



HAL
open science

Mobilisation des mécanismes de régulation naturelle des ravageurs via des plantes à multiples services écosystémiques

Madelaine Venzon, Pedro Henrique Brum Togni, Dany Silvio Souza Leite Amaral, Maíra Queiroz Rezende, Michela Costa Batista, Juliana Andrea Martinez Chiguachi, Edson Ferreira Martin, André Lage Perez

► To cite this version:

Madelaine Venzon, Pedro Henrique Brum Togni, Dany Silvio Souza Leite Amaral, Maíra Queiroz Rezende, Michela Costa Batista, et al.. Mobilisation des mécanismes de régulation naturelle des ravageurs via des plantes à multiples services écosystémiques. *Innovations Agronomiques*, 2018, 64, pp.83-95. 10.17180/yynf-wq50 . hal-04682420

HAL Id: hal-04682420

<https://hal.inrae.fr/hal-04682420v1>

Submitted on 30 Aug 2024

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 - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Mobilisation des mécanismes de régulation naturelle des ravageurs *via* des plantes à multiples services écosystémiques

Venzon M.¹, Togni P.H.B.², Amaral D.S.S.L.³, Rezende M.Q.⁴, Batista M.C.⁵, Chiguachi J.A.M.⁶, Martins E.F.⁶, Perez A.L.⁷

¹ Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

² Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil

³ Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

⁴ Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), *Campus* Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brasil

⁵ Centro de Estudos Superiores de Balsas (CESBA/UEMA), Balsas, Maranhão, Brasil.

⁶ Doutorado Entomologia/Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

⁷ Pos-doc Entomologia/Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Correspondance : venzon@epamig.ufv.br

Résumé

La diversification du paysage agricole au moyen de plantes fournissant des services écosystémiques multiples est une stratégie qui peut garantir la durabilité des agro-écosystèmes. La régulation de la population de ravageurs *via* l'augmentation de la population de leurs ennemis naturels, est l'un des multiples services écosystémiques que les plantes associées peuvent fournir. Ces plantes peuvent être par exemple des légumineuses (ex : *Inga* spp.), comme celles utilisées dans les caféières en systèmes agroforestiers à des fins d'ombrage, d'augmentation de la fertilité du sol, de production de bois et pour l'alimentation humaine et animale. Les plantes d'*Inga* spp. produisent un nectar extra floral qui attire et augmente la survie des ennemis naturels des principaux ravageurs du caféier et ainsi favorise la réduction de la population des ravageurs du caféier. Dans les potagers, l'utilisation de plantes aromatiques, médicinales et/ou spontanées, peut repousser les ravageurs et attirer les ennemis naturels. La préservation des plantes spontanées réduit la main d'œuvre pour le désherbage manuel de la zone cultivée et ne nécessite pas l'acquisition de semences. En plantation de piment Malagueta, culture utilisée comme modèle d'étude et typique de l'agriculture familiale, la préservation des plantes spontanées tels que le radié François (*Ageratum conyzoides*), ou l'herbe aiguille (*Bidens pilosa*) et le lastron tendre (*Sonchus oleraceus*), réduit l'incidence des ravageurs. Les fleurs de ces espèces fournissent des ressources alimentaires pour les prédateurs ce qui améliore leur survie. Cet aliment dérivé de plante peut aussi être utilisé par les prédateurs en période où les proies se font rares sur la culture, contribuant à leur préservation en zone de culture. Cependant, il faut veiller à éliminer les plantes spontanées qui agissent comme hôtes d'insectes et d'acariens ravageurs qui peuvent attaquer les légumes ; ceci peut être fait au moyen du désherbage manuel.

Le basilic (*Ocimum basilicum*), utilisé dans l'alimentation et pour usage médicinal, repousse différents ravageurs et attire divers ennemis naturels. Même avant la floraison, il attire le prédateur généraliste connu sous le nom de chrysope. En l'absence de proie, les larves de ce prédateur survivent en s'alimentant du pollen et du nectar du basilic et, de plus, réussissent à survivre plus longtemps sans nourriture en présence de feuilles de basilic. En adaptant l'époque de plantation du basilic avec celle des légumes, on peut augmenter la population d'ennemis naturels présents en zones de culture avant

que la population de ravageurs ne s'installe. Le coriandre (*Coriandrum sativum*) est une plante condimentaire qui peut être utilisée dans la diversification des potagers. Elle ne requiert pas de soins particuliers, est peu sensible aux ravageurs et aux maladies et possède une faible exigence en matière d'éléments fertilisants et de type de sol. Au cours du cycle végétatif de la culture, le coriandre masque les odeurs de la plante cultivée, ce qui rend difficile sa reconnaissance par les ravageurs, qui préfèrent coloniser les plantations en monoculture. Même au stade végétatif, le coriandre produit des composés volatils et attire divers prédateurs, comme les coccinelles ; en fleurissant, le coriandre attire aussi divers ennemis naturels, qui peuvent s'alimenter du pollen et du nectar de ses fleurs, augmentant la survie de ces insectes. Le Mahot bord de mer (*Varronia currasavica*) est une plante arbustive aromatique, pérenne, originaire du Brésil et qui présente des propriétés médicinales, avec une activité thérapeutique prouvée. De plus, elle est aussi utilisée comme plante piège pour le foreur de l'oranger. Les inflorescences du Mahot bord de mer attirent divers pollinisateurs et ennemis naturels et fournissent des ressources pour ces insectes. Du fait qu'elles fleurissent pratiquement toute l'année, elles peuvent être utilisées dans de nombreuses cultures pour l'attraction des ennemis naturels et des pollinisateurs.

Mots-clés : Lutte biologique par conservation, Diversification de la végétation, Nectar extra-floral, Plantes spontanées, Plantes médicinales.

