Innovations agronomiques 32 (2013), 351-363

Hétérogénéité de la colonisation des cultures maraîchères sous abri par les auxiliaires indigènes : rôle de la conduite des cultures et de leur environnement paysager.

Aviron S.[1], Perraudin M.[2], Redondo S.[2], Varennes Y.-D.[2], Lefèvre A.[2]

[1] INRA SAD-Paysage, 65 rue de St-Brieuc CS 84215, F-35042 Rennes Cedex,

[2] INRA UE Alénya Roussillon, Mas Blanc, F-66200 Alénya

Correspondance : Stephanie.Aviron@rennes.inra.fr, Amelie.Lefevre@supagro.inra.fr

Résumé

La régulation des ravageurs par leurs ennemis naturels est une stratégie alternative de protection des cultures dans les systèmes maraîchers biologiques. En région méditerranéenne, les punaises mirides indigènes (Heteroptera: Miridae) colonisent spontanément les cultures sous abri, et peuvent jouer un rôle important pour le contrôle des ravageurs. Ce processus de régulation reste cependant très hétérogène d'une parcelle à une autre et peu fiable. Cette étude est réalisée dans le cadre du projet REGABRI, dont l'objectif est d'identifier les facteurs de la colonisation des cultures de tomate en agricultures biologique et conventionnelle par les mirides dans le Roussillon. Un premier suivi en 2010-2011 sur 34 cultures de tomates a montré que les abondances de mirides au sein des abris varient selon la conduite des cultures, et les caractéristiques du paysage environnant (100m à 200m). Un deuxième suivi en 2012 a permis d'identifier des éléments non cultivés et cultivés dans l'environnement des abris, susceptibles de favoriser (habitats sources) ou de réduire (effets dilution et puits) la colonisation des cultures par les mirides. Ces résultats montrent qu'une approche systémique, considérant les échelles de la parcelle, du système de culture et du paysage, est nécessaire pour optimiser la régulation naturelle des ravageurs en maraîchage sous abri.

Mots-clés: régulation naturelle des ravageurs, diversité de pratiques, composition paysagère, Miridae, lutte biologique.

Abstract:Heterogeneity of protected crop colonization by beneficial insects: role of crop management and landscape context

Enhancing insect pest control by their natural enemies is considered as a promising crop protection strategy in organic vegetable production systems. In Mediterranean areas, native natural enemies such as mirid bugs (Heteroptera: Miridae) settle spontaneously in protected vegetable crops and can play an important rolefor pest regulation, which remains however very heterogeneous from field to field and hardly predictable. The present study is part of the project REGABRI, which aims at identifying key factors of colonization of organic and conventional protected tomato crops by mirid bugs in Roussillon area. A first survey in 2010-2011 on 34 crops showed that mirids abundances in crops vary according to management practices and landscape features in the crops surroundings (100m to 200m). A second survey in 2012 made it possible to identify uncultivated or cultivated elements in the crops surroundings, that might enhance (source habitats) or on the contrary reduce (dilution and sink effects) tomato crops colonization by mirids. These results showed that a systemic approach, considering the field, the cropping systems as well as the landscape scale, is needed to optimize conservation biological control on protected vegetable systems.

Keywords: natural pest regulation, practices diversity, landscape composition, Miridae.

1. Introduction

1.1 Intérêt de la lutte biologique par conservation en maraîchage sous abri

Les cultures maraîchères sous abri sont soumises à la pression forte de divers bioagresseurs qui peuvent causer des dégâts majeurs directs ou indirects (fumagine, transmission de virus) aux cultures. Dans le sud de la France, ces problèmes sanitaires ont récemment été accrus avec l'arrivée et l'installation de nouvelles espèces de ravageurs telles que *Bemisia tabaci* depuis 2002 ou *Tuta absoluta* depuis 2009 (Desneux *et al*., 2011 ; Trottin-Caudal *et al*., 2011). Dans les systèmes de production sous le cahier des charges de l'Agriculture Biologique (AB), les producteurs sont ainsi confrontés au défi de maintenir l'état sanitaire de leurs cultures sans recours aux pesticides de synthèse. Il est alors préconisé de mettre en œuvre une stratégie de protection intégrée (Ferron *et al*., 2005; Lucas 2007) visant à combiner un ensemble de leviers (biologiques, physiques, génétiques…) pour empêcher l'établissement des populations de bioagresseurs au sein des cultures et rendre celles-ci moins vulnérables aux dégâts qu'ils pourraient occasionner. Dans ce cadre, la lutte biologique par inoculation, consistant à lâcher des organismes prédateurs ou parasitoïdes des ravageurs, est de plus en plus utilisée. Cependant, le recours à cette méthode présente certaines limites socio-techniques et économiques notamment liées aux coûts de mise en œuvre, de technicité ou de disponibilité de techniques efficaces (Nicot 2008; Brismontier *et al*., 2009). La lutte biologique par conservation, qui consiste à modifier les aménagements paysagers ou les pratiques culturales pour favoriser les ennemis des ravageurs naturellement présents dans l'environnement des abris, peut constituer un levier d'action complémentaire dans les structures sans filet anti-insectes. L'efficacité de cette régulation biologique naturelle repose sur une colonisation suffisamment précoce et importante des cultures, afin d'éviter la pullulation des ravageurs avant qu'ils n'occasionnent des dommages sur les productions. On peut supposer que ce phénomène sera favorisé dans les systèmes en AB, du fait de l'absence de traitements phytosanitaires de synthèse (Drinkwater *et al*., 1995; Letourneau *et al*., 2001) et sous climat méditerranéen, propice au développement d'une faune auxiliaire indigène diversifiée et abondante.

1.2 Hétérogénéité de la régulation naturelle des ravageursen maraîchage sous abri froid

En région méditerranéenne, les abris plastiques non chauffés (*e.g*. tunnel, chapelle) sont particulièrement favorables à la colonisation des cultures maraîchères par des auxiliaires indigènes entrant par les ouvrants, portes ou trous de ces structures. Dans les bassins de production du sud de la France, les producteurs témoignent ainsi d'une colonisation parfois importante des abris par diverses espèces de punaises mirides indigènes (Heteroptera: Miridae), des genres *Dicyphus* (*D. tamaninii* et *D. errans*), *Macrolophus* (*M. pygmaeus*, *M. melanotoma*) ou *Nesidiocoris* (*N. tenuis*). Ces insectes prédateurs polyphages, dont certaines espèces sont utilisées en lutte biologique par inoculation (par ex. en France *M.pygmaeus*), sont reconnus comme des agents efficaces de lutte contre divers ravageurs majeurs des solanacées (Perdikis *et al*., 2008 ; Trottin-Caudal *et al*., 2011). Dans certains cas, la régulation naturelle réalisée par les mirides intervient en complément voire en substitution des lâchers de parasitoïdes et/ou de prédateurs, lorsque les entrées de mirides dans les abris sont suffisamment précoces et conséquentes.

