaeae*, la seule ayant été testée à chaque série.

En raison de la forte dispersion et de la non normalité fréquente des taux de parasitisme, ils ont été représentés par des diagrammes en boites.

RESULTATS

EFFICACITE DES SOUCHES

Dans un premier temps, le taux de parasitisme a été mesuré par plant pour chacune des souches. Enfin une moyenne a été effectuée sur l'ensemble des résultats (toutes séries confondues) pour chacune des souches. Il y a un effet significatif de la souche considérée sur le taux de parasitisme ($p=2{,}2\times10^{-16}$). Les souches X, BU, AZ, BV et CV ont un taux de parasitisme moyen significativement plus faible que celui du témoin *T. achaeae* CQ (respectivement ; p=0,0025 ; $p=1{,}2\times10^{-6}$; $p=5{,}9\times10^{-5}$; p=0,00081 et p=0,00031) (Figure 2). Le taux de parasitisme de chaque souche correspond à la moyenne des résultats par plant, toutes séries confondues.

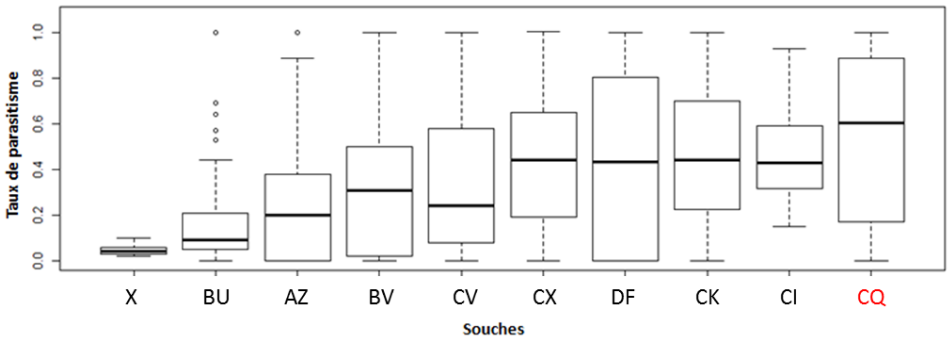

Figure 2. Taux de parasitisme des différentes souches de trichogrammes obtenus lors des expériences en serre (classés par ordre croissant de moyenne). CQ : *T. achaeae.*
Parasitism rates of different strains of Trichogramma obtained in greenhouse experiments (in ascending order of mean). CQ : *T. achaeae*

EFFET DES CONDITIONS EXPERIMENTALES

Le compartiment dans lequel l'expérience s'est déroulée n'a pas d'influence significative sur le taux de parasitisme des souches (p=0,36). Une corrélation (coefficient ρ) positive existe entre l'avancement dans les séries et les températures moyennes du jour et l'humidité relative (ρ=0,048 ; p=2,2x10^{-16} et ρ= 0,75 ; p=2,2x10^{-16} respectivement). Le taux de parasitisme est corrélé positivement avec l'augmentation de la température moyenne du jour et de l'humidité relative (respectivement ; ρ= 0,21 ;p=2,3x10^{-7} et ρ=0,19 ; p=2,3x10^{-7}). La température moyenne du jour et l'humidité relative sont naturellement fortement corrélées entre elles.

De même que pour l'ensemble des souches, les corrélations entre le taux de parasitisme de *T. achaeae* et le numéro de la série et l'humidité relative sont significatives (ρ= 0,33 ; ρ= 0,36 et p=2,7x10^{-5} ; p=5,7x10^{-6} ; respectivement). En revanche, la température moyenne n'est pas corrélée de manière significative avec le taux de parasitisme de la référence (ρ=0,08 ; p=0,32).

Dans cette expérimentation, le taux de parasitisme des trichogrammes n'est pas influencé significativement par la densité d'œufs de *T. absoluta* sur les plants de tomates infestés (ρ= 0,06 ; p=0,17).