Abstract: Mobilization of mechanisms of natural pest regulation via plants with multiple ecosystem services

Farming landscape diversification with plant providing multiple ecosystem services is a strategy for agroecosystem sustainability. Pest population regulation, via natural enemy increment, is one of the multiple ecosystem services associated to plant diversification. For instance, the leguminous *Inga* spp., used in coffee agroforestry systems for shade, improvement of soil fertility, wood and human and animal feeding, produces extrafloral nectar that attract and increase survival of coffee pest natural enemies, thereby decreasing pest population. In vegetable gardens, the use of aromatic, medicinal and non-crop plants can repel pests and attract natural enemies. The maintenance of non-crop plants reduces weeding and the need for seed acquisition. In chili pepper, a crop used as a study model and typical for small farmers, the conservation of billygoat-weed (*Ageratum conyzoides*), beggar-tick (*Bidens pilosa*) and sowthistle (*Sonchus oleraceus*), reduces pest occurrence. Their flowers provide food resources that increase predator survival. These food can also be used by predators in periods of prey shortening, thereby keeping them in the cropping areas. Nevertheless, non-crop plant may harbor pests. In those cases, they can be selectively eliminated by manual weeding. Basil (*Ocimum basilicum*), used as food and as medicinal, repels several pests and attracts natural enemies. In the vegetative stage, basil attracts a generalist predator (green lacewings). During periods of prey shortening, the predatory larvae survive feeding only on pollen and nectar of basil. Thus, the presence of basil can sustain predator population before pest population built up in the crop area. Coriander (*Coriandrum sativum*) is a condimentary plant, rustic, and resistant to several pests and diseases. During vegetative stage, coriander releases volatiles that mask the odours from the main crop, which difficult pest crop recognition. These volatile also attract several predators, such as ladybeetles. When flowering, natural enemies can feed on pollen and nectar of coriander, increasing their survival. *Varronia currasavica*, known as "erva baleeira" or "maria-pretinha", is a perennial bush, native from Brazil, and it has medicinal properties. It is known as trap-crop for the citrus borer. It flowers all year around, and the flowers attract several pollinators and natural enemies. Thus, keeping this plant in cropping areas will assure the presence of these beneficials.

Keywords : Conservation biological control, Plant diversification, Extrafloral nectar, Non-crop plants, Medicinal plants

Introduction

La biodiversité fournit différentes espèces cultivées pour l'alimentation de millions de personnes dans le monde. Mais les services écosystémiques rendus par la biodiversité sont encore plus considérables dans le processus de production, car ils intègrent aussi le recyclage des éléments nutritifs, la régulation micro-climatique, l'augmentation de la fertilité du sol et la régulation démographique des ravageurs, entre autres (Sujii et al., 2010). Tous ces processus biologiques et leur persistance dépendent de la préservation de la biodiversité dans les champs en vue de développer la fonctionnalité des services associés. Une des stratégies prometteuse, est l'augmentation de la diversité de la végétation pour la régulation démographique des insectes ravageurs (Venzon et al., 2015).

Cette stratégie implique que conjointement à l'introduction d'une espèce végétale il est nécessaire que soient adoptées des pratiques culturales qui favorisent l'abondance et la richesse en espèces d'insectes bénéfiques (e.g. ennemis naturels) qui affectent négativement les populations d'insectes phytophages. Par conséquent, il est nécessaire que la diversification du système productif soit réalisée à partir d'une perspective écologique au sein de laquelle on tiendra compte de l'arrangement des multiples interactions entre les composantes biotiques et abiotiques du système pour en garantir la durabilité agricole à long terme (Sujii et al., 2010).

Dans ce sens, l'accroissement de la diversité de la végétation peut affecter les populations d'insectes phytophages de différentes manières. Les plantes introduites ou maintenues dans les zones de culture peuvent interférer dans l'interaction insecte-plante, par exemple, en causant un effet répulsif ou une non préférence pour un habitat de type déterminé. Il est donc espéré que la diminution des populations de ravageurs survienne à partir d'un effet direct de la plante sur le ravageur. De plus, l'espèce végétale introduite peut favoriser le regroupement d'espèces d'insectes phytophages sur une même zone, et ainsi réduire leur population du fait de la compétition pour les ressources. Les plantes introduites peuvent aussi fournir des ressources (e. g. du pollen et du nectar) et des conditions (e.g. abri, microclimat et lieux de ponte) qui favorisent l'attraction et la préservation d'ennemis naturels dans les cultures. De cette manière, une communauté plus diversifiée d'ennemis naturels peut agir simultanément sur différentes espèces d'insectes phytophages en les maintenant à des niveaux de population acceptables pour l'agriculteur (Venzon et al., 2015).

Au Brésil, les recherches les plus récentes sur ce thème intègrent l'introduction et/ou la préservation de plantes aromatiques, pérennes, médicinales et de diverses espèces de plantes spontanées qui peuvent agir sur la régulation démographique des ravageurs au moyen de différentes interactions écologiques. Associées à cela, des pratiques culturales tel que le système de culture, les méthodes de désherbage et les différents types d'irrigation, augmentent l'effet positif sur la régulation démographique des ravageurs des cultures. L'objectif de ce travail est de présenter les résultats de la recherche scientifique obtenus au Brésil sur la régulation démographique des ravageurs à partir d'introduction de plantes cultivées et la préservation d'espèces spontanées qui peuvent fournir de multiples services écosystémiques.

1. Association Tomate et Coriandre : Intégrer différentes pratiques culturales pour la gestion écologique des ravageurs

La tomate est un des légumes les plus consommés au monde. Au Brésil, ce légume est commercialisé par de petits agriculteurs familiaux dans de petites exploitations rurales. Cependant, il existe une carence en techniques de gestion des ravageurs de cette culture en dehors de l'utilisation d'insecticides chimiques. Des chercheurs du Costa Rica ont relaté que l'association de tomate avec des plants de coriandre réduit les infestations d'aleurodes *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera : Aleyrodidae) et l'incidence de viroses associées en systèmes conventionnel, du fait d'un camouflage visuel des plants de tomate (Hilje et Stansly, 2008). Au Brésil, cette association a été adaptée en vue de lutter contre

l'aleurode et la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelichiidae) et d'attirer les ennemis naturels. Pour cela, le coriandre a été planté au champ 15 jours avant la plantation des tomates ; les tomates étant alors plantées sur la ligne de plantation du coriandre. Comme le coriandre n'exige pas de traitements culturaux spécifiques, les plants sont maintenus jusqu'à leur récolte (50 jours après plantation) et environ six plants sont laissés à fleurir entre les tomates. Ensuite il est effectué un nouveau semis de coriandre sans but de le cueillir mais pour que ces plants puissent fleurir pour permettre à l'agriculteur de récolter les graines en fin de cycle des tomates et du second cycle de coriandre (Medeiros et al., 2009a).