Dans la pratique, le processus de colonisation des abris par ces insectes s'avère toutefois être une performance du système particulièrement hétérogène (com. pers. 2009 - maraîchers, expérimentateurs et techniciens du Roussillon et région PACA). En effet, la date et l'intensité de cette colonisation peuvent fortement varier d'un site de production à un autre, voire d'un abri à un autre au sein d'un même site de production. Cette variabilité reste difficile à expliquer, les connaissances des facteurs pouvant influencer l'entrée des punaises mirides dans les systèmes maraîchers restant encore fragmentaires. Certains travaux ont toutefois mis en évidence les effets défavorables de l'utilisation intensive de traitements insecticides (Arnó *et al*., 2011 ; Biondi *et al.,* 2012) et de certaines pratiques

d'entretien des plantes (*e.g.* effeuillage sur tomate ; Bonato *et al*., 2007) sur le maintien des populations d'auxiliaires au sein des abris. Quelques études se sont intéressées plus spécifiquement au rôle des caractéristiques de l'environnement des abris. Elles montrent que leur colonisation par les mirides semble favorisée par la présence, dans le pourtour immédiat des abris (25 à 75m), de ressources alimentaires complémentaires, de zones de reproduction et de zones refuges présentant des plantes hôtes cultivées et non cultivées spécifiques (Gabarra *et al*., 2004 ; Lykouressis *et al.,* 2008; Lambion, 2012). La disponibilité variable des plantes hôtes non cultivées à une échelle spatiale plus large pourrait alors expliquer les différences de populations observées d'un site à un autre (Ingegno *et al*., 2009). Cependant, la contribution de l'environnement paysager des abris au processus de colonisation des cultures par les mirides reste peu documentée, en particulier à des échelles spatiales dépassant celles de l'environnement immédiat des abris. D'une manière générale, des lacunes subsistent concernant l'écologie de ces insectes dans leurs habitats en dehors des abris, leur capacité de dispersion, et le processus même de colonisation des systèmes maraîchers (Perdikis *et al*., 2011).

1.3 Identifier les facteurs de variabilité de la colonisation des cultures sous abri par les auxiliaires

La régulation naturelle des ravageurs par les mirides demeure donc un processus difficilement mobilisable par les producteurs, malgré un intérêt reconnu de ces organismes par les professionnels de la filière maraîchère. Afin de pouvoir identifier des leviers d'action potentiels pour l'amélioration du contrôle naturel des ravageurs, il est indispensable d'identifier les facteurs qui contraignent ce processus. Dans ce contexte, le projet REGABRI, porté par l'unité expérimentale INRA d'Alénya Roussillon, visait à apporter des connaissances sur les facteurs techniques et paysagers susceptibles d'influencer la colonisation des cultures sous abri par les punaises mirides. Le système étudié était celui de la culture de tomate de pleine terre sous abris dits légers (tunnel, multi-tunnel, chapelle ou multichapelle), qui représente une part importante de la production en région Languedoc Roussillon. Le créneau de production correspond aux productions de tomate non chauffée du sud méditerranéen français (plantation mars – avril). Le projet, mené sur trois années, a été organisé en deux volets complémentaires dont les objectifs étaient les suivants :

(1) Evaluer les relations entre le processus de colonisation, le mode de conduite des cultures localement, et les caractéristiques de l'environnement paysager des abris à des échelles spatiales dépassant celle de leur pourtour immédiat (approche corrélative, 2010 et 2011).

(2) Evaluer plus finement la présence effective des auxiliaires au sein des cultures et/ou éléments non cultivés dans l'environnement des abris, identifiés comme d'intérêt potentiel en (1), et en caractériser la fonctionnalité écologique pour les mirides (approche fonctionnelle, 2012).

Dans cet article, les premiers résultats des deux volets du projet sont présentés.

2. Evaluation des effets des modes de conduite des cultures et de l'environnement paysager des abris

2.1 Méthodes

Afin d'évaluer les effets des facteurs techniques et paysagers sur la colonisation des cultures de tomate par les mirides, un échantillonnage stratifié a été développé suivant les principes méthodologiques du diagnostic régional (Doré *et al*., 2008). Un échantillon de sites de production maraîchère a ainsi été construit selon deux critères :

(i) les sites représentaient une diversité de situations paysagères, en termes de surfaces en éléments non cultivés ou semi-naturels (12% à 68% des surfaces des zones étudiées), éléments supposés favorables aux mirides indigènes.

(ii) L'échantillon comprenait un maximum d'exploitations sous cahier des charges de l'AB, afin d'éviter que les effets paysagers ne soient masqués par des effets liés à des différences fortes de pratiques d'utilisation des traitements chimiques entre AB et conventionnel.

L'échantillon final comprenait 34 parcelles de tomate (26 en AB et 8 en conventionnel) sur les deux années de suivi (14 en 2010, 20 en 2011), réparties sur 22 sites de production. Trois types d'échantillonnages ont été réalisés sur ces parcelles :

- Suivi des cortèges de ravageurs et de leurs ennemis naturels :

La méthode d'observation développée permettait de décrire les abondances des insectes (ou classes d'abondances des ravageurs), leur répartition au sein des cultures, et l'évolution de leurs populations au cours de la saison de culture, sans destruction des plantes ni prélèvement ou piégeage des organismes étudiés.

- Suivi des pratiques culturales adoptées par les producteurs :

La diversité des interventions culturales mises en œuvre (protection et entretien des cultures, gestion de l'abri et de ses abords immédiats) a été décrite au moyen d'enquêtes, complétées par des observations des cultures.

- Caractérisation de l'environnement paysager des abris :

Les surfaces de différents types d'occupations du sol ont été cartographiées dans un rayon de 200 mètres autour des abris au moyen des Systèmes d'Information Géographique. Les neuf types d'occupations du sol, définis sur la base d'hypothèses écologiques issues de la littérature, distinguaient les éléments non cultivés selon leur caractère herbacé, rudéral, ou boisé, ainsi que les différents types de cultures présentes sur les sites. En l'absence de connaissances sur l'écologie des espèces étudiées, différentes échelles spatiales ou étendues autour des abris ont été analysées (50 m, 100 m, 200 m) afin de rendre compte dans la mesure du possible des capacités de dispersion des insectes étudiés.

Pour chaque échelle paysagère (50 m, 100 m, 200 m), une analyse a été menée afin de mettre en relation les abondances des adultes et larves de mirides au sein des abris avec (i) les abondances des proies (ravageurs) sur les cultures, (ii) les types de pratiques mises en œuvre, et (iii) les proportions des différentes occupations du sol environnant les abris.