Enfin le taux de parasitisme de l'ensemble des souches décroît avec l'augmentation de la distance du plant de tomate infesté au point de lâcher (ρ= -0,20 ; p=8,05x10^{-7}) (Figure 4). Lorsque les souches sont considérées sans la référence *T. achaeae,* cette corrélation négative est également significative (ρ= -0,23 et p=5,0x10^{-7}). Des différences significatives sont observées entre les taux de parasitismes sur les plants 9 et 2 (0,5 et 3,95m), 9 et 15 (0,5 et 3,4m), 6 et 2 (1,3 et 3,95m) ainsi que sur les plants 6 et 15 (1,3 et 3,4m) (p<0,05), pour l'ensemble des souches sans *T. achaeae* (Figures 1 et 4).

En revanche pour *T. achaeae*, le taux de parasitisme sur le plant infesté n'est pas significativement corrélée avec la distance au point de lâcher (ρ= -0,12 ; p=0,13) (Fig. 8). Il n'existe aucune différence significative entre les taux de parasitisme de *T. achaeae* observés en fonction des plants étudiés.

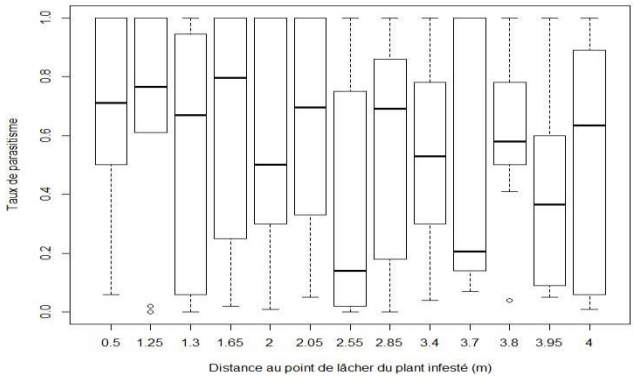

Figure 3. Taux de parasitisme des souches de trichogrammes (*T. achaeae* exclue) obtenus en serres expérimentales, en fonction de la distance du plant de tomate infesté au point de lâcher des trichogrammes (toutes séries confondues, n=15 avec 1 à 5 répétitions par souche).

Parasitism rates of Trichogramma strains, (*T. achaeae* non included) obtained during experiments in greenhouses, depending on the distance of the infested tomato plant to the point of release of Trichogramma. (all series combined, n=15 with 1 to 5 repetition per strain).

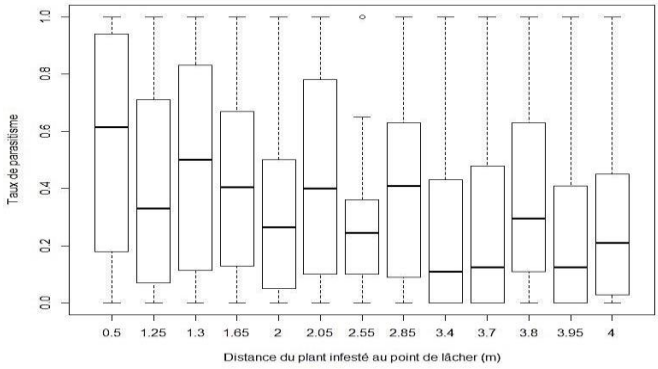

Figure 4. Taux de parasitisme de la souche de référence *T. achaeae*, obtenus en serres expérimentales, en fonction de la distance du plant de tomate infesté au point de lâcher des trichogrammes (toutes séries confondues). Classement en fonction de la moyenne des plants.
Parasitism rates of Trichogramma referens *T. achaeae,* obtained during experiments in greenhouses, depending on the distance of the infested tomato plant to the point of release of Trichogramma (all series combined). Order according to the mean of plants.

DISCUSSION

PERFORMANCE DES SOUCHES

Parmi les souches testées, 4 ont un taux de parasitisme équivalent à *T. achaeae* (CQ) et peuvent constituer des alternatives à *T. achaeae* pour le contrôle de *T. absoluta*. Surtout celles pouvant être élevées facilement sur des œufs d'*E. kuehniella* (taux de parasitisme élevé sur cet hôte de substitution, adultes émergeants de bonne qualité), ayant des possibilités de ralentissement de développement (diapause pouvant permettre le stockage au froid par exemple) et donc un coût de production inférieur à *T. achaeae*. Suite à la modification de la législation concernant l'introduction de souches exotiques (décret 2012-140), il est préférable de choisir des souches indigènes. Cependant, si aucune alternative n'est possible, une demande de dérogation peut être effectuée pour une souche exotique.