La mineuse de la tomate colonise de préférence les cultures de tomate en monoculture sous système conventionnel, sur lesquelles on a constaté approximativement le double d'œufs que celles conduites en système biologique (Medeiros et al., 2009b). En rajoutant le coriandre au système conventionnel, on n'a pas observé de réduction du nombre d'œufs de mineuses des tomates, mais les aleurodes ont été 50,9% moins abondantes qu'en monoculture (Togni et al., 2009). En système biologique, l'association a réduit de 34% la quantité d'œufs du ravageur (Medeiros et al., 2009b) et il a été enregistré 48% moins de nymphes d'aleurodes que dans son équivalent en système conventionnel (Togni et al., 2009).

Ces résultats peuvent être expliqués par deux facteurs. En laboratoire les composés volatils du coriandre rendent difficiles la découverte et la localisation des pieds de tomate par l'aleurode, qui tend à éviter les zones ayant cette odeur (Togni et al., 2010a). Pour la mineuse de la tomate, l'association en système biologique n'augmente pas le parasitisme des œufs par *Trichogramma* spp., mais favorise la prédation des œufs (Medeiros et al., 2011). De plus, l'augmentation de la biodiversité végétale par l'apport du coriandre en systèmes biologiques affecte directement la communauté des ennemis naturels : le coriandre présente une floraison abondante et il a été observé que, principalement à partir de sa floraison, le nombre d'ennemis naturels en culture de tomate était de 2.5 à 3 fois supérieur à ceux présents en monoculture (Togni et al., 2010b). Dans une étude postérieure, il a été constaté que les prédateurs sont les principaux facteurs de mortalité de l'aleurode, de sorte que plus grande est l'abondance de prédateurs, plus importante est la prédation des nymphes d'aleurode au champ (Togni, 2014).

Pour comprendre les mécanismes écologiques par lesquels le coriandre affecte les populations d'ennemis naturels, il a été réalisé une expérimentation en laboratoire avec le prédateur *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera : coccinellidae). Cette espèce a été sélectionnée comme modèle car c'est l'une des plus abondantes comme constaté dans des études antérieures. Les composés volatils du coriandre, encore au stade végétatif, sont attractifs pour les adultes de *C. sanguinea* et augmentent l'attractivité des plants de tomates infestés de pucerons. Ceci est dû au fait que le coriandre, même avant de fleurir, peut servir de site de ponte pour ce prédateur. Les larves qui éclosent sur le coriandre sont capables de trouver les plants de tomates infestés par les pucerons se trouvant à proximité et contribuent à la lutte biologique. A la floraison, le pollen et le nectar du coriandre favorisent la survie des adultes même en l'absence de leur proie principale (Togni et al., 2016).

De plus, la plantation associée de tomate et de coriandre n'affecte pas la production des pieds de tomate (Togni et al., 2009 ; Marouelli et al., 2011) et peut générer un revenu supplémentaire à l'agriculteur qui du coup accroît l'efficacité de son exploitation (Medeiros et al., 2009a). Par conséquent, les plants de coriandre peuvent être utilisés pour fournir de nombreux services écosystémiques directement au profit des agriculteurs en réduisant l'incidence de ravageurs au moyen et au bénéfice de leurs ennemis naturels.

2. Le basilic : une espèce prometteuse en cultures associées

Le basilic (*Ocimum basilicum*) est une espèce annuelle, originaire d'Asie et d'Afrique, appartenant à la famille des Lamiaceae. Elle est considérée comme une plante aromatique car elle produit et libère

spontanément des composés organiques volatils (COVs), sous forme d'huile essentielle (Basedow et al., 2006 ; Brito et al., 2010). Le basilic, tout comme d'autres espèces aromatiques, présente des propriétés médicinales et condimentaires ; il est largement étudié pour ses propriétés pharmacologiques et utilisé dans l'industrie alimentaire (Kwee et Niemeyer, 2011 ; Brito et al., 2010 ; Marwat et al., 2011). De plus, les COVs produits par les plantes aromatiques et émis par leurs tissus peuvent modifier les processus physiologiques et/ou comportementaux chez les phytophages et, ainsi, présenter des effets répulsifs, dissuasifs ou toxiques. De tels composés peuvent aussi attirer les parasitoïdes et les prédateurs généralistes, capables de contrôler les populations de phytophages (Heil, 2008 ; Barbosa et al., 2009 ; Mithöfer et Boland, 2012).

Le basilic produit une concentration élevée d'huiles essentielles, variant de 0.2 à 5.2%, dont l'estragol et le linalol sont les constituants dominants, tous les deux ayant des propriétés répulsives et insecticides (Lopez et al., 2008 ; Kwee et Niemeyer, 2011). Diverses études, tant au champ qu'en laboratoire, ont démontré le potentiel du basilic à réduire l'incidence des ravageurs, tant par l'effet répulsif que par l'attraction des ennemis naturels (Basedow et al., 2006 ; Schader et al., 2005 ; Tang et al., 2013 ; Wan et al., 2015). Dans des recherches récentes, il a été démontré que parmi les prédateurs attirés par le basilic se trouve *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera : Chrysopidae), connu de manière populaire comme le Chrysope vert. Les femelles de *C. cubana* sont attirées par les plants de basilic même en absence de fleurs, ce qui suggère une possible attractivité due aux COVs (Batista et al., 2017).

De plus, les fleurs de basilic agissent sur la préservation des populations de Chrysopes car elles favorisent la survie des larves et des adultes de ce prédateur généraliste, même en absence de proies sur les cultures (Batista et al., 2017).

Du fait de ses caractéristiques répulsives vis-à-vis des arthropodes phytophages (Basedow et al., 2006 ; Yi et al., 2007 ; Popovic et al. ; 2013) et/ou d'attraction des arthropodes bénéfiques (Batista et al. , 2017), de même que par l'avantage de pouvoir être utilisé à des fins domestiques et commerciales, le Basilic est une espèce aromatique prometteuse pour une utilisation en systèmes de cultures associées. En outre, sa longue période de floraison, qui dure de trois à quatre mois, peut être bénéfique à la culture associée, aussi bien par l'attraction d'autres insectes bénéfiques que pollinisateurs, car ses fleurs sont considérées comme source d'un nectar produisant beaucoup de sucre (Pereira et al., 2015). Ainsi, en ajustant l'époque de semis du basilic avec celle d'autres cultures associées, il est possible d'attirer et de maintenir des populations d'ennemis naturels et de pollinisateurs dans la zone cultivée, avant l'installation des ravageurs.