2.2 Résultats

2.2.1 Variabilité de la pression d'infestation de ravageurs et des populations d'auxiliaires entre sites de production

Les observations d'insectes réalisées en 2010 au sein des parcelles étudiées ont révélé que le cortège d'auxiliaires présents est peu diversifié. Il se caractérise par une dominance des punaises mirides prédatrices (principalement du genre *Macrolophus* sp., puis *Dicyphus* sp.). Les autres auxiliaires potentiels (cécidomyies prédatrices de pucerons, et parasitoïdes de pucerons et d'aleurodes) étant très rares dans les cultures en 2010, les suivis de 2011 ont été retreints aux punaises mirides.Le pool de ravageurs aériens détectés est essentiellement composé d'aleurodes (adultes et puparium), de *Tuta absoluta* puis, dans une moindre mesure, de pucerons et d'acariens tétranyques (Figure 1A). Tous ces ravageurs sont des proies potentielles des punaises mirides, qui se nourrissent de stades larvaires d'aleurodes, de pucerons, et d'acariens (Goula *et al*., 1994; Riudavets *et al*., 1998 ; Gabarra *et al*., 2004; Perdikis *et al*., 2008; Lykouressis *et al*., 2008),ainsi que d'œufs et larves de *T. absoluta* (Desneux *et al*., 2011).

Les résultats confirment le constat fait par les producteurs et techniciens d'une forte hétérogénéité du processus de colonisation des abris par les mirides (stades adultes) et d'installation de leurs populations (stades larvaires) au sein des cultures (Figure 1B). Cette hétérogénéité est visible aussi

bien dans le temps (dates de première entrée et d'installation, évolution du nombre d'individus détectés par plante et par semaine dans chaque parcelle) que dans l'espace (entre sites de production et entre parcelles d'un même site ; Figure 1B). Il n'y a cependant pas de lien entre le niveau des populations de mirides et les pressions d'infestations au sein des abris (Figure 1), ce qui suggère que la variabilité des populations d'auxiliaires entre sites de production est liée à des facteurs autres que la disponibilité en proies pour ces insectes.

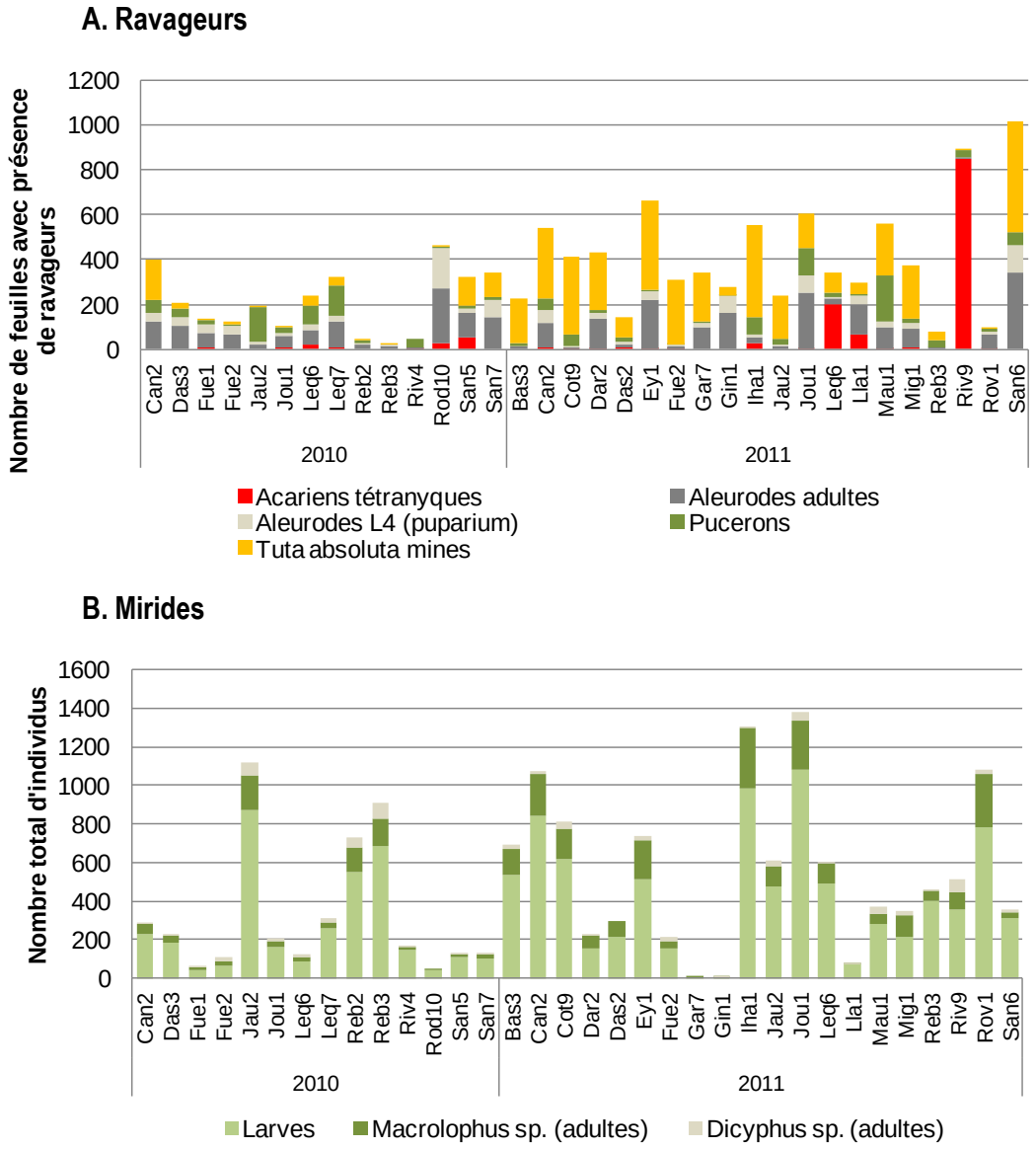


Figure 1 : Variabilité entre parcelles et par année de suivi (2010 et 2011) des occurrences des divers ravageurs (A) et de l'abondance des mirides (larves et adultes) (B).

2.2.2 Variabilité des populations d'auxiliaires et diversité des modes de conduite des cultures

Les analyses des pratiques culturales mises en œuvre sur les cultures de tomate suivies révèlent une diversité de modes de conduites des cultures adoptés par les producteurs, qui se décline selon deux gradients :

- Un premier gradient de pratiques de traitements contre les bioagresseurs (notamment *T. absoluta* en 2011), distinguant clairement les cultures sous cahier des charges AB et celles en conventionnel : dans les systèmes conventionnels étudiés, les exploitants ont recours à de nombreux traitements chimiques (fongicides, insecticides) ainsi qu'au Spinosad, un anti-lépidoptère pourtant homologué en AB ; à l'inverse, les exploitants en AB privilégient la lutte biologique par inoculation (nombreux lâchers de *Trichogramma achaeae* et *M. pygmaeus)* et des traitements répétés de *Bacillus thuringiensis Bt,* sans utilisation de Spinosad le plus souvent ; certaines parcelles sous cahier des charges AB et conventionnel présentent toutefois des pratiques similaires.

- Un deuxième gradient d'intensification des interventions sur les cultures (traitements et pratiques d'entretien des plantes), observé aussi bien chez les exploitants en AB que ceux en conventionnel: ce gradient distingue des stratégies très interventionnistes de traitements ou d'entretien des plantes (nombreux traitements contre les bioagresseurs ; effeuillage et ébourgeonnages fréquents) sur des cultures plantées tôt et souvent sous chapelle, à des stratégies peu interventionnistes avec implantation tardive des cultures et essentiellement sous tunnel.