EFFET DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

La corrélation positive entre le taux de parasitisme des trichogrammes de l'ensemble des souches et la température moyenne du jour indique que, comme la plupart des insectes, leur activité est augmentée par l'élévation de la température. En effet, Suverkropp *et al.* (2010) ont montré que le temps de recherche des œufs *d'Ostrinia nubilalis* par les trichogrammes était environ deux fois plus court à 25°C qu'à 18°C. De plus, il existe aussi une corrélation positive entre le taux de parasitisme des trichogrammes des différentes souches et l'humidité relative dans le compartiment. En effet, des humidités relatives entre 60 et 80% entrainent un taux d'émergence supérieur des trichogrammes lâchés et ils sont de meilleure qualité avec une augmentation de leur fécondité (Calvin *et al.*, 1984 ; Gross, 1988). La corrélation positive entre le taux de parasitisme et l'avancement dans les séries au cours du temps est certainement en partie expliquée par l'augmentation des températures moyennes du jour et de l'humidité relative (Suverkopp *et al.*, 2010). La baisse significative du taux de parasitisme pendant les séries 2 et 3 correspond à une forte chute des températures moyennes du jour. De plus, au cours de l'avancement dans la saison, la photopériode et l'intensité lumineuse ont augmenté. Les trichogrammes ayant un comportement exclusivement diurne, l'augmentation de la photopériode leur permet d'avoir plus de temps pour parasiter les œufs du ravageur. L'augmentation de l'intensité lumineuse a aussi un effet positif sur l'activité et le taux de parasitisme des trichogrammes (Costas, 1951).

De par l'interaction entre les facteurs « température » et « tailles des plants sains », il ne semble pas y avoir d'effet de la taille des plants non infestés sur la performance des trichogrammes. En effet, il n'y a pas de différences entre les taux de parasitisme de trichogrammes entre les séries 1 et 4 où les plants sains sont petits et grands respectivement. De même, les taux de parasitisme obtenus pendant les séries 2 et 3 sont comparables malgré les tailles différentes de plants non infestés. En revanche il y a une différence significative entre les taux de parasitisme observés entre d'une part les séries 1 et 4 et d'autre part les séries 2 et 3. Bien que plusieurs études montrent que l'augmentation de la hauteur et de la surface foliaire entraine une diminution du parasitisme (Ables *et al.*, 1980 ; Wang *et al.*, 1997), les conditions climatiques ont certainement eu une influence bien plus forte sur l'activité des trichogrammes que la structure des plants.

EFFET DE LA DISTANCE AU POINT DE LACHER DES TRICHOGRAMMES

Le taux de parasitisme des souches de trichogrammes (avec ou sans *T. achaeae*) diminue avec la distance au point de lâcher en fonction de la capacité de dispersion de ces parasitoïdes. Le taux de parasitisme est corrélé négativement avec la distance au point d'émergence des adultes. En revanche le taux de parasitisme de *T. achaeae* seul ne diminue pas significativement en s'éloignant du point de lâcher, dans cette expérience. Il semblerait que la distance de dispersion moyenne de cette espèce soit supérieure à 4m (distance maximale d'un plant infesté au point de lâcher). Pour les autres souches testées en serre, il semble que la distance de dispersion moyenne soit plutôt inférieure aux dimensions du compartiment. Pour les autres souches que *T. achaeae*, des différences significatives entre les taux de parasitisme des plants infestés à différentes distances n'ont été mises en évidence qu'entre des plants parmi les plus proches du point de lâcher (plants n°6 et 9, Figure 1) et les plants les plus éloignés du point de lâcher, mais toujours situés du côté du compartiment où se trouve le système de ventilation (plants n°2 et 15) (Figure 1). C'est donc l'association de distances importantes au point de lâcher (3,95 et 3,4m) et un déplacement à contre vent qui limite l'accès des trichogrammes à ces plants avec une réduction de leur taux de parasitisme.