3. Le Mahot-bord-de-mer : importance et perspectives futures en tant que fournisseurs de services écosystémiques

Le Mahot-bord-de-mer, *Varronia curassavica*, aussi connu sous le nom de monjoly, tarub ou blacka oema wiwiri en Guyane et catinga-de-barão, catinga preta, salicinia ou cordia au Brésil (Lorenzi et Matos, 2002 ; Gasparino et Barros, 2009) appartient à la famille des Cordiaceae. C'est une plante arbustive aromatique, pérenne, originaire du Brésil et qui présente des propriétés médicinales, avec une activité thérapeutique confirmée (ANVISA, 2004). Les feuilles sont utilisées en médecine populaire du fait de leurs propriétés anti-inflammatoires, analgésiques et cicatrisantes (Lorenzi et Matos, 2008). On en extrait des huiles essentielles, qui sont des composés volatils et qui peuvent être aussi présentes dans les fleurs, l'écorce, les racines et les graines. Les huiles essentielles sont aussi connues comme composés secondaires, c'est à dire des substances qui participent directement aux interactions biochimiques de communication entre les plantes et les divers organismes vivants de l'écosystème (Salisbury et Ross, 1992).

Les études portant sur l'interaction des visiteurs floraux du Mahot-bord-de-mer avec les composés volatils rencontrés dans la plante sont rares. Ces études impliquant les composés volatils du Mahot-bord-de-mer comme possibles médiateurs de l'attraction d'insectes bénéfiques et/ou de la répulsion d'insectes ravageurs, peuvent contribuer à la compréhension de la diversité et de l'abondance des insectes présents dans les inflorescences de Mahot-bord-de-mer. Plusieurs composés présents dans l'huile essentielle de Mahot-bord-de-mer sont impliqués dans la défense induite chez d'autres plantes. Cette défense induite intervient quand la plante exprime une résistance contre un phytophage seulement après une blessure, peut agir directement sur les phytophages et les ennemis naturels (Thaler et al., 1999). Ces mêmes composés peuvent aussi agir sur la défense constitutive de la plante lorsque la plante exprime une résistance de manière continue et non dépendante de la présence ou de l'action de phytophages (Thaler et al., 1999). L' α -pinène, présente dans le Mahot-bord-de-mer, a été répertoriée comme responsable de l'attraction du foreur de l'oranger *Cratosomus flavofasciatus* (Coleoptera : Curculionidae) (Arab et Bento, 2006 ; Michielin et al., 2009). Quand le Mahot-bord-de-mer libère de l' α -pinène, les femelles adultes sont attirées par la plante et, par conséquence, les mâles aussi. Avant le signal de dispersion de la colonie l'agrumiculteur a l'opportunité d'éliminer les insectes, coupant ainsi leur cycle reproductif et évitant les attaques futures du ravageur des orangers (Nascimento et al., 1986). D'autres composés comme le β -farnesène et l' α -Bergamotene rencontrés dans l'huile essentielle de Mahot-bord-de-mer sont impliqués dans la défense indirecte des plantes par l'attraction des prédateurs, étant donné que la libération des composés volatils se fait à partir de l'attaque par des phytophages (Schnee et al., 2006). Chez le Mahot-bord-de-mer les deux sesquiterpènes, le β -farnesène et l' α -Bergamotene, sont présents sous forme constitutive, c'est à dire que peu de stimulations sont nécessaires pour la libération et la volatilisation de ces composés, qui peuvent aussi agir sur l'attraction ou la répulsion des arthropodes associés.

Les inflorescences du Mahot-bord-de-mer sont attractives pour une grande diversité d'arthropodes appartenant aux ordres des Aranae, Diptera, Coleoptera, Hemiptera et Hymenoptera (Martins, 2017). Parmi ces ordres sont présents des prédateurs, des pollinisateurs, des parasitoïdes et des phytophages. Une des explications à cette grande diversité d'arthropodes rencontrée dans les inflorescences de Mahot-bord-de-mer est la constante disponibilité en ressources florales (nectar et pollen) pour leurs visiteurs. Ces ressources sont garanties par le fait que le Mahot-bord-de-mer ne soit pas domestiqué et qu'il soit constamment en floraison. Ces caractéristiques garantissent une présence constante d'insectes bénéfiques faisant du Mahot-bord-de-mer une plante indiquée pour la diversification des plantations, fournissant de multiples services écosystémiques.

4. Les plantes spontanées comme moyen de lutte biologique en systèmes de production

La diversité des plantes au sein d'une zone de cultures peut être gérée par la préservation des plantes spontanées qui sont normalement éliminées en plantations conventionnelles (Altieri et Whitcomb, 1978). L'abondance d'insectes peut être accrue et influencée par la préservation de la communauté de plantes spontanées, car une seule plante permet la création d'habitat pour un ensemble d'arthropodes (Nentwig, 1998). Quand on facilite la gestion de ces plantes, soit en bandes de végétation, soit dans les interlignes de la culture, on peut stimuler l'offre d'aliments dérivés de plantes, comme le pollen et le nectar qui agissent comme source alternative d'aliment pour les insectes prédateurs et les parasitoïdes (Stansly et al., 1997 ; Broufas et Koveos, 2000 ; Venzon et al., 2006), de proies ou d'hôtes alternatifs (Tingle et al., 1978) ; Qureshi et al., 2010), de lieu alternatif pour la ponte (Cottrell et Yeargan, 1999 ; Griffin et Yargan, 2002) ou pour la construction de toiles pour les araignées prédatrices (Nentwig, 1998 ; Amaral et al., 2016).

Les plantes spontanées peuvent contribuer de diverses manières, variant en fonction de chaque groupe ou espèce d'ennemis naturels. Dans des études réalisées en système de culture de piment, par

exemple, on a observé que la principale ressource fournie par les plantes spontanées aux coccinelles sont des proies alternatives, suivie du pollen/nectar (Amaral et al., 2013). Plus spécifiquement, pour les syrphes (Diptera : Syrphidae), qui ont besoin de pollen pour la production d'œufs, il est courant de trouver des individus survivant et s'alimentant dans les inflorescences. D'un autre côté, les espèces d'un groupe d'insectes peuvent profiter de formes différentes de la même espèce de plante spontanée. Les adultes et les larves de la coccinelle *C. sanguinea* survivent davantage quand ils ont accès aux inflorescences d'herbes aiguille (*Bidens pilosa*) et d'herbes à bouc (*Ageratum conyzoides*), alors que l'autre espèce de coccinelle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae) n'a pas obtenu le même succès (Amaral et al., 2013). Dans une recherche récente, on a constaté que *C. sanguinea* présentait une préférence pour des systèmes de tomate avec les herbes aiguille quand on le compare avec la tomate seule (Fonseca et al., 2017). D'ailleurs la survie de cette coccinelle a été meilleure quand il y avait association de la tomate et de l'herbe aiguille (Fonseca et al., 2017).