Cette diversité de pratiques explique en partie la variabilité des niveaux de populations de mirides d'une culture de tomate à une autre, en particulier pour les mirides du genre *Macrolophus* (Tableau 1). Ainsi, l'entrée (abondance des adultes) et l'installation des punaises (abondances des larves) au sein des cultures diminuent fortement avec l'intensification des traitements des cultures contre les ravageurs, en lien avec le cahier des charges adopté (AB / conventionnel) (gradient 1)(Figure 2A).Cette réduction peut s'expliquer par les effets négatifs connus des insecticides et fongicides sur la survie des mirides, ou encore du Spinosad sur leur succès de reproduction (Tedeschi *et al*. 2002; Arnó et Gabarra 2011). Au contraire, les traitements *Bt* privilégiés en AB n'ont pas ces effets directs sur les mirides.

Tableau 1 : Variables techniques et paysagères ayant un effet significatif sur les abondances de mirides en fonction des échelles paysagères considérées (50 m, 100 m, 200 m autour des abris) (statistiques : modèles linéaires mixtes).

	Modèle statistique		
	Paysage : 50 m	Paysage : 100 m	Paysage : 200 m
Macrolophus sp.	Gradient de pratiques 1 Gradient de pratiques 2	% de surfaces de végétation spontanée	% de surfaces de végétation spontanée
Dicyphus sp.	*Pas de facteur significatif*	*Pas de facteu rsignificatif*	% de surfaces de vergers enherbés
Larves	Gradient de pratiques 1 Gradient de pratiques 2	Gradient de pratiques 1 Gradient de pratiques 2	Gradient de pratiques 1 Gradient de pratiques 2

Cela confirme donc que les systèmes ayant recours aux pesticides de synthèse sont plus défavorables à la faune auxiliaire (Yardim *et al*., 1998 ; Tedeschi *et al*., 2002), en particulier en comparaison des systèmes sous le cahier des charges de l'AB (Bengtsson *et al*., 2005 ; Zehnder *et al*., 2007 ; Letourneau *et al.,* 2008). Cependant, les résultats montrent que certaines pratiques, adoptées aussi bien en AB qu'en conventionnel, semblent également impacter les populations de mirides au sein des cultures. En particulier, des interventions répétées sur les plantes (gradient 2) sont défavorables à la présence des *Macrolophus* adultes et au développement des larves au sein des cultures (Figure 2B). Ces pratiques sont connues pour compromettre ou ralentir le développement de la faune auxiliaire sur cultures de tomate (Bonato *et al*., 2007). Les mirides du genre *Dicyphus* ne répondent pas aux types de conduite des cultures, sans doute car ils étaient peu abondants au sein des cultures étudiées.

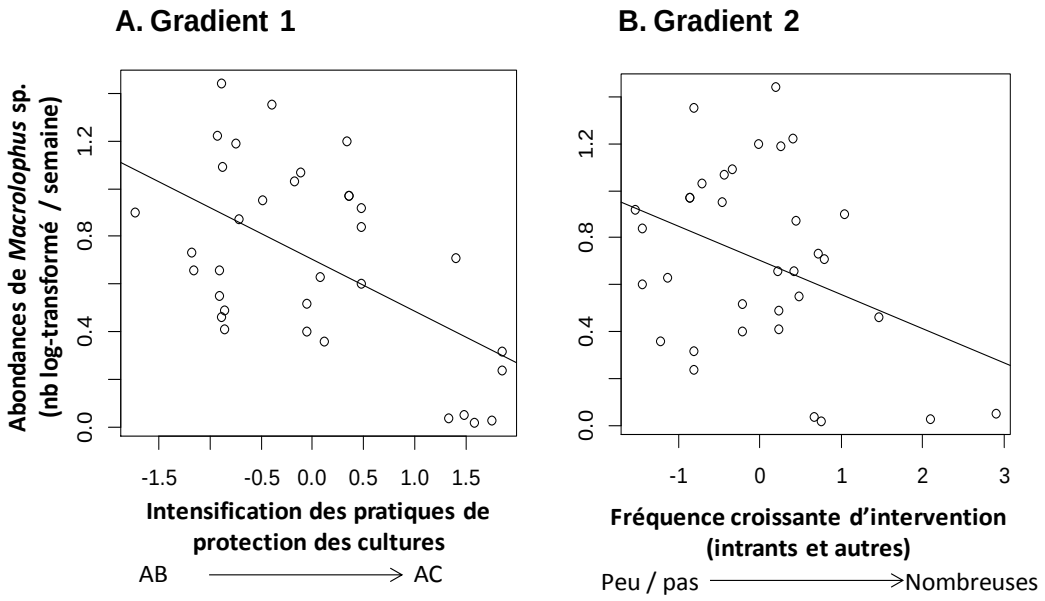


Figure 2 : Effets des modes de conduite des cultures (A : gradient 1, B : gradient 2) sur les abondances (moyennes par semaine) de *Macrolophus* sp. AB : agriculture biologique, AC : agriculture conventionnelle.

2.2.3 Variabilité des populations d'auxiliaires et environnement paysager des abris

Contrairement aux observations faites dans d'autres études (Gabarra *et al*., 2004; Lykouressis *et al*., 2008; Lambion, 2011 ; 2012), les résultats montrent que les caractéristiques du pourtour immédiat des abris (50 m dans notre étude) n'ont pas d'effet sur la colonisation des cultures de tomate par les mirides adultes (Tableau 1). A l'inverse, l'environnement paysager des abris influence les abondances de ces mirides au sein des abris à des échelles spatiales plus étendues (100 à 200 m autour des abris). Cela suggère que les mirides pourraient provenir de milieux sources plus éloignés que ceux présents dans les pourtours des abris, comme supposé par Alomar*et al*. (2002). Cet effet de l'environnement paysager sur les populations de mirides adultes est plus important que celui des pratiques culturales, puisque l'effet de ces pratiques n'est plus significatif dans les analyses lorsque l'environnement paysager est pris en compte aux échelles de 100 m et 200 m. Les réponses observées diffèrent cependant entre les mirides des genres *Macrolophus* et *Dicyphus.*