PERSPECTIVES POUR LA PROTECTION BIOLOGIQUE CONTRE *T. ABSOLUTA*

Les expériences en serre ont montré que plusieurs souches autochtones ont une efficacité comparable à celle de *T. achaeae*. Le témoin *T. achaeae* est environ 1,3 fois plus cher à produire que les autres espèces (Do Thi Khanh *et al*., 2012). Il est donc envisageable de lâcher pour un même coût 30% de plus d'individus des souches autochtones afin d'obtenir des résultats comparables voire supérieurs à *T. achaeae*. Deux séries d'essais en serres expérimentales sur le centre Ctifl de Balandran, ont été réalisées en 2013, selon un protocole similaire à celui présenté ici, avec une souche collectée, choisie parmi les plus efficaces et introduite à une dose supérieure de 30%. L'augmentation du nombre de trichogrammes lâchés n'a pas entraîné une augmentation significative de leur taux moyen de parasitisme dans les conditions de l'essai (Ctifl, données non publiées). Ces résultats et l'absence d'effet de la distance au point de lâcher sur le parasitisme de *T. achaeae* contrairement aux autres souches, suggèrent que l'efficacité supérieure de *T. achaeae* pourrait provenir d'une meilleure dispersion (Tabone *et al*., 2012).

Lors de prochaines expériences en serre, il serait intéressant de récupérer des données tel le pattern de ponte de *T. absoluta* sur les plants de tomates et celui de l'oviposition des trichogrammes des différentes souches. En effet, cela permettrait de mieux comprendre le comportement du ravageur et celui des auxiliaires et d'optimiser les méthodes de lâcher de ces derniers. En effet, le pattern de ponte de l'hôte est primordial dans la préférence et l'efficacité des trichogrammes (Wajnberg *et al.*, 2003 ; Faria *et al.*, 2008 ; Chailleux *et al.*, 2012). De plus la structure de la plante hôte (la présence et la densité des trichomes par exemple) a aussi une influence sur le comportement de recherche et les déplacements des parasitoïdes, donc sur leur taux de parasitisme (Kashyap *et al.*, 1991 ; Romeis *et al.*, 1997 et 1998 ; Faria *et al.*, 2008 ; Tabone 2010). Par exemple, Faria *et al.* (2008) ont observé que l'apex des plants de tomates constituait une zone refuge pour les œufs du ravageur par rapport au parasitisme de *T. pretiosum*. En effet, les œufs du ravageur pondus sur l'apex de la plante ne sont jamais parasités

par les femelles de *T. pretiosum* en raison de la plus forte densité de trichomes (ralentissant les déplacements des trichogrammes et pouvant les piéger par leur exsudat) sur cette partie de la plante.

CONCLUSION

Dans le cadre du projet TutaPI, ces essais en serres expérimentales font suite aux expériences en tubes et en mésocosmes effectuées par le Laboratoire Biocontrôle de l'INRA PACA. Deux étapes préliminaires ont permis de choisir 9 nouvelles souches (en plus de *T. achaeae*) avec le meilleur potentiel contre *T. absoluta*. Les expériences en serre réalisées par le Ctifl, ont permis de tester la performance des souches choisies dans des conditions plus proches de celles de la production. Quatre des souches ayant un taux non significativement différent de *T. achaeae* pourraient représenter une alternative intéressante.

Lors de ces expériences, plusieurs conditions expérimentales ont influencé le comportement et la performance des trichogrammes. La distance, entre le point de lâcher des auxiliaires et les plants infestés (comprise entre 0,5 et 3,95 m), est corrélée négativement avec le taux de parasitisme de l'ensemble des souches. En revanche, le taux de parasitisme du témoin *T. achaeae* n'est pas influencé par la distance entre le point de lâcher et les plantes infestées. Ces capacités de dispersion supérieures pourraient être à l'origine de la performance de cette souche. Les souches autochtones, avec un taux de parasitisme comparable à celui de *T. achaeae*, semblent avoir une dispersion plus faible. Des stratégies de lâchers adaptées avec des points plus rapprochées pourraient en faire des alternatives au moins aussi efficaces que *T. achaeae*. De plus, si ces souches ont un coût de production inférieur, cela pourrait permettre de compenser l'augmentation des coûts de lâchers. Afin de compléter ces observations, une étude fondamentale de la dispersion des souches en laboratoire est en cours.