Dans les agro-écosystèmes, la présence de plantes spontanées spécifiques peut affecter positivement les guildes d'araignées. Les différentes guildes d'araignées, aux stratégies diversifiées de recherche de nourriture et de capture de proies, peuvent avoir un effet complémentaire dans la gestion des ravageurs. Comme stratégie de lutte biologique conservatrice, la diversité et l'abondance d'araignées peut être influencée par la structure physique et la complexité de l'environnement. Dans une étude réalisée en culture de piment Malagueta, on a observé que chaque espèce de plante spontanée est associée à différentes guildes d'araignées, telles que : araignées chasseuses du sol et des feuilles ; constructrices de toiles orbiculaires ou tridimensionnelles ; sauteuses ; d'embuscades (Amaral et al., 2016). De plus, la composition de différentes guildes d'araignées dans le système de plantation est affectée par la gestion de la végétation. Les guildes présentes sur les plantes spontanées sont similaires à celles rencontrées dans la culture associée à cette végétation. Les plantes spontanées augmentent l'abondance totale d'araignées dans la zone du piment, et provoquent ainsi une réduction des attaques de pucerons. Quant à la distribution spatiale, les araignées rencontrées en culture de piment se concentrent près des bandes de végétation spontanée (Amaral et al., 2016).

Les effets négatifs de l'interaction des ennemis naturels peuvent être réduits ou contournés grâce à la gestion des plantes spontanées. La diversité fonctionnelle résultant de la gestion des plants spontanés peut être observée dans les changements de configuration spatiale et dans l'accès aux ressources alimentaires, amplifiant l'hétérogénéité. La gestion de plants de courge (*Cucurbita pepo*) et de la plante spontanée armoise (*Artemisia vulgaris*) a été utilisée comme modèle d'hétérogénéité spatiale pour vérifier les interactions, entre différents stades du cycle des coccinelles *Hippodamia convergens* et *H. axyridis* (Amaral et al., 2015). Les comportements de quête de nourriture et de ponte de *H. convergens* sont altérés significativement en présence d'hétérogénéité spatiale. Ainsi, la présence de plantes spontanées réduit la prédation intra-guille d'œufs et de larves de *H. convergens* et modifie la distribution spatiale des adultes des espèces de coccinellidés (Amaral et al., 2015). L'hétérogénéité de l'habitat peut favoriser un mécanisme de partition spatiale des guildes qui réduit les interactions négatives entre coccinellidés.

Les stratégies de gestion de l'habitat au moyen de la conservation des plantes spontanées associées aux zones de culture, au-delà de fournir différentes ressources comme du pollen et du nectar, peuvent fournir un microclimat raisonnable, un refuge et des proies alternatives aux ennemis naturels (Landis et al., 2000). Au contraire, les stratégies de gestion conventionnelles, telles que l'application d'insecticides et l'élimination totale de la végétation spontanée, peuvent affecter négativement les population de prédateurs (Bianchi et al., 2007). Dans le but de tester ces hypothèses, une étude a été réalisée utilisant comme modèle des champs de piment Malagueta. Dans cette étude il a été évalué comment des pratiques agricoles, telles que la préservation de la végétation spontanée et l'utilisation d'insecticides chimiques, peuvent affecter la diversité et la richesse en coccinellidés prédatrices. Pour cela, il a été évalué trois stratégies de gestion : (a) zones où la végétation spontanée est présente (sans application de pesticides) ; (b) zones sans végétation spontanée (sans application de pesticides) et (c)

zones avec gestion conventionnelle des ravageurs (avec utilisation de pesticides) sans végétation spontanée. Les résultats ont montré que l'abondance et la richesse en coccinellidés sont plus importantes en zones de plantation de piment avec présence de végétation spontanée, qu'elles sont moindre en zones sans végétation spontanée et plus faibles encore en zones de gestion conventionnelle. Au cours de l'évaluation de l'expérimentation il a été observé des espèces distinctes de coccinellidés associées aux différents systèmes de gestion. Les espèces telles que *Scymnus* sp., sont les plus fréquentes, suivies par *Hyperaspis* sp. et *Hippodamia convergens*. Par conséquent, la gestion de la végétation spontanée en systèmes de plantation de piment produit des effets positifs sur l'abondance et la richesse en coccinellidés. Inversement, l'élimination des plantes spontanées et l'application de pesticides amène une réduction des populations de coccinellidés (Chiguachi et al., en préparation).

Le sol des agro-écosystèmes peut abriter des arthropodes prédateurs tels que les araignées et les coléoptères qui font preuve d'un grand potentiel de lutte contre les ravageurs du fait de leur vaste gamme de proies (Symondson et al., 2002). Au sol, on trouve aussi différents types de pathogènes, tels que les champignons entomopathogènes. Ces microorganismes jouent un rôle important dans le contrôle des populations de ravageurs (Meyling et Eilenberg, 2007). Bien que les populations d'ennemis naturels puissent être favorisées par la préservation de l'habitat au sol, certains processus peuvent demander plus de temps pour se rétablir (Bardgett et al., 2005 ; Letourneau et al., 2011). Ces hypothèses ont été vérifiées à partir de prélèvements de prédateurs et de champignons entomopathogènes dans les sols des cultures de piment Malagueta, avec et sans la présence de végétation spontanée. La préservation des plantes spontanées ne représente pas une stratégie capable de restaurer l'activité des champignons entomopathogènes. Néanmoins, les parcelles de piment Malagueta gérées en préservant les plantes spontanées ont gardé une abondance supérieure en coléoptère prédateurs de la famille des Carabidae, comparées avec les parcelles en monoculture (Perez, 2016).

Lorsque l'on souhaite adapter des stratégies de culture visant à favoriser la gestion écologique des ravageurs, la préservation des plantes spontanées peut s'avérer être une stratégie d'adoption facile dans divers agro-écosystèmes, surtout en systèmes de production biologiques ou agroécologiques. Plus spécifiquement, en culture de légumes, généralement réalisée en petites surfaces de culture et caractérisée par la prédominance de main d'œuvre familiale et par la diversité des activités agricoles, il est possible d'utiliser la gestion des plantes spontanées comme promoteur de services écologiques au sein des exploitations. Par conséquent, la connaissance des espèces de plantes spontanées les plus efficaces pour favoriser le contrôle biologique et la question des mécanismes spécifiques garantissant la présence d'ennemis naturels peuvent être d'importants sujets d'étude, surtout quand on réfléchit à l'évolution des techniques de culture et à la façon de les promouvoir à travers les politiques publiques visant la durabilité des systèmes de production familiaux.