Dans le cas des *Macrolophus*, la présence de surfaces importantes de zones de végétation spontanée à caractère rudéral (végétation herbacée ou embroussaillée caractérisée par la présence de plantes rudérales témoignant de perturbations relativement récentes type tassement – ex : parcelles de friches) dans les 100 à 200 m environnant les abris semble favorable à la colonisation des cultures par ces mirides (Figure 3A). Une interprétation possible de cet effet est que ces zones de végétation spontanée pourraient être des habitats riches en plantes hôtes non cultivées pour *Macrolophus* sp., sur lesquelles il pourrait passer l'hiver (Gabarra *et al*., 2004; Ingegno *et al*., 2011).Ce miride pourrait ainsi être favorisé par une forte disponibilité en plantes hôtes à une échelle spatiale large sur les sites de production concernés, comme suggéré par Ingegno *et al.* (2009).Au contraire, *Macrolophus* est moins abondant dans les cultures entourées de zones de végétation herbacée vivace (zones linéaires ou surfaciques de type prairial, à graminées ou dicotylédones) dans les 200 m autour des abris, les surfaces de ces éléments non cultivés étant inversement corrélées à celles des zones de végétation spontanée sur les sites d'étude. Ce résultat est surprenant car la présence de plantes hôtes peut être attendue dans les zones de végétation herbacée vivace. Deux hypothèses peuvent être émises. Si l'on suppose que ce sont des habitats très attractifs pour les mirides, des surfaces importantes de ces éléments sur les sites de production pourraient conduire à une "dilution" des populations d'insectes dans l'ensemble de ces zones non cultivées, au détriment de la colonisation des cultures sous abri, moins attractives. Ce

processus est constaté pour d'autres insectes, pollinisateurs (Holzschuh *et al*., 2011) ou ennemis naturels de ravageurs en grandes cultures (Thies *et al*., 2008). A l'inverse, ces éléments pourraient être défavorables aux mirides (absence de plantes hôtes par exemple), et entraîner une réduction de leurs populations via une survie réduite sur les sites (appelé effet "puits"). La réponse des mirides du genre *Dicyphus* à l'environnement paysager des abris est moins marquée que pour *Macrolophus*. Leurs abondances au sein des abris varient uniquement en fonction des surfaces en vergers enherbés à 200 m, qui semblent défavorables à la colonisation des cultures de tomate (Figure 3B). De la même façon pour les zones de végétation herbacée vivace, cet effet négatif des vergers pourrait s'expliquer par des effets "puits" (milieu défavorable) ou "dilution" (habitat très attractif).

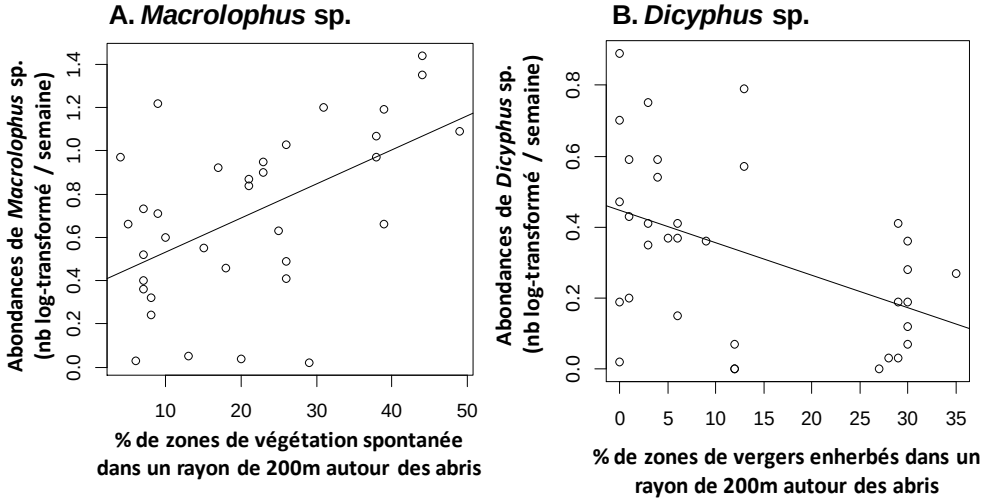


Figure 3 : Effets de l'environnement paysager des abris dans un rayon de 200m sur les abondances moyennes des mirides au sein des cultures (A : effet du pourcentage de surfaces en zones de végétation spontanée sur *Macrolophus* sp. ; B: effet du pourcentage de vergers enherbés sur *Dicyphus* sp.).

L'interprétation de ces résultats, basés uniquement sur des corrélations statistiques, reste cependant difficile en l'absence d'information sur les populations de mirides effectivement présentes dans ces différents éléments paysagers, et sur la qualité écologique (présence de plantes hôtes en particulier) de ces éléments pour les mirides. Afin de lever ces incertitudes, la faune auxiliaire et la flore de ces éléments ont été étudiées plus finement dans le cadre du deuxième volet du projet REGABRI.

3. Evaluation du rôle des cultures et éléments non cultivés extérieurs aux abris pour les auxiliaires

3.1 Méthodologie

Afin de confirmer ou infirmer les hypothèses issues de la première approche corrélative, un suivi fin a été mis en œuvre en 2012 pour décrire les cortèges d'auxiliaires, la composition végétale et les modes d'entretien des zones de végétation spontanée, de végétation herbacée vivace, et des vergers enherbés. Le suivi a été réalisé dans cinq sites d'étude choisis de façon à maximiser la probabilité de présence des auxiliaires dans l'environnement paysager des abris, en privilégiant (i) les sites caractérisés par des surfaces importantes en zones de végétation spontanée, (ii) de fortes abondances d'auxiliaires l'année précédente (2011), et des pratiques culturales identifiées comme favorables à la présence des auxiliaires (sites de production en AB). 66 points d'échantillonnage ont été répartis sur les cinq sites d'étude et les trois types d'éléments paysagers. Les suivis réalisés sur ces points étaient :

- Une collecte de la faune auxiliaire de début avril à fin mai 2012, par aspiration de la végétation afin de confirmer la présence effective des mirides auxiliaires au sein des différents éléments étudiés ; ce suivi

a débuté dès la première semaine de culture des tomates, c'est à dire avant la période de colonisation des cultures par les mirides observée en 2010 et 2011.

- Un échantillonnage visant à caractériser finement les conditions potentielles d'habitat des éléments étudiés pour les mirides : ces conditions ont été décrites en chaque point par (i) la présence de plantes (27 espèces ou genres de plantes) considérées comme plantes hôtes (refuge, hivernation) des mirides dans la littérature (Rovira, 1993 ; Lykouressis *et al*., 2000 ; Roditakis *et al*., 2003 ; Sanchez *et al*., 2003 ; Gabarra *et al*., 2004 ; Alomar *et al*., 2006 ; Perdikis *et al*., 2007; Lambion *et al*., 2008 ; Lambion 2011 ; Ingegno *et al*., 2009), et (ii) le degré de perturbation des éléments étudiés en relevant les pratiques d'entretien agricole réalisées sur la végétation basse (fauche, trace de labour récent).

Des analyses ont été réalisées afin (i) de recenser et décrire les associations de plantes hôtes au sein des zones de végétation spontanée, de végétation vivace, et des vergers enherbés et (ii) de caractériser les relations éventuelles entre le cortège de mirides, les associations de plantes hôtes au sein des trois éléments, et leurs modes d'entretien agricole.

3.2 Résultats

3.2.1 Mirides auxiliaires recensés dans l'environnement des abris en 2012

La Figure 4 présente le cortège des punaises mirides présentes sur les sites d'étude. Ces résultats confirment la présence de trois groupes de mirides d'intérêt agronomique dans les vergers et zones non cultivées entourant les abris sur les cinq sites de production : les mirides des genres *Macrolophus* (*M. pygmaeus, M. melanatoma*) et *Dicyphus* (*D. hyalinipennis, D. errans*) qui représentent près de la moitié (46%) des punaises auxiliaires collectées, mais également des mirides qui n'avaient pas été observés sur tomate au sein des abris en 2010 et 2011, du genre *Deraerocoris* (54%). Ces trois groupes de mirides représentent 25% des abondances totales de punaises mirides (y compris non auxiliaires) recensées.

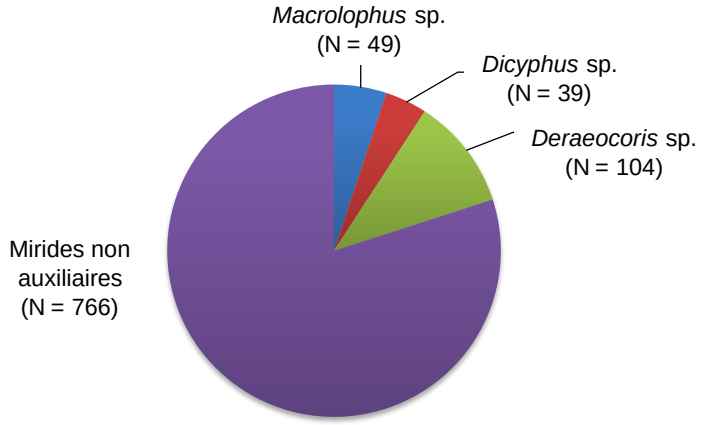


Figure 4 : Cortège de punaises mirides observées sur l'ensemble des points d'échantillonnage.

3.2.2 Conditions potentielles d'habitat des vergers enherbés et zones non cultivées pour les mirides

Les analyses des données de végétation relevées sur les points échantillonnés permettent de mieux caractériser le potentiel d'habitat des différents éléments pour les mirides en lien avec la présence de leurs plantes hôtes. Trois associations de plantes hôtes y sont rencontrées (Tableau 2) : la première association (G0) se distingue par l'absence totale de plantes hôtes pour les mirides ; les deux autres associations (G1 et G2) sont caractérisées par des plantes hôtes bien distinctes.

Tableau 2 : Associations de plantes hôtes identifiées dans les vergers enherbés et les zones de végétation non cultivée.

Association de plantes hôtes	Plantes hôtes spécifiques à l'association
G0	Aucune plante hôte.
G1	Pariétaire (*Parietaria* sp.), cynoglosse *(Cynoglossum* sp.), gaillet (*Galium* sp.),laiteron (*Sonchus* sp.),ortie (*Urtica* sp.).
G2	Inule visqueuse (*Dittriciaviscosa*), souci (*Calendula arvensis* et *C. officinalis*), vergerette (*Conyza* sp.), vipérine faux plantain (*Echiumplantagineum*), épilobe hérissée (*Epilobiumhirsutum*).

Bien que ces associations de plantes hôtes soient rencontrées dans l'ensemble des éléments étudiés, les résultats montrent un potentiel d'habitat variable entre les trois types d'éléments (Figure 5A). Aucune plante hôte de miride n'est recensée dans une majorité (70%) de zones de végétation herbacée vivace, alors que près des trois quarts des zones de végétation spontanée et des vergers enherbés en hébergent. Les zones de végétation spontanée ne sont pas nettement caractérisées par une association de plantes hôtes plus qu'une autre. Au contraire, les vergers enherbés et zones de végétation herbacée vivace présentent des associations de plantes hôtes spécifiques et différentes. Les résultats concernant l'entretien agricole de la végétation basse montrent que les trois types d'éléments présentent un potentiel d'habitat également variable en terme de degré de perturbation : les zones de végétation spontanée sont soumises à peu d'entretien, au contraire des vergers enherbés et zones de végétation herbacée vivace, plus fréquemment fauchés et/ou avec présence de labour (Figure 5B).

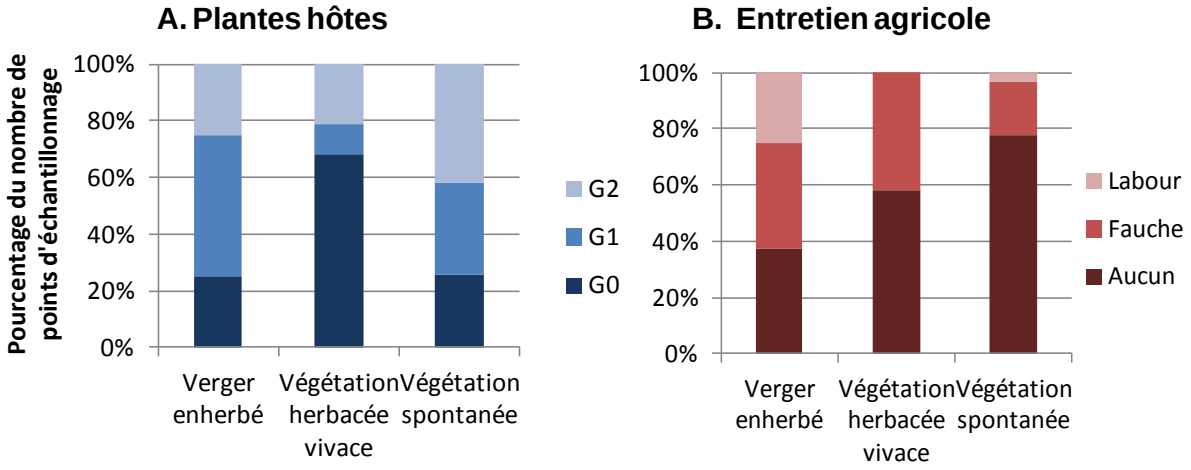


Figure 5 : Répartition des points d'échantillonnageau sein des trois types d'éléments étudiés, en fonction des associationsde plantes hôtes présentes (A) et des modes d'entretien agricole de la végétation basse (B).

3.2.3 Répartition des mirides dans l'environnement des abris

La Figure 6 représente les abondances des mirides *Macrolophus* sp. et *Dicyphus* sp. au sein des vergers enherbés, des zones de végétation herbacée vivace et spontanée, et en fonction des associations de plantes hôtes présentes et des pratiques d'entretien agricole. Ces résultats montrent une répartition variable des punaises mirides selon les groupes d'espèces considérés.

Les punaises mirides du genre *Macrolophus* sont plus fréquemment détectées dans les zones de végétation spontanée et, dans une moindre mesure, dans les vergers enherbés (Figure 6A). Cette répartition préférentielle est liée à la présence de plantes hôtes (des groupes G1 ou G2) spécifiques de

Macrolophus, telles que la pariétaire ou l'inule visqueuse (Ingegno *et al*., 2011), et à une absence d'entretien agricole (Figure 6B et 6C). A l'inverse, les punaises mirides du genre *Dicyphus* sont fortement associées aux vergers enherbés, le plus souvent fauchés, et où aucune de leurs plantes hôtes connues n'a été recensée (Figure 6A et 6B). Ce résultat pourrait être expliqué par une disponibilité importante en proies pour *Dicyphus* dans les vergers. Ces mirides sont également présents, en moindres abondances, dans les zones de végétation non cultivée, non entretenues ou hébergeant des plantes hôtes spécifiques (groupe G2) (Figure 6A, 6B et 6C), telle que le souci, plante hôte connue de *Dicyphus* (Lambion, 2012). Les zones de végétation herbacée vivace sont les moins fréquentées par les deux groupes de mirides, qui y sont présents surtout en absence d'entretien agricole (Figure 6C).

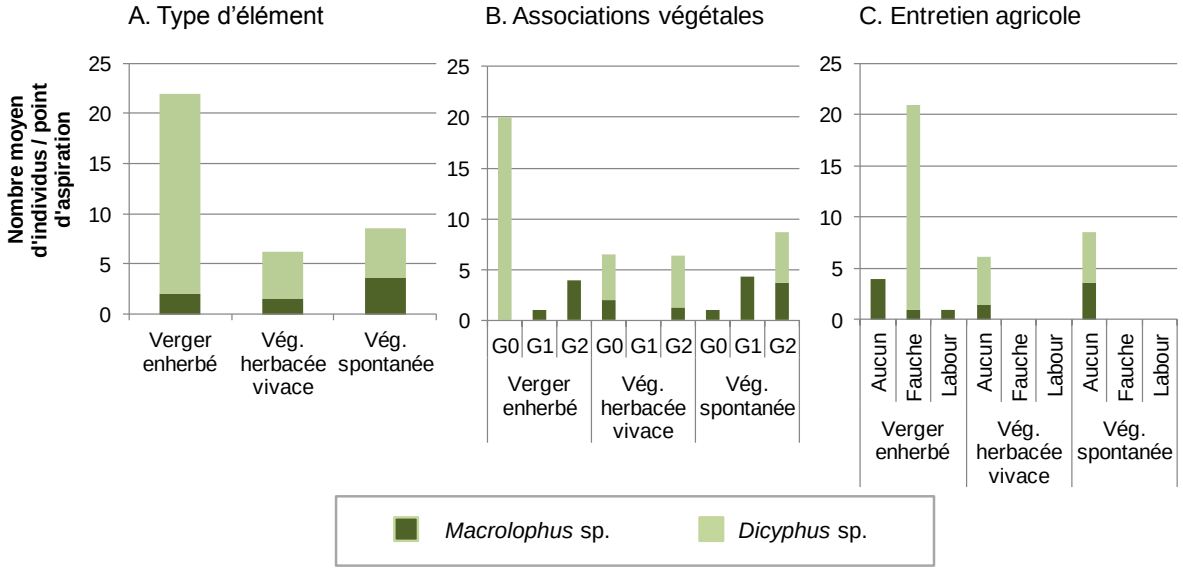


Figure 6 : Abondance (moyenne par point d'aspiration) des mirides auxiliaires au sein des différents types d'éléments (A), en fonction des associations de plantes hôtes (B) et de leur mode d'entretien agricole (C).

Les résultats de ce deuxième volet du projet permettent de confirmer certaines des hypothèses posées à l'issue des analyses paysagères, concernant le rôle des vergers enherbés et des zones non cultivées pour les mirides. Les zones de végétation spontanée abritent effectivement des populations non négligeables de *Macrolophus*, probablement car elles sont riches en certaines plantes hôtes et peu perturbées. Ces éléments non cultivés sont donc des sources potentielles de *Macrolophus* pour les cultures maraîchères alentour. A l'inverse, les populations importantes de *Dicyphus* dans les vergers enherbés confirment l'hypothèse d'une forte attractivité des vergers pour ces mirides, sans lien toutefois avec la présence de plantes hôtes ou du degré d'entretien agricole. Cette attractivité peut expliquer la colonisation réduite des abris dans les sites comprenant de nombreux vergers, en lien avec un effet dilution des populations. Enfin, les zones de végétation herbacée vivace hébergent les populations de *Macrolophus* et de *Dicyphus* les plus faibles. La dominance de ces éléments - le plus souvent exempts de plantes hôtes - dans l'environnement des abris, peut expliquer les populations réduites de mirides sur certains sites de production, du fait de conditions d'habitat moins favorables (effet puits).

Ces résultats permettent d'affiner la lecture du paysage adoptée dans le premier volet du projet. Ainsi, si la typologie des occupations du sol utilisée pour décrire l'environnement paysager des abris permet d'expliquer grossièrement la variabilité du processus de colonisation, l'approche fine utilisée en 2012 met en évidence une variabilité des conditions potentielles d'habitats au sein de chaque type d'éléments. En effet, la présence de plantes hôtes spécifiques et le degré d'entretien agricole des éléments semblent être des facteurs importants à prendre en compte pour diagnostiquer le potentiel de colonisation des abris par les mirides. Les résultats, en particulier concernant les vergers, suggèrent

toutefois que ces facteurs ne suffisent pas toujours à expliquer la présence de populations de mirides au sein des éléments environnant les abris. Des études plus approfondies des ressources disponibles pour les mirides dans ces éléments devraient être réalisées pour expliquer ces résultats.

4. Conclusion

En combinant différentes approches méthodologiques, le projet REGABRI a apporté des connaissances nouvelles et originales sur les facteurs responsables de la variabilité du processus de régulation naturelle des ravageurs de cultures maraîchères sous abri froid dans la plaine du Roussillon. Ce travail montre que, outre la diversité des pratiques adoptées par les producteurs sous cahier des charges de l'AB ou conventionnels, la présence de certains éléments cultivés et non cultivés dans l'environnement paysager étendu des abris joue un rôle clé pour la présence des mirides sur les sites de production et la colonisation des cultures. Par conséquent, une approche systémique, intégrant l'échelle du paysage en plus de celle de l'abri et du système de culture, est indispensable pour concevoir et proposer des systèmes qui optimisent le processus de régulation naturelle.

Les résultats du projet ont permis d'identifier un certain nombre d'indicateurs potentiels de la colonisation des cultures par les mirides indigènes, en lien avec les pratiques mises en œuvre dans les parcelles, les types d'éléments paysagers environnants et leurs caractéristiques floristiques et d'entretien agricole. La prochaine étape consistera à construire une méthodologie de diagnostic du potentiel auxiliaire en mobilisant ces acquis, et à tester la validité de cette méthode sur un panel plus large de sites de production dans la plaine du Roussillon.

Références bibliographiques

Alomar O., Goula M., Albajes R., 2002.Colonisation of tomato fields by predatory mirid bugs (Hemiptera: Heteroptera) in northern Spain. Agriculture, Ecosystems and Environment 89, 105-115.

Alomar O., Gabarra R., Gonzalèz O., Arnó J., 2006. Selection of insectary plants for ecological infrastructure in Mediterranean vegetable crops. IOBC/WPRSBulletin 29, 5-8.

Arnó J., Gabarra R., 2011. Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). Journal of Pest Science 84, 513-520.

Bengtsson J., Ahnström J., Weibull A.C., 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. Journal of Applied Ecology 42, 261-269.

Biondi A., Mommaerts V., Smagghe G., Viñuela E., Zappalà L., Desneux N., 2012.The non-target impact of spinosyns. Pest Management Science 68, 1523-1536.

Bonato O.,Ridray G., 2007. Effect of tomato deleafing on mirids, the natural predators of whiteflies. Agronomy for Sustainable Development 27, 167-170.

Brismontier E., Nicot P.,Pitrat M., 2009.Ecophyto R&D Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires - tome V : Analyse comparative de différents systèmes en cultures légumières. MEEDDAT, MAP, Paris.

Desneux N., Luna M.G., Guillemaud T., Urbaneja A., 2011.The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. Journal of Pest Science 84, 403-408.

Doré T., Clermont-Dauphin C., Crozat Y., David C., Jeuffroy M.H., Loyce C., Makowski D., Malézieux E., Meynard J.M., Valantin-Morison M., 2008. Methodological progress in on-farm regional agronomic diagnosis. A review. Agronomy for Sustainable Development 28, 151-161.

Drinkwater L.E., Letourneau D.K., Workneh F., Vanbruggen A.H.C., Shennan C., 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. Ecological Applications 5, 1098-1112.

Ferron P.,Deguine J.P., 2005. Crop protection, biological control, habitat management and integrated farming. A review. Agronomy for Sustainable Development 25, 17-24.

Gabarra R., Alomar O., Castañé C., Goula M., Albajes R., 2004.Movement of greenhouse whitefly and its predators between in- and outside of Mediterranean greenhouses. Agriculture, Ecosystems and Environment 102, 341-348.

Goula M., Alomar O., 1994. Miridos (Heteroptera : Miridae) de interés en el control integrado de plagas en el tomate. Guia para su identificacion. Boletin de Sanidad Vegetal Plagas 20, 131-143.

Holzschuh A., Dormann C.F., Tscharntke T., Steffan-Dewenter I., 2011. Expansion of mass-flowering crops leads to transient pollinator dilution and reduced wild plant pollination. Proceedings of the Royal Society B 278, 3444-3451.

Ingegno B.L., Pansa M.G., Tavella L., 2009. Tomato colonization by predatory bugs (Heteroptera: Miridae) in agroecosystems of NW Italy. IOBC/WPRS Bulletin 49, 287-291.

Ingegno B.L., Pansa M.G, Tavella L., 2011. Plant preference in the zoophytophagous generalist predator *Macrolophus pygmaeus* (Heteroptera: Miridae). Biological Control 58, 174-181.

Lambion J., Amour C., 2008. Biodiversité fonctionnelle : bénéficier des prédateurs naturels d'aleurodes et de tétranyques. PHM Revue Horticole 510,15-18.

Lambion J., 2011.Functional biodiversity in southern france: a method to enhance predatory mirid bug populations. Acta Horticulturae 915, 165-170.

Lambion J., 2012. Quels dispositifs pour favoriser la présence des punaises prédatrices mirides indigènes? In : ITAB GRAB (eds). Actes des journées techniques Légumes et cultures pérennes biologiques,pp. 47-50.

Letourneau D., Goldstein B., 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. Journal of Applied Ecology 38, 557-570.

Letourneau D.K., Bothwell S.G., 2008. Comparison of organic and conventional farms: challenging ecologists to make biodiversity functional. Frontiers in Ecology and the Environment6, 430-438.

Lucas P.,2007. Le concept de la protection intégrée des cultures. Innovations Agronomiques 1, 15-21.

Lykouressis D., Giatropoulos A., Perdikis D., Favas C., 2008.Assessing the suitability of noncultivated plants and associated insect prey as food sources for the omnivorous predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae). Biological Control 44, 142-148.

Lykouressis D., Perdikis D., Tsagarakis A., 2000. Polyphagous mirids in Greece: Host plants and abundance in traps placed in some crops. Bollettino del Laboratorio di Entomologia agraria “Filippo Silvestri” 56, 57-68.

Nicot P., 2008. Protection intégrée des cultures maraîchères sous serre : expérience et atouts pour un contexte en évolution. Cahiers de l'Agriculture 17, 45-49.

Perdikis D., Favas C., Lyskouressis D., Fantinou.A., 2007.Ecological relationships between non-cultivated plants and insect predators in agroecosystems: the case of *Dittrichia viscosa* (Asteraceae) and *Macrolophus melanotoma* (Hemiptera: Miridae). Acta oecologica31, 299-306.

Perdikis D., Kapaxidi E., Papadoulis G., 2008. Biological control of insect an mite pests in greenhouse solanaceous crops. The European journal of plant science and biotechnology 2, 125-144.

Perdikis D., Fantinou A., Lykouressis D., 2011.Enhancing pest control in annual crops by conservation of predatory Heteroptera. Biological Control 59, 13-21.

Riudavets J., Castañé C., 1998. Identification and evaluation of native predators of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera : Thripidae) in the Mediterranean. Environmental Entomology 27, 86-93.

Roditakis N.E., Perdikis D., Roditakis E., Lykouressis D.P., Papadaki M., 2003. Beneficial Hemiptera Anthocoridae and Miridae in Crete. In : Proceedings of the 10th Panhellenic Entomological Congress,Heraklion Crete,p.93.

Rovira S., 1993.Colonització de camps de tomàquet per *Macrolophus caliginosus* (wagner, 1951) i *Dicyphus tamaninii* (wagner, 1951)(Heteroptera, miridae).Sessió Conjunta d'Entomologia 7, 31-38.

Sanchez J.A., Martinez-Cascales J.I., Lacasa A., 2003.Abundance and wild host plants of predator mirids (Heteroptera: Miridae) in horticultural crops in the Southeast of Spain. IOBC/WPRS Bulletin 26, 147-151.

Tedeschi R., Tirry L., Van De Veire M., De Clercq P., 2002.Toxicity of different pesticides to the predatory bug *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) under laboratory conditions. IOBC/WPRS Bulletin 25, 71-80.

Thies C., Steffan-Dewenter I., Tscharntke T., 2008.Interannual landscape changes influence plant–herbivore–parasitoid interactions. Agriculture, Ecosystems and Environment 125, 266-268.

Trottin-Caudal Y., Baffert V., Athanassiou D., 2011.Maîtrise de la protection intégrée : tomate sous serre et abris. CTIFL, 281 p., Paris.

Yardim E.L., Edwards C.A., 1998.The influence of chemical management of pests, diseases andweeds on pest and predatory arthropods associated with tomatoes. Agriculture, Ecosystems and Environment70, 31-48.

Zehnder G., Gurr G.M., Kühne S., Wade M.R., Wratten S.D., Wyss E., 2007. Arthropod pest management in organic crops. Annual Review of Entomology 52, 57-80.