REMERCIEMENTS

Le projet CASDAR TutaPI a été financé avec le concours du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et labellisé PicLég, Pôle européen PEIFL, RMT DévAB

Merci aux différents partenaires associés à ce projet : A. Chailleux et N. Desneux de l'INRA PACA (TEAPEA), M. Goude et A. Lefèvre de l'INRA UE Alénya-Roussillon, J. Séguret et M. Giraud de la société IAS, J. Lambion du GRAB, C. Goillon et A. Ginez de l'APREL, A. Terrentroy de la Chambre d'Agriculture des BdR, F. Rey de l'ITAB.

BIBLIOGRAPHIE

Ables J. R., McCommas D. W., Jones S. L., Morrison R. K., 1980. Effect of cotton plant size, host egg location, and location of parasite release on parasitism by Trichogramma pretiosum. *Southwestern Entomologist* **5** (4): 261-264.

Badendreier D., Kuske S., Bigler F., 2003. Non-target host acceptance and parasitism by *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in the laboratory. *Biological Control* **26**: 128-138.

Batalla-Carrera L., Morton A., Garcìa-del-Pino F., 2010. Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tomato leafminer *Tuta absoluta* in laboratory and greenhouse conditions. *BioControl* **55**: 523-530.

Cabello T., Gallego J.R., Vila E., Soler A., Del Pino M., Carnero A., Hernandez-Suarez E., Polaszek A., 2009. Biological control of the South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in tomato greenhouse of Spain. Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate, **49**: 225-230.

Calvin D. D.; Knapp M. C.; Welch S. M.; Poston F. L.; Elzinga R. J., 1984. Impact of Environmental Factors on *Trichogramma pretiosum* Reared on Southwestern Corn Borer Eggs. *Environmental Entomology*, v.13, **3** : 774-780.

Castelo Branco, M. & França, F.H. 1993. Avaliação da suscetibilidade de três populações de *Scrobipalpuloides absoluta* a Cartap.*Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 11, n. 1, p. 32-34.

Chailleux A., Desneux N., Seguret J., Do Thi Khanh H., Maignet P., Tabone E., 2012. Assessing European egg parasitoids as a mean of controlling the invasive South American tomato pinworm *Tuta absoluta*. *Plos One* **7** (10): 1-8.
Desneux N., Wajnberg E., Wyckhuys K.A.G., Burgio G., Arpaia S., Narvaez-Vasquez C.A., Gonzalez-Cabrera J., Catalan Ruescas D., Tabone E., Frandon J., Pizzol J., Poncet C., Cabello T., Urbaneja A., 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science* **83**: 197-215.
Do Thi Khanh H., Bonnet A., Bodendörfer J., Colombel E., Marquier M., Goebel F., Tabone E., 2011. Capacité de résistance au froid chez *Trichogramma Chilonis*. *Entomologie faunistique* **63** (3): 183-189.
Do Thi Khanh H., Chailleux A., Tiradon M., Desneux N., Colombel E., Tabone E., 2012. Using new egg parasitoids (*Trichogramma spp*.) to improve integrated management against *Tuta absoluta*. *EPPO Bulletin* **42** (2): 249-254.
FAO (Food and Agriculture Organization) http://faostat.fao.org/
Faria C.A., Torres J.B., Fernandes A.M.V., Farias A.M.I., 2008. Parasitism of *Tuta absoluta* in tomato plants by *Trichogramma pretiosum* Riley in response to host density and plant structures. *Ciência Rural* **38**: 1504-1509.
Ferreira F.T.R., Vendramim J.D., Forim M.R., 2012. Bioactivity of neem nanoformulations on tomato pinworm. *Ciênca Rural* **42** (8): 1347- 1353.
Frandon J., Séguret J., Desneux N., Tabone E., 2010. Un nouvel auxiliaire contre *Tuta absoluta*. *Phytoma* **634** : 9-12.
Germain J.F., Lacordaire A.I., Cocquempot C., Ramel J.M., Oudard E., 2009. Un nouveau ravageur de la tomate en France : *Tuta absoluta*. *PHM-Revue Horticole*, **512**: 37-41.
Gonzàlez-Cabrera J., Mollà O., Monton H., Urbaneja A., 2011. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *BioControl* **56**: 71-80
Gross, P. 1988. Behaviors and morphological structures that decrease insect vulnerability to parasitoids. *Proceedings of the 18th International Congress of Entomology* in Vancouver, p. 158.
Kashyap R.K., Kennedy G.G., Farrar R.R., 1991. Behavioral response of *Trichogramma pretiosum* Riley and *Telenomus sphingis* (ashmead) to trichome/methyl ketone mediated resistance in tomato. *Journal of Chemicals Ecology* **17** (3): 543-556.
Lacordaire A.I., Feuvrier E., 2010. Tomate, Traquer *Tuta absoluta*. *Phytoma* **632**: 52-57.
Lietti M.M.M., Botto E., Alzogaray R.A., 2005. Insecticide resistance in Argentine population of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology* **34** (1): 113-118.
Pereyra P.C., Sanchez N.E., 2006. Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology* **35** (5): 671-676.
Polaszek A., Rugman-Jones P.F., Stouthamer R., Hernandez-Suarez E., Cabello T., del Pino Pérez M., 2012. Molecular and morphological diagnoses of five species of *Trichogramma*: biological control agents of *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Canary Islands. *BioControl* **57**: 21-35
Romeis J., Shanower T.G., Zebitz C.P.W., 1997. Volatile plant infochemicals mediate plant preference of *Trichogramma chilonis*. *Journal of Chemicals Ecology* **23** (11): 2455-2465.
Romeis J., Shanower T.G., Zebitz C.P.W., 1998. Physical and chemical plant characters inhibiting the searching behavior of *Trichogramma chilonis*. *Entomologia Experiementalis et Applicata* **87**: 275-284.
Séguret J., Frandon J., Lespinasse P., 2011. *Tuta absoluta* sur tomate l'appui du trichogramme. Phytoma **642**: 26-28
Soula B., Goebel F.R., Caplong P., Karimjee H., Tibere R., Tabone E., 2003. *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as biological control agent of *Chilo sacchariphagus* (Lepidoptera: Crambidae) in Reunion Island: initial field trials. *Proceedings of the South African Sugar Association* **77**: 278-283
Suverkropp B.P., Bigler F., Van Lenteren J.C., 2010. Movement and host finding of *Trichogramma brassicae* on maize plants. *Bulletin of Insectology* **63** (1): 115-127.