5. Les systèmes agroforestiers comme alternative dans la lutte contre les ravageurs en caféière

Le café est l'une des cultures agricoles les plus importantes du monde et dans divers pays d'Amérique Latine il est cultivé en systèmes agroforestiers (Perfecto et al., 1996 ; Moguel et Toledo, 1999 ; Perfecto et al., 2007 ; Jha et al. 2011 ; FAO, 2012). Au Brésil 95% du café est cultivé en plein soleil, toutefois, un certain nombre d'agriculteurs a adopté les systèmes agroforestiers, comme alternative pour la récupération des agro-écosystèmes dégradés (Cardoso et al., 2001 ; Jha et al., 2011 ; Sales et al., 2013 ; Souza et al., 2012). La sélection des arbres qui composent ces systèmes est basée sur leur compatibilité avec le café, sur la diversification des productions, en plus de la quantité de biomasse produite et la facilité de conduite (Souza et al., 2010). Les arbres du genre *Inga* Miller (Fabaceae) se rencontrent communément dans les caféières sous systèmes agroforestiers, particulièrement parce qu'

ils fixent l'azote, un élément nutritif essentiel pour la productivité en écosystèmes tropicaux (Soto-Pinto et al., 2001,2007 ; Souza et al., 2010 ; Tully et al., 2012). Les arbres d'Inga possèdent des nectaires extrafloraux qui ont un rôle important dans les agro-écosystèmes, car ils peuvent fournir des ressources pour les ennemis naturels contribuant à la régulation naturelle des phytophages (Rezende et al., 2014).

Dans des études réalisées dans des caféières sous systèmes agroforestiers, dans la zone de la Mata Mineira il a été remarqué que la disponibilité en nectar des arbres d'Inga augmentait le parasitisme de la mineuse des feuilles du caféier *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera : Lyonetiidae), et diminuait les dégâts causés par le scolyte du caféier *Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Cucurilionidae : Scolytinae) sur les plants de café (Rezende et al., 2014). La mineuse des feuilles et le scolyte sont considérés comme des ravageurs clefs en caféiculture,

Par conséquent, les études qui cherchent à comprendre le rôle de la biodiversité dans les agro-écosystèmes sont extrêmement importants car ils peuvent contribuer à la sélection des espèces dans le but d'une diversification stratégique pour le contrôle naturel de ravageurs. Les systèmes agroforestiers peuvent être une stratégie efficace pour le contrôle naturel des ravageurs. La sélection des espèces végétales est essentielle pour qu'on arrive à favoriser les services écosystémiques recherchés. En agro-écosystèmes caféiers, l'Inga est une espèce capable de potentialiser le contrôle biologique des ravageurs et d'améliorer la productivité.

Conclusions

La gestion écologique des ravageurs est possible sous différents systèmes de gestion agricole, et diverses options disponibles existent. Cependant, l'introduction et la préservation d'une plante, autre que la culture d'intérêt dans le champ doit être réalisée en prenant en compte les situations spécifiques et les demandes des agriculteurs localement. Pour que cela arrive et que la gestion devienne fonctionnelle dans le sens où la plante introduite est pourvoyeuse de différents services écosystémiques, il est nécessaire de comprendre les interactions écologiques entre les plantes, les ravageurs et les ennemis naturels. En conséquence, ceci implique que la recherche scientifique doit être réalisée sous forme participative, conjointement avec les agriculteurs et d'autres acteurs qui peuvent contribuer et participer au processus productif sous différentes formes. A partir de cette approche il est possible que les systèmes agricoles, particulièrement à petite échelle avec des agriculteurs familiaux, deviennent les protagonistes de la conciliation d'objectifs jusqu'ici opposés : production d'aliments, gain économique, demandes de conservation de la biodiversité et préservation de multiples services écosystémiques.

Remerciements

Au Conseil National de Développement Scientifique et Technologique (CNPq) et à la Fondation d'Appui à la Recherche de l'Etat du Minas Gerais (FAPEMIG) pour le soutien financier au projet de recherche et pour les bourses concédées. Aux agriculteurs, techniciens et étudiants qui ont participé aux recherches relatées.

Ce texte a été traduit du portugais en français par Philippe Jacoulot (DAAF Guyane / SALIM).

Références bibliographiques

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2004. Ministério da saúde, Brasil. <http://consultas.anvisa.gov.br/#!/medicamentos/25351148578200429/>

Altieri M.A., Whitcom W.H.,1978. The potential use of weeds in manipulation of beneficial insects. HortScience 14, 12-18.

