

Diversité des Arthropodes rencontrés en culture cotonnière au Paraguay. 2. Insectes prédateurs, parasitoïdes et hyperparasitoïdes

Pierre Jean Silvie^(1,2), Gérard Delvare⁽³⁾, Henri-Pierre Aberlenc⁽³⁾, Patrick Prudent⁽³⁾, Hécio Gil-Santana⁽⁴⁾, Victor Adolfo Gomez⁽⁵⁾, Rosa Cardozo⁽⁶⁾ & Bruno Michel⁽³⁾

⁽¹⁾ CIRAD, UPR Agroécologie et Intensification Durable des cultures Annuelles, F-34398 Montpellier Cedex 5, France.

⁽²⁾ IRD, UR 072, Laboratoire Evolution, Génomes et Spéciation, 91405 Orsay Cedex, France.

⁽³⁾ CIRAD, UMR CBGP (INRA/IRD/CIRAD/Montpellier SupAgro), Campus International de Baillarguet, CS 30016, 34988, Montferrier-sur-Lez Cedex, France.

⁽⁴⁾ Laboratório de Díptera, Instituto Oswaldo Cruz, Av. Brasil, 4365, Manguinhos. CEP 21.040-360, Rio de Janeiro- RJ, Brésil.

⁽⁵⁾ Universidad Nacional de Asunción, Dpto. de Protección Vegetal, División Entomología Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay.

⁽⁶⁾ Instituto Agronómico Nacional, Caacupe, Paraguay.

* Tel: 00 (33) 4 67 61 49 32, Fax: 00 (33) 6 67 61 56 66, E-mail: pierre.silvie@cirad.fr

Article reçu le 28 mai 2013 et accepté le 15 mai 2014

Au Paraguay, l'inventaire des ennemis naturels des principaux ravageurs du cotonnier a été initié dès 1984. Le maintien ou le renforcement de la régulation naturelle exercée par ces auxiliaires est un des moyens préconisés par l'application du concept de lutte intégrée. Le développement à grande échelle de variétés de cotonniers transgéniques (Bt) résistant aux Lépidoptères pourrait avoir un impact, direct ou indirect, sur les populations de certains insectes auxiliaires. Une actualisation des connaissances sur les taxons des ennemis naturels des Arthropodes phytophages présents au Paraguay était nécessaire. Le groupe des prédateurs comprend 18 genres (espèces non identifiées) et 63 espèces identifiées d'insectes dont 22 sont considérées comme nouvellement mentionnées. La coccinelle *Harmonia axyridis* (Pallas) a été observée pour la première fois sur le cotonnier au Paraguay en 2006, dans différentes localités, puis retrouvée en 2009. Elle est clairement établie dans ce pays. Parmi les 30 genres de parasitoïdes dont les espèces n'ont pu être identifiées, 13 sont nouvellement signalés. Parmi les 34 espèces de parasitoïdes identifiées, 17 sont nouvellement signalées. Les familles des Braconidae, Chalcididae et Ichneumonidae sont les mieux représentées. Les recherches pourraient être davantage orientées vers les parasitoïdes d'œufs. Nos résultats montrent la présence originelle d'une grande diversité d'espèces d'ennemis naturels qui, dans certains cas, permet de fortement limiter les applications d'insecticides. Avec le développement de la culture intensive du soja au Paraguay, il apparaît important de préserver les habitats naturels pour maintenir l'action des ennemis naturels.

Mots-clés: coton, insectes, ennemis naturels, insectes auxiliaires, Paraguay.

In Paraguay, an inventory of the main natural enemies of cotton pests was launched as early as 1984. Maintaining or enhancing natural regulation via these auxiliary organisms is—through application of the integrated pest management concept—recommended. Large-scale development of transgenic (Bt) cotton varieties resistant to lepidopterans could have a direct or indirect impact on populations of some beneficial insects. A knowledge update on the taxa of natural enemies of phytophagous arthropods

present in Paraguay was hence necessary. The predator group includes 18 genera (unidentified species) and 63 identified insect species, 22 of which are listed for the first time. The ladybird *Harmonia axyridis* (Pallas) was first detected at different locations on cotton in Paraguay in 2006, and then again in 2009. This species now has a clear foothold in the country. Of the 34 identified parasitoid species, 17 were reported for the first time. The Braconidae, Chalcididae and Ichneumonidae families were the most highly represented. Further research could be focused more specifically on egg parasitoids. Our results highlighted the unique presence of a broad variety of different species of natural enemies which can sometimes substantially reduce the need for pesticide treatments. With the development of intensive soybean cropping in Paraguay, it is crucial to preserve natural habitats in order to maintain these natural enemies and thus their pest control potential.

Keywords: cotton, insects, natural enemies, beneficial, Paraguay.

1 INTRODUCTION

Le cotonnier est l'une des plantes cultivées les plus attaquées au monde par les insectes. La diversité des Arthropodes phytophages présents sur cette culture au Paraguay a été rapportée par Silvie *et al.* (2014), elle représente un total de 170 espèces et 60 genres pour lesquels les espèces n'ont pas pu être identifiées. Dans ce pays, l'inventaire des ennemis naturels des principaux ravageurs a été initié dès l'année 1984, en particulier pour anticiper la menace due à l'entrée attendue de l'anthonome du cotonnier à partir du Brésil (Anonyme, 1989). Un meilleur usage, voire une réduction de l'emploi des insecticides, était recherché car la protection phytosanitaire avec des matières actives chimiques de synthèse éliminent généralement les insectes ou les araignées bénéfiques pour l'agriculteur. Le maintien ou le renforcement de la régulation naturelle exercée par ces auxiliaires est un des moyens préconisés par l'application du concept de lutte intégrée. Une autre question d'intérêt plus récente est l'impact, direct ou indirect, que pourrait avoir le développement à grande échelle des variétés de cotonniers transgéniques résistant aux lépidoptères. En effet, la multiplication des semences de ce type de variétés et leur diffusion commerciale a été annoncée en 2012. Ces différentes raisons nous ont poussés à actualiser les connaissances sur les taxons des ennemis naturels des Arthropodes phytophages actuellement identifiés sur le cotonnier au Paraguay.

2 MATERIEL ET METHODES

L'inventaire des espèces présentées dans cette synthèse a été réalisé à partir des collectes de MM. R. Delattre, P. Prudent, B. Michel et des données publiées antérieurement (Prudent, 1983;

Michel & Prudent, 1987; Michel, 1989, 1992, 1993, 1994) complétées par des observations *in situ* effectuées lors de tournées de suivis d'essais de 1998 à 2002. Des prélèvements et la mise en observation ou l'élevage ont été réalisés, pour les œufs et les stades juvéniles, les stades larvaires visiblement parasités, les cocons de parasitoïdes et les chrysalides. D'autres relevés ont été réalisés lors d'une mission de terrain effectuée du 18 au 27 janvier 2001 (cf. Silvie *et al.*, 2014). La plus grande partie de l'identification des Hyménoptères parasitoïdes a été faite par l'un des auteurs (G. Delvare). Les autres taxonomistes consultés sont mentionnés dans les remerciements, ainsi que les familles dont ils sont spécialistes. La grande majorité des insectes identifiés est conservée dans les collections du CIRAD en France, à Montpellier, en dépôt à l'Unité Mixte de Recherche CBGP. Le double d'une partie des collections est conservé au Paraguay, à l'Instituto Agronómico Nacional (IAN) de Caacupe, à 50 km d'Asunción, ainsi que pour quelques familles, dans les musées brésiliens concernés.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

La localisation géographique des divers lieux de collecte ou d'observation a été précisée (Silvie *et al.*, 2014). Les **Tableaux 1 et 2** présentent les insectes identifiés au moins jusqu'au niveau du genre. Les genres ou espèces nouvellement identifiés, ou les noms modifiés à la suite des révisions taxonomiques récentes, sont signalés. Quelques indications sont données sur la biologie, l'abondance relative et la localisation géographique, à partir de toutes les sources d'informations citées. Les principaux ennemis naturels observés ont été décrits dans divers manuels illustrés d'aide à la reconnaissance destinés aux utilisateurs de terrain (Silvie & Thomazoni, 2009; Silvie *et al.*, 2009). Parmi les

prédateurs, nous n'avons pas repris les rares noms d'araignées ou d'acariens signalés par Michel (1989), de plus amples collectes et identifications étant nécessaires pour ces groupes.

3.1 Insectes prédateurs

Tableau 1: Insectes prédateurs rencontrés en culture cotonnière au Paraguay

	Proies répertoriées	Localités de signalement ^a
ORTHOPTERA Ensifera		
OECANTHIDAE		
<i>Oecanthus</i> sp.		Ca
DERMAPTERA		
FORFICULIDAE		
<i>Doru lineare</i> (Eschsholtz 1822)	Œufs, jeunes larves	Ch, Co, IP, Yh
DICTYOPTERA		
HYMENOPODIDAE		
<i>Acontiothespis brevipennis</i> (Saussure 1872)*		Ca
<i>Acontiothespis concinna</i> (Perty 1833)*		Ca, Y
MANTIDAE		
<i>Orthoderella ornata</i> Giglio-Tos 1897*		SRA
THYSANOPTERA		
AEOLOTHRIPIDAE		
<i>Franklinothrips vespiformis</i> (Crawford 1909)	<i>F. shultzei</i> , <i>B. tabaci</i>	Ca
HEMIPTERA PROSORRHYNCHA		
ANTHOCORIDAE		
<i>Orius insidiosus</i> (Say 1832)*	Œufs lépidoptères, jeunes chenilles, thrips	Ca, SR
LYGAEIDAE		
<i>Geocoris ventralis</i> (Fieber 1861)	Œufs, jeunes chenilles, pupes syrphes	Ca, Co, IP, P, Yh
MIRIDAE		
<i>Ceratocapsus dispersus</i> Carvalho & Fontes 1983		Co
<i>Ceratocapsus paraguayensis</i> Carvalho & Fontes 1983		Ca
NABIDAE		
<i>Nabis (Tropiconabis) capsiformis</i> (Germar 1838)	Œufs, jeunes chenilles	Cg, Co, P
PENTATOMIDAE		
<i>Alcaeorrhynchus grandis</i> (Dallas 1851)	Larves <i>A. argillacea</i>	Ca, Co, SJB
<i>Oplomus</i> sp.		
<i>Podisus nigrispinus</i> (Dallas 1851)	Larves <i>A. argillacea</i> , larves <i>Pullus</i>	Co, G, NT
<i>Tynacantha</i> sp. aff. <i>marginata</i> Dallas 1851		
REDUVIIDAE	Lépidoptères (dont larves <i>A. argillacea</i>)	
<i>Arilus carinatus</i> (Forster 1771)		
<i>Arilus</i> sp. aff. <i>cristatus</i> (L. 1763)		Co
<i>Apiomerus</i> sp.		
<i>Apiomerus apicalis</i> Burmeister 1835*		G
<i>Apiomerus lanipes</i> (F. 1803)*		

<i>Atopozelus opsimus</i> Elkins, 1954*		Yh
<i>Atrachelus cinereus</i> ssp. <i>crassicornis</i> (Burmeister 1835)*		Ca, SJB, G
<i>Cosmoclopius</i> sp. aff. <i>annulosus</i> Stål 1872*		
<i>Graptocleptes bicolor</i> (Burmeister 1838)*		Ch
<i>Hirranetis</i> sp.		
REDUVIIDAE (Suite)		
<i>Notocyrtus dorsalis</i> (Gray 1832)*		Ch
<i>Phymata fasciata</i> (Gray 1832)*	Adultes de <i>P. gossypiella</i>	Co, IP
<i>Phymata</i> sp. aff. <i>fortificata</i> (Herrich-Schäffer 1844)*		
<i>Repipta</i> sp.		
<i>Sinea</i> sp.		
<i>Zelus</i> spp.		Ca, Ch, G, SRA, Y, Yh
<i>Zelus armillatus</i> (Lepelletier & Serville 1825)*	Larves <i>A. argillacea</i>	G
<i>Zelus illotus</i> Berg 1879*		Cg, Ch, Co, SR, SJB, TRP, Y, Yh
<i>Zelus laticornis</i> (Herrich-Schäffer 1853)*		Ch
<i>Zelus leucogrammus</i> (Perty 1833)		
<i>Zelus longipes</i> (L. 1767)		Ca, Co, P, SJB, Yh
<i>Zelus ruficeps</i> Stål 1862*	Larves <i>A. argillacea</i>	G
COLEOPTERA		
CARABIDAE		
<i>Castrida alternans granulatum</i> (Perty 1830)*	Larves <i>A. argillacea</i> , <i>H. virescens</i>	SJB, SR
<i>Lebia</i> sp.	Œufs, jeunes larves	
CICINDELLIDAE		
<i>Megacephala</i> sp.*		
COCCINELLIDAE		
<i>Cycloneda conjugata</i> (Mulsant 1842)		SG
<i>Cycloneda sanguinea</i> (L. 1763)	<i>A. gossypii</i>	Ca, CB, Co, Cz, IP, P, SJB, Y
<i>Delphastus argentinicus</i> Nunenmacher 1937	<i>B. tabaci</i>	Ca
<i>Diomus</i> sp. aff. <i>Tantillus</i>	<i>P. gossypii</i>	
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas 1773)*	<i>A. gossypii</i>	Ca, CB, Cg, Ch, Y, SJB
<i>Hippodamia convergens</i> Guérin-Ménéville 1842	<i>A. gossypii</i>	
<i>Hyperaspis</i> (<i>Hyperaspis</i>) <i>festiva</i> Mulsant 1850	<i>A. gossypii</i> , jeunes chenilles <i>A. argillacea</i>	LP, SJB, Y
<i>Hyperaspis</i> (<i>Tenuisvalva</i>) <i>notata</i> Mulsant 1850	<i>A. gossypii</i> , <i>P. gossypii</i>	
<i>Naemia</i> (<i>Coleomegilla</i>) <i>maculata</i> (De Geer 1775)	<i>A. gossypii</i>	Ca
<i>Naemia</i> (<i>Eriopis</i>) <i>connexa</i> (Germar 1824)	<i>A. gossypii</i>	G, IP, SJB, SR, Y
<i>Nephus</i> sp.	<i>P. gossypii</i>	

<i>Olla v-nigrum</i> (Mulsant 1866)	<i>A. gossypii</i>	Ca, CB, Cg, Ya, Y
<i>Pullus</i> spp.	<i>A. gossypii</i>	
<i>Pullus gilae</i> (Casey 1899)	<i>A. gossypii</i>	Ca, Co
<i>Pullus loewii</i> Mulsant 1850	<i>A. gossypii</i>	Ca, CB, Y
COCCINELLIDAE (Suite)		
<i>Scymnus</i> sp.	<i>A. gossypii</i>	Ca, Ch
HISTERIDAE		
<i>Phelister rufinotus</i> Marseul 1861*		
LAMPYRIDAE		
<i>Aspisoma</i> sp.*		Ch
TROGIDAE		
<i>Trox suberosus</i> F. 1775	Œufs Acrididae (dont <i>Schistocerca paranensis</i>)	
NEUROPTERA		
CHRYSOPIDAE		
<i>Chrysoperla</i> sp.	Œufs lépidoptères, jeunes chenilles, <i>A. gossypii</i>	Ca, IP
HEMEROBIIDAE		
<i>Symphorobius</i> sp.	<i>A. gossypii</i> , <i>P. gossypii</i>	
HYMENOPTERA		
FORMICIDAE		
<i>Solenopsis</i> sp.	<i>A. argillacea</i>	Ca
VESPIDAE		
<i>Brachygastra lecheguana</i> (Latreille 1824)	<i>A. argillacea</i>	Ca, Co
<i>Gymnopolybia</i> sp.	<i>A. argillacea</i>	
<i>Polistes canadensis</i> (Linné 1758)	<i>A. argillacea</i> , <i>P. gossypiella</i>	Ca
<i>Polistes cavapyta</i> Saussure 1853	<i>A. argillacea</i>	Ca
<i>Polistes versicolor</i> (Olivier 1792)	<i>A. argillacea</i>	Cg, Cz
<i>Polybia ignobilis</i> (Haliday 1836) = <i>Polybia atra</i> Saussure 1854	<i>A. argillacea</i> , <i>Heliothis</i> sp., <i>S. frugiperda</i> , <i>P. gossypiella</i>	Ca, P
<i>Polybia occidentalis</i> (Olivier 1791)		Ca
<i>Polybia paulista</i> Ihering 1896*		P
<i>Polybia scutellaris</i> (White 1841)	<i>A. argillacea</i> , <i>S. frugiperda</i> , <i>P. gossypiella</i>	
<i>Polybia sericea</i> (Olivier 1792)	<i>A. argillacea</i> , <i>P. gossypiella</i>	IP
<i>Synoeca cyanea</i> (Fabricius 1775)	<i>A. argillacea</i>	
<i>Zeta argillaceum</i> (Linné 1758) *		Ca
DIPTERA		
DOLICHOPODIDAE		
<i>Condylostylus</i> sp.		Cz
<i>Condylostylus graenicheri</i> (Van Duzee 1927)	<i>A. gossypii</i>	Ca

<i>Condylostylus similis</i> (Aldrich 1901)	<i>A. gossypii</i>	Ca
SYRPHIDAE		
<i>Allograpta exotica</i> (Wiedemann 1830)	<i>A. gossypii</i>	Ca, Cg, SJB
<i>Pseudodoros clavatus</i> (F. 1794)	<i>A. gossypii</i>	Ca, Y
<i>Toxomerus floralis</i> (F. 1798)		Ca
<i>Toxomerus</i> sp. cf. <i>watsoni</i> (Curran)		Ca, Ch

Légende:

* = genre ou espèce nouvellement rapporté/identifié

** = nom actualisé (genre ou espèce)

Nous n'avons pas inclus les Odonates, qui sont toujours très nombreux à survoler les champs, mais dont les proies ne sont vraisemblablement pas des ravageurs du cotonnier. Les espèces de mantes et de fourmis sont certainement plus nombreuses que cette liste ne le laisse croire. Les Miridae du genre *Ceratocapsus* ont été placés parmi le groupe des prédateurs par Michel & Prudent (1987). Ces mêmes auteurs ont signalé une espèce non identifiée d'Orthoptère de la famille Tettigoniidae, prédatrice de chrysalides de *Alabama argillacea* (Hübner 1823).

Le **Tableau 1** mentionne les 63 espèces d'insectes prédateurs répertoriés sur le cotonnier au Paraguay, dont 22 sont considérées comme nouvellement mentionnées ou ont changé de nom. Parmi les 18 genres dont les espèces n'ont pu être identifiées, 3 sont nouvellement signalés: *Oecanthus*, *Megacephala* et *Aspisoma*.

Au champ, trois groupes de prédateurs sont aisément observés : (i) les insectes des familles Chrysopidae, Coccinellidae, Dolichopodidae, Hemerobiidae et Syrphidae, liées aux infestations importantes du puceron *Aphis gossypii* Glover 1877; (ii) les punaises polyphages aux couleurs souvent attrayantes de la famille des Reduviidae et (iii) les Hyménoptères prédateurs de la famille des Vespidae, très actifs, à la recherche de chenilles phyllophages comme *A. argillacea*.

Pour les Coccinellidae, quelques comptages précis ont été faits par Michel (1992). Ainsi, près de 95% des coccinelles de la tribu des Scymnini collectées en 1992 au moyen d'un filet fauchoir à Caacupe appartenaient à l'espèce *Pullus gilae* alors identifiée comme *Scymnus (Pullus) gilae*. Cette tribu représentait 70,7% de l'ensemble des Coccinellidae récoltés tandis que *Cycloneda sanguinea* et *Naemia (Eriopis) connexa* composaient respectivement 18% et 7,7% des captures. Lors de la mission réalisée en 2001, sur les 2175 exemplaires de coccinelles récoltées sur

l'ensemble des localités (CPE), nous avons retrouvé 2052 *P. gilae*, représentant près de 94% des individus collectés, mais aucun spécimen de *Scymnus*, genre très proche morphologiquement du genre *Pullus* (Gourreau, 1974). Les autres espèces identifiées étaient constituées de *Hyperaspis festiva* (3,85%), *Pullus loewi* (0,8%), *N. connexa* (0,6%) et *C. sanguinea* (0,36%).

La coccinelle *Harmonia axyridis* n'était pas connue au Paraguay. Elle a été observée pour la première fois sur le cotonnier en 2006 dans différentes localités (Silvie *et al.*, 2007). Les formes à élytres orange sans tache et noirs avec une tache rouge par élytre (forme *conspicua*) ont été observées. La première forme a été retrouvée sur cotonnier au Brésil, à Itaquiraí, état du Mato Grosso do Sul, en février 2008. Cette espèce fut retrouvée sur le cotonnier en avril et mai 2009 à San Juan Bautista et Caacupe. Elle est donc clairement établie au Paraguay. Mais, en dehors du Paraguay, dans la littérature sud-américaine consultée, elle n'a été mentionnée sur le cotonnier qu'en Colombie (Kondo & González, 2013).

Cette espèce fut initialement introduite en Argentine en 1986 à partir de la station INRA d'Antibes (France) (García *et al.*, 1999, cité dans Poutsma *et al.*, 2008) et en Colombie en 1989 ou avant (Kondo & González, 2013). Elle a été retrouvée fin 2001 dans la province de Buenos Aires (Saini, 2004). Dès son identification, en 2002, au Brésil, à Curitiba dans l'état du Paraná (de Almeida & da Silva, 2002), elle fut considérée comme espèce invasive sur le continent sud américain. Aujourd'hui, elle est signalée dans de nombreux états du Brésil avec une présence sur de nombreuses plantes infestées par diverses espèces de pucerons (Martins *et al.*, 2009; Koch *et al.*, 2011). Elle a également été recensée au Chili (Grez *et al.*, 2010), en Uruguay (Oldrich & Krejcik, 2010), au Pérou (Iannacone & Perla, 2011), en Équateur (González & Kondo, 2012) et en Colombie (Amat-García *et al.*, 2011; Brown *et*

al., 2011; Kondo & González, 2013). La question de la prédation intra-guilde (Pell *et al.*, 2008; Gardiner *et al.*, 2011) et du déclin possible des espèces autochtones de Coccinellidae est un sujet de recherches important, qui demande des observations prolongées dans le temps, comme cela a été souligné en Belgique (Vandereycken *et al.*, 2010, 2013).

Le rôle de limitation des ravageurs par les prédateurs polyphages est parfois discuté. En effet des cas de prédation d'insectes prédateurs par des punaises ont été observés: Reduviidae s'alimentant de Coccinellidae, ou un Pentatomidae piquant un Syrphidae. De plus, tout insecte parasité est susceptible d'être consommé, ce qui empêchera l'émergence et l'action du parasitoïde.

3.2 Insectes parasitoïdes et hyperparasitoïdes

Tableau 2: Insectes prédateurs, parasitoïdes et hyperparasitoïdes rencontrés en culture cotonnière au Paraguay

	Hôtes répertoriés	Localités de signalement ^a
DIPTERA		
SARCOPHAGIDAE		
<i>Sarcophaga</i> sp.	<i>Spodoptera eridania</i>	
<i>Sarcophaga acridiorum</i> Weyenberg 1875	<i>Schistocerca paranensis</i>	
<i>Sarcophaga caridei</i> Brèthes 1906	<i>Schistocerca paranensis</i>	
TACHINIDAE	Chrysalide <i>A. argillacea</i>	Co
<i>Winthemia</i> sp.	<i>S. eridania</i> Chrysalide <i>A. argillacea</i>	
HYMENOPTERA		
APHELINIDAE		
<i>Aphelinus albipodus</i> (Hayat & Fatima 1992)	<i>Aphis gossypii</i>	Ca
<i>Aphelinus gossypii</i> (Timberlake 1923)*	<i>Aphis gossypii</i>	Ca
<i>Eretmocerus</i> sp.	<i>Bemisia tabaci</i>	Ca
BETHYLIDAE	<i>Pectinophora gossypiella</i>	
<i>Goniozus ? asperulus</i> Evans 1978	<i>P.gossypiella</i>	
BRACONIDAE		
<i>Aleiodes</i> sp.*	<i>Alabama argillacea</i>	Ch
<i>Apanteles</i> sp.	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Ca
<i>Bracon</i> sp.	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Ca, Y
<i>Bracon</i> sp.	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Ca
<i>Bracon</i> sp.	<i>Anthonomus grandis</i>	Ca, Y
<i>Chelonus</i> sp.*	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Ca
<i>Cotesia</i> sp.*		Cg
<i>Dolichogenidea</i> sp.*		
<i>Glyptapanteles</i> sp.*	<i>Trichoplusia</i> sp.	Co
<i>Glyptapanteles</i> sp.*		CB, Cg, Gy
<i>Heterospilus annulicornis</i> Muesebeck 1937	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Ca
<i>Heterospilus gossypii</i> Muesebeck 1937	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Ca

<i>Heterospilus hambletoni</i> Muesebeck 1937	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Ca
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson 1880)	<i>Aphis gossypii</i>	A, Ca, Co
<i>Urosigalphus eulechriopis</i> Cushman 1926*	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Ca
<i>Rhaconotus</i> sp.	Larve <i>A. argillacea</i>	
<i>Triaspis</i> sp.	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Ca
<i>Triaspis</i> sp.	Indéterminé	Y
CHALCIDIDAE		
<i>Brachymeria annulata</i> (Fabricius 1793)*	Chrysalide <i>A. argillacea</i>	Ca, Cg, Co, NG
<i>Brachymeria annulata</i> (Fabricius 1793)*	Tachinidae	Y
<i>Brachymeria</i> aff. <i>compsilurae</i> (Crawford 1911)*		Ca
<i>Brachymeria subconica</i> Bouček 1992*	Chrysalide <i>A. argillacea</i>	CB, Co
	Hôtes répertoriés	Localités de signalement
CHALCIDIDAE (Suite)		
<i>Conura</i> sp.		Ca, Co
<i>Conura destinata</i> (Walker 1864)*		
<i>Conura immaculata</i> (Cresson 1865)	Ex cocon ex chenille <i>A. argillacea</i>	Ca, Cg, Co
<i>Conura pulchripes</i> (Cameron 1909)*		Ca
ENCYRTIDAE		
<i>Copidosoma floridanum</i> (Ashmead 1900)	Chenilles de <i>Pseudoplusia includens</i> et <i>Alabama argillacea</i>	Ca, Cg, P
<i>Epidinocarsis lopezi</i> (De Santis 1964)	<i>Phenacoccus gossypii</i>	
<i>Homalotylus eytelweinii</i> (Ratzeburg 1844)	Larve coccinelle (<i>C. sanguinea</i> , <i>N. connexa</i>)	Ca, Cg, Ch, IP
<i>Homalotylus mirabilis</i> (Brèthes 1913)	Larve coccinelle (<i>C. sanguinea</i> , <i>N. connexa</i>)	Ca, CB, Cg, Ch, IP
<i>Prochiloneurus</i> sp.*	Larve coccinelle	Y
<i>Syrphophagus</i> sp.	Larve coccinelle	TRP
<i>Syrphophagus aphidivorus</i> (Mayr 1876)*	<i>Aphis gossypii</i>	Ca
<i>Syrphophagus</i> ? <i>nigricornis</i> (De Santis 1964)*	<i>Allograpta exotica</i>	
EUCHARITIDAE		
<i>Orasema</i> sp.*	Formicidae	Ca
EULOPHIDAE		
<i>Euplectrus comstockii</i> (Howard 1880)*	Chenille <i>Alabama argillacea</i>	Ca, Ch
<i>Horismenus</i> sp.	Chrysalide <i>A. argillacea</i>	Ca
<i>Horismenus crassus</i> Hansson 2009	Ex cocon ex chenille <i>A. argillacea</i>	Ca, Co, NG
<i>Oomyzus</i> sp.	Cocon Chrysopidae	Ca

EUPELMIDAE		
<i>Eupelmus cushmani</i> (Crawford 1908)	<i>P. gossypiella</i>	Ca
<i>Eupelmus cushmani</i> (Crawford 1908)	<i>A. grandis</i>	Yh
<i>Eupelmus ? cushmani</i> Crawford 1908)	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Pi
EURYTOMIDAE		
<i>Aximopsis</i> sp.*	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Ca
ICHNEUMONIDAE		
<i>Campoletis</i> sp.		
<i>Compsocryptus</i> sp.*		Ca
<i>Diadegma</i> sp.*		Y, Cg
<i>Diplazon laetatorius</i> (Fabricius 1781)	Syrphidae	Ca
<i>Eiphosoma</i> sp.	<i>A. argillacea</i>	Ca, Ch
<i>Microcharops</i> sp.	<i>A. argillacea</i>	Ca, Cg, NT, Yh
<i>Parania tricolor</i> (Szépligeti 1906)*	<i>S. frugiperda</i>	
	Hôtes répertoriés	Localités de signalement
ICHNEUMONIDAE (Suite)		
<i>Pimpla</i> sp.	<i>P. gossypiella</i>	Ca
<i>Theronia lineata</i> (Fabricius, 1804)	<i>A. argillacea</i> , <i>P. gossypiella</i>	
MUTILLIDAE		
<i>Hoplognathoca</i> sp.*		Ca
<i>Traumatomutilla</i> groupe <i>dubia</i> (Fabricius 1804) *		Ca
MYMARIDAE		
<i>Gonatocerus</i> sp.	Œufs Membracidae/tige	
PTEROMALIDAE		
<i>Catolaccus grandis</i> (Burks 1954)	<i>A. grandis</i> , <i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Ca
<i>Neocatolaccus longiventris</i> (Gahan 1937)*	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Ca, Pi
<i>Pachyneuron albutium</i> Walker 1843*	Syrphidae (dont <i>Allograpta exotica</i>)	Ca
SCELIONIDAE		
<i>Telenomus</i> sp.*	Œufs Pentatomidae	Ca, Co
<i>Trissolcus</i> sp.	Œufs Pentatomidae	Ca
<i>Trissolcus leviventris</i> (Cameron 1913) [= <i>Dissolcus paraguayensis</i> Brèthes 1915]**	Œufs <i>Edessa</i>	
TRICHOGRAMMATIDAE		
<i>Trichogramma</i> sp.	Œuf chrysope, oeuf <i>A. argillacea</i>	Ca
<i>Trichogramma pretiosum</i> Riley 1879*	Œufs <i>A. argillacea</i>	Ca

Légende:

* = genre ou espèce nouvellement rapporté/identifié

** = nom actualisé (genre ou espèce)

Le **Tableau 2** présente les genres et espèces d'insectes parasitoïdes et hyperparasitoïdes identifiés à partir de captures directes ou de mises en élevage des insectes-hôtes. Parmi les 30 genres dont les espèces n'ont pu être identifiées, 13 sont nouvellement signalés. Sur les 34 espèces mentionnées dans le **Tableau 2**, 17 sont nouvellement signalées. Les parasitoïdes les plus abondants proviennent des hôtes les plus fréquemment rencontrés tels que les chenilles phyllophages de *A. argillacea* ou les pucerons *A. gossypii*.

Lors des pullulations de *A. argillacea*, les chrysalides sont fortement parasitées par des Diptères Tachinidae, en fin de cycle végétatif du cotonnier. Huit espèces de parasitoïdes sont recensées sur *A. argillacea* au Paraguay, dont un parasitoïde d'œufs. Sept genres (sans identification d'espèces) sont également mentionnés dans le **Tableau 2**. Les études antérieures concernant *Eutinobothrus brasiliensis* (Hambleton 1937) ont permis de déterminer sept espèces présentes et trois genres. Dans le cas de *Pectinophora gossypiella* (Saunders 1843), ce sont trois espèces et quatre genres qui sont présents. Quatre espèces ont été identifiées après émergence des pucerons *A. gossypii*. La plus fréquente, *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson 1880), est reconnue depuis longtemps au Brésil pour son parasitisme important sur cette espèce (Starý *et al.*, 2007). Au Paraguay, des taux de momification de pucerons proches de cent pour cent furent observés à l'Estancia Golondrina en fin de campagne, lorsque la pression des insecticides était limitée. Cette espèce est connue pour son large spectre d'hôtes (Hopkinson *et al.*, 2013). Elle a été récemment découverte pour la première fois sur le continent africain, au Bénin (Tepa-Yotto *et al.*, 2013).

Relativement peu d'espèces (deux) et un seul genre ont été rencontrés comme parasitoïdes de l'anthonome du cotonnier *Anthonomus grandis* Boheman 1843.

Des insectes parasitoïdes d'insectes prédateurs ont été observés, à partir de larves de coccinelles parasitées mises en élevage (deux espèces, deux genres), de syrphes (trois espèces) et de cocons de Chrysopidae (Eulophidae du genre *Oomyzus*). Les espèces du genre *Syrphophagus* sont très probablement des Hyménoptères hyperparasitoïdes dont les hôtes sont des parasitoïdes de coccinelles, syrphes ou pucerons. Les familles des Braconidae, Chalcididae et Ichneumonidae sont celles qui regroupent le plus

d'espèces recensées dans cette synthèse. À l'avenir, les recherches pourraient être davantage concentrées sur les parasitoïdes d'œufs. En effet, ces insectes ont un rôle de régulation primordial car ils interviennent avant l'éclosion des larves. La connaissance de leur rôle reste cependant très fragmentaire, comme le révèlent par exemple les études récentes portant sur des insectes communs comme les punaises Pentatomidae *Edessa meditabunda* (Fabricius 1794) (Golin *et al.*, 2011).

3.3 Champignons entomopathogènes

Nos connaissances sur les champignons entomopathogènes sont encore fragmentaires. Dans ce groupe d'ennemis naturels, *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson 1974 (Fungi Imperfecti) est l'espèce la plus fréquemment observée sur les chenilles de *A. argillacea* lorsque l'humidité de l'air est élevée. La chenille est alors fixée sur le végétal, de couleur blanche et d'aspect desséché. Lorsque la sporulation externe a eu lieu, la chenille est recouverte d'une fine poudre vert pâle (les conidies du champignon). La présence et l'identification de *Neozygites fresenii* (Nowakowski) Remaudière & Keller 1980 (Entomophthorales) sur *A. gossypii*, très commune sur ce puceron, reste à confirmer. Pour le Curculionidae *A. grandis*, un individu mort de mycose à *Beauveria* a été observé en mars 1999 à Yhovv, sur un bouton floral.

4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nos résultats montrent la présence d'une grande diversité d'espèces d'ennemis naturels. Celle-ci permet, dans certains cas, de fortement limiter les applications d'insecticides sans pertes de production. Certaines années, il a été ainsi possible de rencontrer, chez de petits agriculteurs de Caaguazu, des parcelles de cotonniers non protégées chimiquement et qui produisaient néanmoins plus d'une tonne de coton-graine à l'hectare. La culture biologique du cotonnier, sans aucune protection chimique, fait d'ailleurs l'objet d'un certain développement dans le pays (Martin *et al.*, 2010) et on peut penser que la régulation naturelle liée à cette diversité d'auxiliaires contribue à la protection des cotonniers. Des tentatives de multiplication de trichogrammes ont fait l'objet de divers projets de recherche dans ce pays mais ceux-ci n'ont pas abouti à une application sur le terrain. Seules des formulations de la bactérie *Bacillus thuringiensis* sont parfois

appliquées, en culture biologique. L'anthonome du cotonnier pose réellement problème car ses populations semblent plus fortement régulées par les conditions climatiques que par un complexe important d'ennemis naturels.

La connaissance de la diversité des espèces d'ennemis naturels des ravageurs, et de leur biologie, reste une nécessité fondamentale également à des fins externes. La connaissance des ennemis naturels de la cochenille du manioc a ainsi permis, dans le passé, de mieux gérer les populations de cette espèce, devenue un ravageur préoccupant après son introduction accidentelle en Afrique (Neuenschwander *et al.*, 1990). Le cortège de ses ennemis naturels, bien identifiés dans la région sud du Brésil (Paraná) et au Paraguay, n'avait pas suivi cette introduction.

Au Paraguay, la culture intensive du soja s'est fortement développée depuis quelques années, notamment le long d'un axe sud-nord Coronel Oviedo-Concepción. De ce fait, la destruction des habitats naturels (bois, forêts, haies,...) s'est fortement accentuée. À cette échelle, plus large que la parcelle cultivée, la protection des habitats naturels ou l'aménagement et la réorganisation des paysages simplifiés constituent d'intéressants sujets d'études visant à déterminer les meilleures conditions d'application de la lutte biologique par conservation. Cette lutte biologique par conservation doit permettre de renforcer l'action des insectes auxiliaires des cultures. Un des principaux objectifs visés par les études s'y intéressant serait de définir les conditions permettant la survie des espèces auxiliaires durant la mauvaise saison, avec des sources d'alimentation diverses, nectars, proies ou insectes-hôtes de substitution. De manière plus générale, il apparaît important de conserver au mieux les habitats naturels, qu'il s'agisse de terrains ouverts ou boisés, afin de préserver la diversité des auxiliaires mise en évidence dans notre étude.

5 REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les nombreux taxonomistes qui ont analysé les spécimens : J.-M. Bérenger (Reduviidae), C. Duverger (Coccinellidae) (*in memoriam*), A. Foucart (Mutillidae), B. Garcete (Vespidae), C. Hansson (Eulophidae), P. Kanaar (Histeridae), J. Noyes (Encyrtidae), A. Polaszek (Vespidae), R. Roy (Mantodea), B. Sigwalt (Braconidae) (*in memoriam*), G. M. Stonedahl

(Nabidae, Reduviidae), J.R. Vockeroth (Syrphidae) & N.P. Wyatt (Syrphidae).

BIBLIOGRAPHIE

- Amat-García G., Amat-García E. & Ariza-Marín E. (2011). Insectos invasores en los tiempos de cambio climático. *Innovación y Ciencia* **18**, p. 45-53.
- Anonyme (1989). La recherche cotonnière au Paraguay. *Coton et Fibres Tropicales* **44**, p. 1-37.
- Bertoni A. de W. (1973). *Avispas y abejas del Paraguay*. Ministerio de agricultura y ganadería, Asunción, Paraguay, 58 p.
- Brown P. M. J., Thomas C.E., Lombaert E., Jeffries D.L., Estoup A. & Handley L.L. (2011). The global spread of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): distribution, dispersal and routes of invasion. *BioControl* **56**, p. 623-641.
- De Almeida L.M. & da Silva V.B. (2002). Primeiro registro de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae): um coccinelídeo originário da região Paleártica. *Revista Brasileira de Zoologia* **19**, p. 941-944.
- García M., Becerra V. & Reising C. (1999). *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera, Coccinellidae) Estudio biológico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Universidad Nacional Cuyo **31**, p. 85-91.
- Gardiner M.M., O'Neal M.E. & Landis D.A. (2011). Intraguild predation and native lady beetle decline. *PLoS ONE* **6**, p. 1-9.
- Golin V., Loíacono M.S., Margaría C.B. & Aquino D.A. (2011). Natural incidence of egg parasitoids of *Edessa meditabunda* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) on *Crotalaria spectabilis* in Campo Novo do Parecis, MT, Brazil. *Neotropical Entomology* **40**, p. 617-618.
- González G. & Kondo T. (2012). Primer registro de la especie invasora *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) en Ecuador. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* (S.E.A.) **51**, p.310.
- Gourreau J.M. (1974). *Systématique de la tribu des Scymnini (Coccinellidae)*. INTA, Annales de Zoologie animale, 223 p.
- Grez A., Zaviezo T., González G. & Rothmann S. (2010). *Harmonia axyridis* in Chile: a new threat. *Ciencia e Investigación Agraria* **37**, p. 145-149.
- Hopkinson J.E., Zalucki M.P. & Murray D.A.H. (2013). Host selection and parasitism behavior of *Lysiphlebus testaceipes*: role of plant, aphid species and instar. *Biological Control* **64**, p. 283-290.
- Iannacone J. & Perla D. (2011). Invasión del depredador *Harmonia axyridis* (Coleoptera:

- Coccinellidae) y una evaluación del riesgo ambiental en el Perú. *The Biologist* (Lima) **9**, p. 213-233.
- Koch R.L., Fernandes M.G. & Dutra C.C. (2011). First confirmed record of *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Check List* **7**, p. 476-477.
- Kondo T. & González G.F. (2013). The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae), a not so new invasive insect in Colombia and South America. *Insecta Mundi* **283**, p. 1-7.
- Martin J., Silvie P. & Debru J. (2010). Le coton biologique au Paraguay. 1. Construction de la filière et contraintes économiques. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* **14**, p. 289-297.
- Martins C.B.C., Almeida L.M., Zonta-de-Carvalho R.C., Castro C.F. & Pereira R.A. (2009). *Harmonia axyridis*: a threat to Brazilian Coccinellidae? *Revista Brasileira de Entomologia* **53**, p. 663-671.
- Michel B. (1989). Nouvelle contribution à la connaissance des insectes et arachnides rencontrés en culture cotonnière au Paraguay. *Coton et Fibres Tropicales* **44**, p. 51-54.
- Michel B. (1992). Informations sur quelques Coccinellidae (Coleoptera) du Paraguay. *Coton et Fibres Tropicales* **47**, p. 301-304.
- Michel B. (1993). Peuplement entomologique associé au puceron *Aphis gossypii* Glover en culture cotonnière au Paraguay. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 58/2b, 569-574.
- Michel B. (1994). Entomofauna de los algodones paraguayos: Hemiptera Heteroptera. Asunción, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Cirad-ca, Ambassade de France, 132 p.
- Michel B. & Prudent P. (1987). Prédateurs et parasitoïdes du cotonnier au Paraguay. *Coton et Fibres Tropicales* **42**, p. 165-168.
- Neuenschwander P., Hammond W.N.O., Ajuonu O., Gado A., Echendu N., Bokonon-Ganta A.H., Allomasso R. & Okon I. (1990). Biological Control of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* (Hom., Pseudococcidae) by *Epidinocarsis lopezi* (Hym., Encyrtidae) in West Africa, as influence by climate and soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **32**, p. 39-55.
- Oldrich N. & Krejci S. (2010). Record of the ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) from Uruguay. *Klapalekiana* **46**, p. 1-2.
- Pell J.K., Baverstock J., Roy H.E., Ware R.L. & Majerus M.E.N. (2008). Intraguild predation involving *Harmonia axyridis*: a review of current knowledge and future perspectives. *BioControl* **53**, p. 147-168.
- Poutsma J., Loomans A.J.M., Aukema B. & Heijerman T. (2008). Predicting the potential geographical distribution of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*, using the CLIMEX model. *BioControl* **53**, p. 103-125.
- Prudent P. (1983). Etude sur *Eutinobothrus brasiliensis* (Hambleton 1937). *Coton et Fibres Tropicales* **38**, p. 159-162.
- Saini E.D. (2004). Presencia de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) en la provincia de Buenos Aires. Aspectos biológicos y morfológicos. *RIA* **33**, p. 151-160.
- Silvie P., Gomez V.A., Aberlenc H.-P., Bonfils J., Cardozo R. & Michel B. (2014). Diversité des Arthropodes rencontrés en culture cotonnière au Paraguay. 1. Insectes et acariens phytophages. *Entomologie faunistique* **67**, p. 165-178.
- Silvie P., Aberlenc H.-P., Duverger C., Bérenger J.M., Cardozo R. & Gómez V. (2007). *Harmonia axyridis* no Paraguai e novos predadores identificados no cultivo do algodoeiro. In: X Simposio de controle biologico, 30 June-4 July 2007, Brasilia, Brasil, 1 p.
- Silvie P., Leroy T., Michel B. & Bournier J.P. (2009). *Manual de identificação dos inimigos naturais no cultivo do algodão*. Boletim técnico n°35. Agrolab, Cirad, Coodetec eds., reimpressão Cascavel-PR, Gráfica Igol, 76 p.
- Silvie P. & Thomazoni D. (2009). *Manual de Identificação das Pragas e Danos nos Sistemas de Cultivo do Algodão*. Boletim técnico n°38. Agrolab, Cirad, Coodetec eds., reimpressão Cascavel-PR, Gráfica Igol, 118 p.
- Starý P., Sampaio M.V. & Bueno V.H.P. (2007). Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil *Revista Brasileira de Entomologia* **51**, p. 107-118.
- Tepa-Yotto G.T., Hofsvang T., Godonou I. & Saethre M.-G. (2013). Host preference of *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae), an alien aphid parasitoid in Benin. *International Journal of Tropical Insect Science* **33**, p. 127-135.
- Vandereycken A., Durieux D., Joie E., Haubruge E. & Verheggen F. (2010). Occurrence de la coccinelle asiatique (*Harmonia axyridis* Pallas), espèce invasive, dans les agro-habitats en 2009. *Entomologie faunistique* **63**, p. 251-258.
- Vandereycken A., Brostaux Y., Joie E., Haubruge E. & Verheggen F. (2013). Occurrence of *Harmonia*

axyridis (Coleoptera : Coccinellidae) in field crops.
European Journal of Entomology **110**, p. 285-292.

(36 réf.)