Tabone E., Bardon C., Desneux N., Wajnberg E. 2010. Parasitism of different Trichogramma species and strains on *Plutella xylostella* L. on greenhouse cauliflower. *Journal of Pest Sciences*. **83**: 251-256.
Tabone E., Do Thi Khanh H., Bodendörfer J., Rey F., 2012. Contre *Tuta absoluta*, vive la protection intégrée. *Phytoma* **650**: 45-47.
Tabone E, Bardon C, Desneux N. 2012. Study of dispersal as a selection criterion for Trichogrammatidae for biological control in cauliflower greenhouses . *Acta Horticulturae* **927** : 227-235.
Tropea Garzia G., Siscaro G., Biondi A., Zappala L., 2012. *Tuta absoluta* a South American pest of tomato now in the EPPO region: biology, distribution and damage. *EPPO Bulletin* **42**: 205-210.
Trottin-Caudal Y., Baffert V., Leyre J.M., Hulas N. 2012. Experimental studies on *Tuta absoluta* (Meyrick) in protected tomato crops in France: biological control and integrated crop protection *Bulletin OEPP/EPPO* (2012) 42 (2), 234–240
Urbaneja A, Vercher R, Navarro V, Porcuna JL, García-Marí F, 2007. La polilla del tomate, *Tuta absoluta. Phytoma Esp.,* **194**, 16–24
Urbaneja A., Monton H., Mollà O., 2009. Suitability of the tomato borer Tuta absoluta as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *Journal of Applied Entomology* **133**: 292-296.
Wajnberg E., Gonsard P.A., Tabone E., Curty C., Lezcano N., Colazza S., 2003. A comparative analysis of patch-leaving decision rules in a parasitoid family. *Journal of Animal Ecology* **72**: 618-626.
Wang B., Ferro D.N., Hosmer D.W., 1997. Importance of plant size, distribution of egg masses, and weather conditions on egg parasitism of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* by *Trichogramma ostriniae* in sweet corn. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **83** (3): 337-345.
http://agriculture.gouv.fr/ecophyto