- Amaral D.S.S.L., Venzon M., Duarte M.V.A., Sousa F.F., Pallini A., Harwood J.D., 2013. Non-crop vegetation associated with chili pepper agroecosystems promote the abundance and survival of aphid predators. *Biological Control* 64, 338–346.
- Amaral D., Venzon M., Perez A.L., Schmidt J.M., Harwood J.D., 2015. Coccinellid interactions mediated by vegetation heterogeneity. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 156, 160-169.
- Amaral D.S., Venzon M., dos Santos H.H., Sujii E.R., Schmidt J.M., Harwood J.D., 2016. Non-crop plant communities conserve spider populations in chili pepper agroecosystems. *Biological Control* 103, 69–77.
- Arab A., Bento J.M.S., 2006. Plant volatiles: new perspectives for research in Brazil. *Neotropical Entomology* 35, 151-158.
- Barbosa P., Hines J., Kaplan I., Martinson H., Szczepaniec A., Szendrei Z., 2009. Associational resistance and associational susceptibility: having right or wrong neighbors. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40, 1–20.
- Bardgett R.D., Bowman W.D., Kaufmann R., Schmidt S.K., 2005. A temporal approach to linking aboveground and belowground ecology. *Trends in Ecology & Evolution* 20, 634-641.
- Basedow T., Hua L., Aggarwal N., 2006. The infestation of *Vicia faba* L. (Fabaceae) by *Aphis fabae* (Scop) (Homoptera: Aphididae) under the influence of Lamiaceae (*Ocimum basilicum* L & *Satureja hortensis* L). *Journal of Pest Science* 7, 149–154.
- Batista M.C., Fonseca M.C.M, Teodoro A.V., Martins E.F., Pallini A., Venzon M., 2017. Basil (*Ocimum basilicum* L.) attracts and benefits the green lacewing *Ceraeochrysa cubana* Hagen. *Biological Control* 110, 98–106.
- Bianchi F.J.J.A., Honěk A., Van Der Werf W., 2007. Changes in agricultural land use can explain population decline in a ladybeetle species in the Czech Republic: evidence from a process-based spatially explicit model. *Landscape Ecology* 22,1541-1554.
- Brito A.C., Souza J.D., Rebouças T.N.H., Amaral C.L.F., 2010. Propriedades do pólen e do estigma de *Ocimum basilicum* L. (cultivar Maria Bonita) para aumentar a eficiência de cruzamentos em programas de melhoramento. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 12, 208-214.
- Broufas G., Koveos D., 2000. Effect of different pollens on development, survivorship and reproduction of *Euseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae). *Environmental Entomology* 29, 743–749.
- Cardoso I.M., Gruijt I., Franco F.S., Carvalho A.F., Ferreira Neto P.S., 2001. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. *Agricultural Systems* 69, 235–257.
- Cottrell T.E., Yeargan K.V., 1999. Factors influencing dispersal of larval *Coleomegilla maculata* from the weed *Acalypha ostryaefolia* to sweet corn. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 90, 313–322.
- FAO, 2012. FAOSTAT: Food and agriculture organization of the United Nations.
- Fonseca M.M., Lima E., Lemos F., Venzon M., Janssen A., 2017. Non-crop plant to attract and conserve an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae) in tomato. *Biological Control* 115, 129-134.
- Gasparino E.C., Barros M.A.V., 2009. Palinotaxonomia das espécies de Cordiaceae (Boraginales) ocorrentes no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 32, 33-55.
- Griffin M., Yeargan K.V., 2002. Oviposition site selection by the spotted lady beetle *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae): choices among plant species. *Environmental Entomology* 31, 107-111.
- Heil M., 2008. Indirect defence via tritrophic interactions. *New Phytologist* 178, 41–61.
- Hilje L., Stansly P.A., 2008. Living ground covers for management of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and tomato yellow mottle virus (ToYMoV) in Costa Rica. *Crop Protection* 27, 10-16.
- Jha S., Bacon C. M., Philpott S.M., Rice R.A., Méndez V.E., Läderach P., 2011. A review of ecosystem services, farmer livelihoods, and value chains in shade coffee agroecosystems. In: W.B. Campbell, S.L. Ortiz, (Eds). *Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field*, 141-208. Springer, The Netherlands.

- Kwee E.M., Niemeyer E.D., 2011. Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chemistry* 128, 1044–1050.
- Landis D.A., Wratten S.D., Gurr G.M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45, 175-201.
- Letourneau D.K., Armbrrecht I., Rivera B.S., Lerma J.M., Carmona E. J., Daza M.C., Mejía J.L., 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications* 21, 9-21.
- López M.D., Jordán M.J., Pascual-Villalobos M.J., 2008. Toxic compounds in essential oils of coriander, caraway and basil active against stored rice pests. *Journal of Stored Products Research* 44, 273– 278.
- Lorenzi H.E., Matos F.J.A., 2002. Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum 512p.
- Lorenzi H., Matos F.J.A., 2008. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum 544p.
- Martins E.F., 2017. Interações ecológicas da erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) e seus artrópodes visitantes. Dissertação de Mestrado, UFV. Viçosa, Brasil.
- Marouelli W.A., Medeiros M.A., Sousa R.F., Resende F.V., 2011. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. *Horticultura Brasileira* 29, 429-434.
- Marwat S.K., Rehman F., Khan M.S., Ghulam S., Anwar S., Mustafa G., Usman K., 2011. Phytochemical constituents and pharmacological activities of sweet basil – *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae). *Asian Journal of Chemistry* 23, 3773–3782.
- Medeiros M.A., Sujii, E.R., Morais H.C., 2009a. Effect of plant diversification on abundance of South American tomato pinworm and predators in two cropping systems. *Horticultura Brasileira* 27, 300-306.
- Medeiros M.A., Sujii E.R., Rasi G.C., Liz R.S., Morais H.C., 2009b. Padrão de oviposição e tablea de vida da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 53, 452-456.
- Medeiros M.A., Sujii E.R., Morais H.C., 2011. Fatores de mortalidade na fase de ovo de *Tuta absoluta* em sistemas de produção orgânico e convencional de tomate. *Bragantia* 70, 72-80.
- Meyling N.V., Eilenberg J., 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. *Biological Control* 43, 145-155.
- Michelin E.M.Z., Salvador A.A., Riehl C.A.S., Smânia Junior A., Smânia E.F. A., Ferreira S.R.S., 2009. Chemical composition and antibacterial activity of *Cordia verbenacea* extracts. *Bioresource Technology* 100, 6615-6623.
- Mithöfer A., Boland W., 2012. Plant defense against herbivores: chemical aspects. *Annual Review of Plant Biology* 63, 431–450.
- Moguel, P., Toledo, V., 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13, 11-21.
- Nascimento A.S., Mesquita A.L.M., Caldas E.R.C., 1986. Flutuação populacional e Manejo da broca da laranjeira, *Cratosomus flavofasciatus* Guerin, 1844 (Coleoptera: Curculionidae) com "maria preta" *Cordia verbenaceae* (Borraginaceae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 15, 125-134.
- Nentwig W., 1998. Weedy plant species and their beneficial arthropods: potential for manipulation in field crops. In: C.H. Pickett and R.L. Bugg (Eds), *Enhancing biological control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests*, 49-72. UC Press, Berkeley.
- Pereira A.L.C., Taques T.C., Valim J.O.S., Madureira A.P., Campos, W.G., 2015. The management of bee communities by intercropping with flowering basil (*Ocimum basilicum*) enhances pollination and yield of bell pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Insect Conservation* 19, 479-486.
- Perez A.L., 2016. Agroecosystem management strategies and trophic interactions among herbivores, pathogens and predators. Tese de Doutorado, UFV. Viçosa, Brasil.

- Perfecto I., Rice R.A., Greenberg R., Van der Voort M.E., 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46, 598-608.
- Perfecto I., Armbrrecht I., Philpott S.M., Soto-Pinto L., Dietsch T.M., 2007. Shaded coffee and the stability of rainforest margins in northern Latin America. In: T. Tscharntke, Leuschner C., et al (eds). *The stability of tropical rainforest margins, linking ecological, economic and social constraints of land use and conservation*, 227-263. Springer Verlag, Berlin.
- Popovic Z., Kostic M., Stankovic S., Milanovic S., Sivčev I., Kostić I., Kljajić P., 2013. Ecologically acceptable usage of derivatives of essential oil of sweet basil, *Ocimum basilicum*, as antifeedants against larvae of the gypsy moth *Lymantria dispar*. *Journal of Insect Science* 13, 1–12.
- Qureshi S.A., Midmore D.J., Syeda S.S., Reid D.J., 2010. A comparison of alternative plant mixes for conservation bio-control by native beneficial arthropods in vegetable cropping systems in Queensland Australia. *Bulletin of Entomology Research* 100, 67-73.
- Rezende M.Q., Venzon, M., Perez, A.L., Cardoso, I.M., Janssen, A. 2014. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880914001054>. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 188, 198-203.
- Stansly P.A., Schuster D.J., Liu T.X., 1997. Apparent parasitism of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) by Aphelinidae (Hymenoptera) on vegetable crops and associated weeds in south Florida. *Biological Control* 9, 49–57.
- Sales E.F., Méndez V.E., Caporal F.R., Faria J.C., 2013. Conilon coffee (*Coffea canephora*) agroforestry systems in the state of Espírito Santo, Brazil. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37, 405-429.
- Salisbury F.B., Ross C.W., 1992. *Plant Physiology* 4. Ed. Belmont: Company, 682p.
- Schader C., Zaller J.G., Kopke U., 2005. Cotton-basil intercropping: effects on pests, yields and economical parameters in an organic field in Fayoum. Egypt. *Biological Agriculture and Horticulture* 23, 59–72.
- Schnee C., Köllner T.G., Held M., Turlings T.C., Gershenson J., Degenhardt J., 2006. The products of a single maize sesquiterpene synthase form a volatile defense signal that attracts natural enemies of maize herbivores. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103, 1129–1134.
- Soto-Pinto L., Romero-Alvarado Y., Caballero-Nieto J., Warnholtz G.S., 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown coffee plantations in northern Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 49, 977 – 987.
- Soto-Pinto, L., Villalvazo V., Jimenez-Ferrer G., Ramírez-Marcial N., Montoya G., Sinclair F., 2007. The role of coffee knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16, 419–436.
- Souza H.N., Cardoso I.M., Fernandes J., Garcia F., Bonfim V., Santos A., Carvalho A., Mendonça E., 2010. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. *Agroforestry Systems* 80,1-16.
- Souza H.N., De Goede R.G.M., Brussaard L., Cardoso I.M., Duarte E.M.G., Fernandes R.B.A., Gomes L.C., Pulleman M.M., 2012. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 146, 179-196.
- Sujii E.R., Venzon M., Medeiros M.A., Pires C.S.S., Togni, P.H.B., 2010. Práticas culturais no manejo de pragas na agricultura orgânica. In: M. Venzon, T.J. Paula Júnior, A. Pallini (eds), *Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica*. EPAMIG, 143-168, Viçosa, Brasil.
- Symondson W., Sunderland K., Greenstone M., 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review Of Entomology* 47, 561–594.
- Tang G.B., Song B.Z., Zhao L.L., Sang X.S., Wan H.H., Zhang J., Yao Y.C., 2013. Repellent and attractive effects of herbs on insects in pear orchards intercropped with aromatic plants. *Agroforestry Systems* 87, 273–285.
- Tingle F.C., Ashley T.R., Mitchell E.R., 1978. Parasites of *Spodoptera exigua*, *S. eridania* (Lep.: Noctuidae) and *Herpetogramma bipunctalis* (Lep.: Pyralidae) collected from *Amaranthus hybridus* in field corn. *Entomophaga* 23, 343–347.

- Togni P.H.B., 2014. Habitat manipulation for conservation biological control in organic vegetable crops. Tese de Doutorado, UFV. Viçosa, Brasil.
- Togni P.H.B., Cavalcante K.R., Langer L.F., Gravina C.S., Medeiros M.A., Pires C.S.S., Fontes E.M.G., Sujii E.R., 2010b. Conservação de inimigos naturais (Insecta) em tomateiro orgânico. Arquivos do Instituto Biológico 77, 669-676.
- Togni P.H.B., Frizzas M.R., Medeiros M.A., Nakasu E.Y.T., Pires C.S.S., Sujii E.R., 2009. Dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomate monocultivo e consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. Horticultura Brasileira 27, 179-184.
- Togni P.H.B., Laumann R.A., Medeiros M.A., Sujii E.R., 2010a. Odour masking of tomato volatiles by coriander volatiles in host plant selection of *Bemisia tabaci* biotype B. Entomologia Experimentalis et Applicata 136, 164-173.
- Togni P.H.B., Venzon M., Muniz C.A., Martins E.F., Pallini A., Sujii E.R. 2016. Mechanisms underlying the innate attraction of an aphidophagous coccinellid to coriander plants: Implications for conservation biological control. Biological Control 92, 77-84.
- Thaler J.S., Fidantsef A.L., Duffey S.S., Bostock R.M., 1999. Trade-offs in plant defense against pathogens and herbivores: a field demonstration of chemical elicitors of induced resistance. Journal of Chemical Ecology 25, 1597-1609.
- Tully K.L., Lawrence D., Scanlon T.M., 2012. More trees less loss: Nitrogen leaching losses decrease with increasing biomass in coffee agroforests. Agriculture Ecosystems & Environment 161, 137-144.
- Venzon M., Rosado M.C., Euzébio D.E., Souza B., Schoereder J.H., 2006. Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Neotropical Entomology 35, 371-376.
- Venzon M., Togni, P.H.B., Amaral D.S.S.L., Rezende M.Q., Fonseca M.C.M., Martins E.F., 2015. Manejo agroecológico de pragas. Informe Agropecuário 36, 19-30.
- Wan H.H., Song B.Z., Tang G.B., Zhang J., Yao Y.C., 2015. What are the effects of aromatic plants and meteorological factor on *Pseudococcus comstocki* and its predators in pear orchards?. Agroforestry Systems 89, 537-547.
- Yi C.G., Kwon M., Hieu T.T., Jang Y.S., Ahn Y.J., 2007. Fumigant toxicity of plant essential oils to *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) and *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Asia-Pacific Entomology 10 157-156.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL).