

**AFPP – 6^e CONFÉRENCE SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION
POUR UNE PRODUCTION INTÉGRÉE
LILLE – 21, 22 ET 23 MARS 2017**

TOUT L'INTÉRÊT D'IDENTIFIER SES PARASITOÏDES

A. FERRE⁽¹⁾

⁽¹⁾ ASTREDHOR Loire-Bretagne – Arexhor PL, 1 rue des Magnolias, 49130 Les Ponts-de-Cé, France
Alain.ferre@astredhor.fr

RÉSUMÉ

De très nombreux essais portent sur l'usage de parasitoïdes de pucerons, soit en réalisant des lâchers, soit en utilisant des plantes-réservoirs. Souvent, des conclusions sont apportées en associant à la cause de la présence de momies dans la culture, la réalisation de lâchers ou l'installation de plantes-réservoirs. Mais que nenni ! Corrélation ne signifie pas causalité ! Lorsque les momies apparaissent dans un délai plus court que le temps œuf-momie, peut-on conclure que le lâcher est la cause de la présence de momies ? Ainsi, il convient toujours de prendre en compte que des populations de parasitoïdes spontanés et parfois spécifiques (comme *Aphidius salicis* en culture d'Apiacées ou *Aphidius rosae* en culture de rosier) peuvent s'implanter massivement dans une culture. La véritable causalité de la présence de momies pourrait alors être l'arrêt des aphicides... Ainsi, il est indispensable d'identifier les parasitoïdes de ses cultures ou essais pour pouvoir interpréter correctement ses résultats. Des itinéraires techniques innovants et pertinents peuvent donc être construits en sélectionnant des plantes-réservoirs réellement efficaces de façon à réduire les coûts de la lutte biologique par exemple en choisissant les espèces de parasitoïdes à lâcher.

Mots-clés : *Aphidius*, identification, lutte biologique, interprétation, essai.

ABSTRACT

ALL INTEREST TO IDENTIFY OURS PARASITOIDS

Many trials is about use of aphid's parasitoids with banker plants or with releases. Often the connection between treatment (release or banker plants) and results (number of mummies, effectiveness of treatment) is considered implicit. But it isn't. It can't exist when the mummies appear earlier than egg-mummified stage duration. We must always think that spontaneous parasitoids can be implanted massively in crop. The parasitoids emerged from mummies must be identified to prove the link between treatments and results. This paper describes a few examples that illustrate that fact.

Keywords: *Aphidius*, identification, biological control, interpretation, trials.

INTRODUCTION

Les hyménoptères parasitoïdes sont largement utilisés en lutte biologique ou en protection intégrée. Contre les pucerons, *Aphidius colemani* Viereck 1912, *Aphidius ervi* Haliday 1834 et *Aphidius matricariae* Haliday 1834 sont commercialisés. Ce sont des espèces polyphages et leur spectre respectif d'hôtes couvre assez bien le spectre de pucerons présents en culture. Le tableau I présente, pour ces trois parasitoïdes les genres de pucerons parasités et le nombre d'espèces par genre (Stary, 1973 ; Stary, 1974 ; Stary, 1976 ; Liang-Yih, 1981 ; Mescheloff et Rosen, 1988 ; Mescheloff et Rosen, 1990 ; Tomanovic *et al.* 2003 ; Kavallieratos *et al.*, 2005 ; Rakhshani *et al.*, 2005 ; Rakhshani *et al.*, 2006 ; Tomanovic *et al.*, 2006 ; Rakhshani *et al.*, 2007 ; Akhtar *et al.*, 2011 ; Jafari *et al.*, 2011 ; Barahoei *et al.*, 2012 ; Nazari *et al.*, 2012 ; Rakhshani *et al.*, 2012a ; Rakhshani *et al.*, 2012b ; Tomanovic *et al.*, 2012 ; Barahoei *et al.*, 2013 ; Kavallieratos *et al.*, 2013 ; Rakhshani *et al.*, 2015 ; Kavallieratos *et al.*, 2016).

Tableau I : Nombre d'espèces de pucerons signalés comme hôte dans la bibliographie pour *Aphidius colemani*, *A. ervi* et *A. matricariae* (number of Aphis species which are hosts of *Aphidius colemani*, *A. ervi* and *A. matricariae*)

Pucerons hôtes	<i>A. colemani</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. matricariae</i>	Pucerons hôtes	<i>A. colemani</i>	<i>A. ervi</i>	<i>A. matricariae</i>
<i>Acyrtosiphon</i>		11	2	<i>Liosomaphis</i>			1
<i>Amegosiphon</i>	1		1	<i>Lipaphis</i>	1		3
<i>Anoecia</i>			1	<i>Macrosiphoniella</i>			1
<i>Aphis</i>	18	2	25	<i>Macrosiphum</i>	2	5	2
<i>Aspidaphis</i>			1	<i>Melanaphis</i>	1		
<i>Aulacorthum</i>		2	1	<i>Metopolophium</i>		1	1
<i>Brachycaudus</i>	4	2	8	<i>Microlophium</i>		2	
<i>Brevicoryne</i>			1	<i>Myzus</i>	2	2	16
<i>Capitophorus</i>	1	2	8	<i>Nasonovia</i>			1
<i>Delphinobium</i>		1		<i>Neomyzus</i>			1
<i>Diphorodon</i>			1	<i>Ovatus</i>			3
<i>Diuraphis</i>	1	1	1	<i>Phorodon</i>	1		2
<i>Dysaphis</i>	1	1	3	<i>Rhopalosiphum</i>	3	1	4
<i>Eucarazzia</i>			1	<i>Schizaphis</i>	2	1	2
<i>Hayhurstia</i>	1		1	<i>Shinjia</i>			1
<i>Hyadaphis</i>	2			<i>Sipha</i>			1
<i>Hyalopterus</i>	2		2	<i>Sitobion</i>	2	3	2
<i>Hydaphias</i>			1	<i>Thelaxis</i>	1		
<i>Hypermyzus</i>		1		<i>Toxoptera</i>	1		2
<i>Hyperomyzus</i>			1	<i>Uroleucon</i>	2	2	3
<i>Linosiphon</i>			3	<i>Wahlgreniella</i>		2	1
				Nombre de genres	20	18	36

L'usage de ces parasitoïdes a d'abord été réalisé sous abri en faisant des lâchers périodiques. L'espèce lâchée était choisie en fonction de l'espèce de puceron présente dans la culture.

Cependant, un nombre important de travaux portant sur la conservation des parasitoïdes dans ou à proximité de la culture afin de réduire les coûts de la lutte biologique par la réduction du nombre de lâchers sont actuellement menés. Généralement, des plantes relais y sont utilisées. Ces plantes sont choisies pour héberger un puceron spécifique qui ne peut pas se développer dans la culture. Il servira de proie alternative pour l'hyménoptère utilisé qui peut parasiter à la fois l'espèce de puceron de la plante relais et celle de la culture. Ainsi, l'hyménoptère est conservé sur la plante relais en l'absence de puceron dans la culture et s'y déplace à leur arrivée. Les essais sont souvent conduits en cultures maraîchères ou ornementales sous serre ou sous abri froid ouvert. Or, il existe en France au moins 30 espèces d'*Aphidius* indigènes au spectre d'hôtes plus ou moins spécialisé. Sous abri froid ouvert et dans une moindre mesure sous serre, des populations de parasitoïdes spontanés peuvent coloniser rapidement les plantes relais. Leur prédominance numérique peut éliminer l'espèce lâchée ou

l'empêcher de s'installer sur la plante réservoir. De plus, ces espèces peuvent ne pas avoir la capacité de parasiter les pucerons de la culture. Ainsi, le système de plante relais est rendu inefficace.

Il en va de même pour les parasitoïdes secondaires (*Phaenoglyphis* spp., *Dendrocerus* spp., *Asaphes* spp., *Syrphophagus* spp....). Si ces espèces, parasitoïdes d'*Aphidius*, s'installent dans un système de plante relais, alors l'intérêt du système va devenir nul puisque le nombre d'*Aphidius* va progressivement tendre vers zéro, aussi bien sur la plante relais que dans la culture.

Ces deux premiers exemples montrent qu'il est primordial de contrôler régulièrement le spectre de parasitoïdes présents sur les plantes relais.

Un raisonnement similaire peut être tenu concernant les situations où des parasitoïdes sont lâchés directement dans une culture ou dans un essai sans dispositif de plantes relais. Si le producteur ou l'expérimentateur ne vérifie pas avant de lâcher des parasitoïdes que l'espèce de puceron présente dans la culture est bien un hôte du ou des parasitoïdes, alors les lâchers ne serviront à rien. Et l'apparition de momies ne sera pas due aux lâchers mais à l'installation d'une population sauvage.

Sans identification des Aphidiinae présents, nous ne pouvons conclure quant au lien de causalité entre lâcher de parasitoïde et présence de momies.

Nous allons illustrer cela en décrivant plusieurs essais où les interprétations sans identification peuvent être litigieuses. Ensuite, nous proposerons une méthode fiable permettant d'interpréter sans erreur les résultats d'essais de lutte biologique par utilisation de parasitoïdes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

BASE DE DONNEES PLANTES/PUCERONS/PARASITOÏDES

Pour mieux identifier les espèces de parasitoïdes potentiellement efficaces en culture, nous avons construit une base de données plantes/pucerons/parasitoïdes basée sur la bibliographie. Les articles sélectionnés sont ceux des auteurs réputés experts dans la connaissance des Aphidiinae. Nous pouvons citer parmi les plus connus Stary, Tomanovic, Rakshani, Kavallieratos, Barahoei. Cette base regroupe plus de 4 000 entrées. Les objectifs de cette base sont multiples :

- décider, en fonction de l'espèce de puceron présent ou à défaut de l'espèce de plante cultivée, quels parasitoïdes sont à favoriser ou à introduire. Le tableau II présente quelques exemples,
- savoir, en fonction de l'espèce de puceron ciblée, quelles espèces « alternatives » de pucerons peuvent être utilisées sur plantes relais. Ces pucerons doivent être oligophages voire monophages,
- enfin, elle peut donner des indications sur la validité d'une identification. Si une identification d'Aphidiinae donne une espèce et d'autant plus un genre de puceron absent de la bibliographie pour ce parasitoïde, alors il est nécessaire de revoir l'identification, voire de la faire confirmer.

CLEF D'IDENTIFICATION DES APHIDIUS

Aucune clef d'identification de l'ensemble des espèces d'*Aphidius* paléarctiques n'existe. Avec l'aide de Bernard Chaubet de l'INRA de Rennes, nous avons pu construire une clef de l'ensemble des espèces d'*Aphidius* de France connues, grâce aux diverses clefs parcellaires de la bibliographie et aux articles de description ou de redescription des espèces. En comparant les données métriques des espèces recueillies sur le terrain avec la bibliographie, on peut constater des écarts, certainement dus à des particularismes de population locale. En effet, l'essentiel des articles publiés concernent des populations d'*Aphidius* d'Europe de l'Est ou du Moyen-Orient. Cela s'explique facilement par le fait que les taxonomistes des Aphidiinae réputés sont localisés dans ces régions (Stary, Tomanovic, Kavallieratos, Barahoei, ...). Cette clef est en cours d'affinage grâce à des mesures des populations d'*Aphidius* locales. Cependant, le niveau de confiance que l'on peut avoir envers ces résultats est déjà assez bon. Elle a donc été utilisée pour identifier les espèces des exemples illustrant le propos de cet article.

PRESENTATION DE RESULTATS D'ESSAIS OU D'ANALYSES

Nous présenterons une série de résultats d'expérimentations issus d'un projet mené par l'Arexhor PL. Dans un premier temps, nous rapporterons les interprétations données dans les comptes-rendus. Dans

un second temps, nous donnerons de nouvelles interprétations basées sur l'hypothèse que la population de « momies » présente n'est pas forcément liée aux lâchers de parasitoïdes réalisés. Elle sera basée sur l'identification des parasitoïdes.

Le décalage au niveau des interprétations, des conclusions et travaux à mener montrera l'intérêt majeur de l'identification des parasitoïdes.

Ensuite, nous présenterons quelques résultats d'identifications ponctuelles pour lesquelles les momies proviennent d'entreprises en PBI.

RÉSULTATS

SERIE DE RESULTATS D'ESSAIS : UTILISATION DE PLANTES RELAIS EN PRODUCTION DE PEPINIERE SOUS TUNNEL FROID (AREXHOR PL – PROJET PR/PF – 2011 A 2013)

Cette série d'essais visait à mettre au point une méthode de protection contre les pucerons des plantes de pépinière cultivées sous abri froid. Nous avons choisi le groseillier comme plante relais. En effet, nous avons précédemment travaillé sur la culture du groseillier et observé que cette plante hébergeait, tôt en saison, plusieurs espèces de pucerons spécifiques et que l'une d'entre elles, *Cryptomyzus ribis*, attirait et favorisait beaucoup d'espèces et de types d'auxiliaires. Elles accueillait plusieurs espèces de coccinelles, de nombreuses cécidomyies prédatrices, des punaises mirides prédatrices et de très nombreuses momies (jusqu'à une centaine par feuille).

Le groseillier semblait donc être la plante réservoir idéale avec une grande diversité d'auxiliaires et la présence conjointe d'auxiliaires généralistes et spécialisés. Or, nous savons déjà que trois critères sont importants pour garantir l'efficacité et la robustesse d'une plante réservoir :

- la diversité garantit l'efficacité contre un large spectre de phytophages,
- les généralistes diminuent la fréquence des pullulations,
- les spécialistes diminuent la gravité des pullulations.

Le but de ce projet était de savoir si le groseillier était réellement une plante relais intéressante pour ensuite mettre au point l'itinéraire technique associé.

Conclusions et interprétations fournies dans les comptes-rendus

L'essai de 2011 a été conduit en culture d'*Hibiscus syriacus* pour lutter contre *Aphis gossypii*. Les résultats de cet essai ont été globalement bons. La culture n'a été traitée qu'une seule fois et les plantes réservoirs ont hébergé de nombreux auxiliaires du début à la fin de la culture (cf. figure 1). En détaillant les données par type d'auxiliaires, nous pouvons constater que les cécidomyies ont très facilement transité de la plante relais vers la culture et inversement. Le même constat peut être fait, dans une moindre mesure, pour les syrphes. Par contre, pour les *Aphidius*, aucun transfert n'a été constaté (cf. figures 2 et 3). À cette époque, nous ne savions pas identifier les espèces d'*Aphidius* et dans la conclusion du compte-rendu, nous signalions qu'il serait intéressant de pouvoir l'identifier : « ... Les groseilliers ont accueilli de très nombreux Braconidae du genre *Aphidius*. Il conviendrait de déterminer l'espèce [d'*Aphidius*] pour savoir s'ils sont plutôt spécialistes des pucerons du groseillier, auquel cas peu intéressants, pour nous ou s'ils sont plutôt phytophages... » (Arexhor PL, 2011).

Figure 1 : Evolution de la population totale d'auxiliaires sur deux groupes de groseilliers servant de plantes relais

(Population evolution of beneficials on *Ribes rubrum* as banker plant)

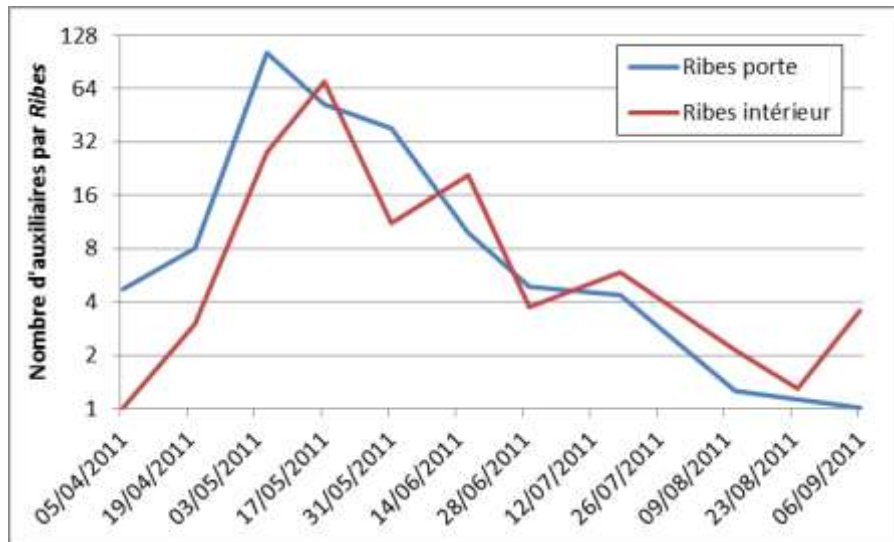


Figure 2 : Cumul du nombre d'auxiliaires par plantes relais (autres auxiliaires = araignées, Anistidae, Bdellidae, Carabidae)

(Number of beneficials per banker plant. « Autres auxiliaires » = spider, Anistidae, Bdellidae, Carabidae)

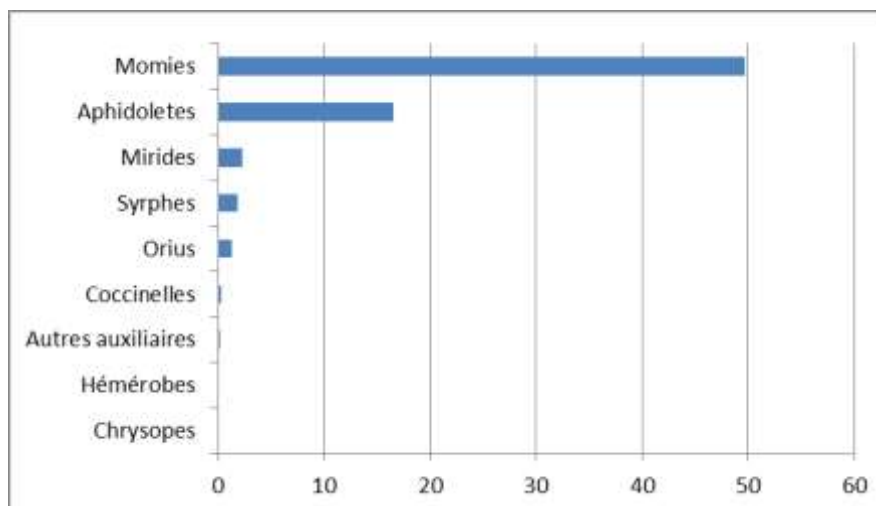
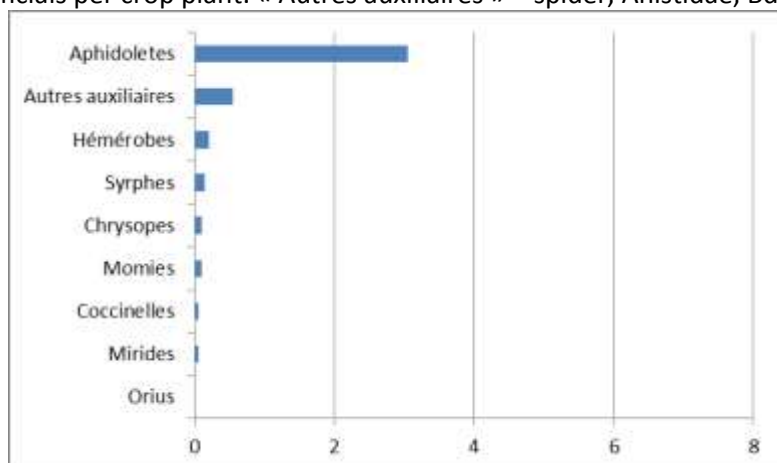


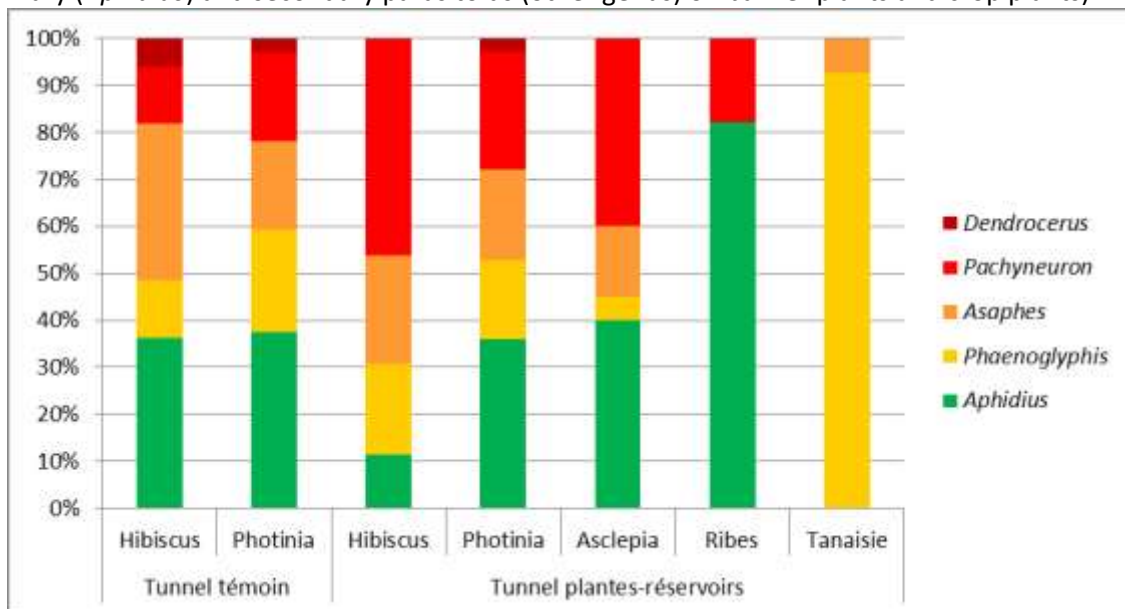
Figure 3 : Cumul du nombre d'auxiliaires par plante cultivée (autres auxiliaires = araignées, Anistidae, Bdellidae, Carabidae)

(Number of beneficials per crop plant. « Autres auxiliaires » = spider, Anistidae, Bdellidae, Carabidae)



En 2012, nous avons renouvelé l'essai en culture d'*Hibiscus syriacus* et de *Photinia x fraseri*. Sur la base de nos résultats de 2011, nous cherchions à tester, en plus du groseillier, de nouvelles plantes réservoirs : *Asclepia incarnata* et *Tanacetum vulgare* (tanaïs), cette dernière pouvant à la fois servir de plante réservoir grâce à ses pucerons spécifiques et de plante-fleurie grâce à sa floraison (Ferre, 2016). Les résultats ont été plus mitigés à cause de la tanaïs qui hébergeait un puceron généraliste. Une fois cela identifié et les tanaïses supprimées de l'essai, les résultats ont été plus conformes à nos attentes, à savoir moins de pucerons et plus d'auxiliaires dans la modalité avec plantes réservoirs. Pour cet essai, nous avons prélevé des momies dans les cultures et sur les plantes réservoirs pour identifier les genres d'hyménoptères émergeant de celles-ci. Le but était de connaître le taux de parasitoïdes primaires et de parasitoïdes secondaires. Les résultats ont montré que ce taux pouvait varier d'une plante à l'autre. La tanaïs semble favoriser les parasitoïdes secondaires avec 100% des émergences alors que les groseilliers, avec seulement 20%, les limiteraient (cf. figure 4). Cela confère un nouvel avantage aux groseilliers pour servir de plante réservoir.

Figure 4 : Spectre de parasitoïdes primaires (*Aphidius*, barres vertes) et secondaires (*Dendrocerus*, *Pachyneuron*, *Asaphes*, *Phaenoglyphis*, barres jaunes à rouges) par plantes relais ou plantes cultivées. (Primary (*Aphidius*) and secondary parasitoids (other genus) on banker plants and crop plants)



En 2013, l'essai a été reconduit et les résultats ont été assez similaires. Les groseilliers ont accueilli de nombreuses momies. De plus, le pic de présence de momies sur les groseilliers a été concomitant avec un pic, moins important, sur la culture de la modalité avec plantes réservoirs, alors que le pic était faible dans la modalité témoin. Cela semble indiquer un transfert des *Aphidius* des plantes réservoirs vers les cultures. A l'époque, nous ne savions pas encore identifier les espèces d'*Aphidius*. Ainsi, certaines phrases hâtives peuvent se lire dans le compte-rendu :

- P 19. « Un pic de momies apparaît avant sur les *Ribes rubrum* [=groseilliers] ce qui peut expliquer la présence supérieure des momies dans le tunnel plantes réservoirs. Les plantes compagnes [=plantes de service] auraient alors un intérêt pour favoriser les hyménoptères parasitoïdes. »
- P. 23. « De plus, des lâchers [*d'Aphidius colemani*] ont été réalisés, d'où un plus grand nombre de momies retrouvées sur les *R. rubrum* et les *Photinia*. »

Nouvelles conclusions et interprétations grâce à l'identification des espèces parasitoïdes

Les échantillons d'hyménoptères prélevés de 2011 et 2013 avaient été conservés. Ainsi, ils ont pu être identifiés en 2014 et 2015. Sur groseillier, uniquement *Aphidius ribis* a été retrouvé. En revanche, sur *Hibiscus*, *Photinia* et *Asclepia* a été retrouvé massivement *Aphidius colemani*. Or, notre base indique qu'*Aphidius ribis* parasite uniquement *Cryptomyzus ribis*. Le spectre d'*A. colemani* est présenté dans le tableau I.

Ainsi les interprétations des résultats sont modifiées.

Dès 2011, nous aurions pu savoir que le groseillier ne pouvait en aucun cas être une plante réservoir à *Aphidius* puisque l'espèce présente, *A. ribis*, ne peut parasiter que *Cryptomyzus ribis*. Il ne peut donc pas parasiter les pucerons des cultures. De plus, les interprétations émises en 2013 sont forcément erronées. Le pic de momies sur groseillier est forcément indépendant des pics observés en culture puisque les espèces présentes sont différentes. Pour les mêmes raisons, l'augmentation de populations sur groseilliers est totalement indépendante des lâchers.

L'identification des espèces de parasitoïdes aurait donc permis, dès la première année du projet, d'arriver plus vite aux conclusions et d'orienter plus efficacement nos efforts. Par exemple, il est inutile de compter ou de récolter les momies sur groseilliers. Nous aurions pu, plus rapidement, orienter les travaux concernant le groseillier vers le maintien des seuls auxiliaires prédateurs, comme la cécidomyie.

SERIE DE RESULTATS D'IDENTIFICATION

Le tableau II présente quelques résultats d'identification de parasitoïdes de pucerons obtenus en 2015 ou 2016.

Tableau II : Résultats d'identification de pucerons et de parasitoïdes primaires au sein de 4 entreprises des pays de la Loire en 2015 et 2016

(Results of aphids and parasitoids identification. Sampled in 2015 and 2016 from 4 growers)

Origine de l'échantillon	Puceron hôte	Parasitoïde
Entreprise 1 – plantes aromatiques	<i>Cavariella aegopodii</i>	<i>Aphidius salicis</i>
Entreprise 2 – plantes vivaces	<i>Aulacorthum solani</i>	<i>Aphidius matricariae</i>
		<i>Aphidius colemani</i>
Entreprise 3 – maraîchage avec plantes relais	<i>Aphis gossypii</i> (sur la culture)	<i>Aphidius colemani</i>
	<i>Rhopalosiphum padi</i> (sur les plantes relais)	<i>Aphidius rhopalosiphii</i>
Entreprise 4 – plantes en pot	<i>Myzus persicae</i>	<i>Praon volucre</i>
		<i>Aphidius matricariae</i>
	<i>Brachycaudus helichrysi</i>	<i>Aphidius matricariae</i>
	<i>Aphis (Toxoptera) aurentii</i>	<i>Aphidius matricariae</i>
	<i>Aphis gossypii</i>	<i>Aphidius matricariae</i>

Pour chacune de ces entreprises, des lâchers de parasitoïdes, soit en espèce pure soit en mélange de cinq espèces, avaient été réalisés et la présence de momies dans les cultures était importante.

Sans identifier les parasitoïdes présents, nous serions tentés de continuer les lâchers tels quels.

Avec les identifications, les décisions prises sont différentes :

- Entreprise 1 : l'espèce *Aphidius salicis*, présente dans la culture, n'est pas une des espèces lâchées. Sa présence est spontanée. Les lâchers sont inutiles. Ils peuvent être arrêtés tant qu'il n'y a que *Cavariella aegopodii* dans la culture.
- Entreprise 2 : les deux espèces de parasitoïdes présentes sont commercialisées. Les lâchers peuvent se limiter à ces deux espèces voire uniquement à la plus abondante.
- Entreprise 3 : l'espèce de parasitoïde présente sur les plantes réservoirs est une espèce spontanée qui ne parasite pas *Aphis gossypii*. Dans ce cas, les plantes réservoirs n'apportent aucun avantage. Elles peuvent être retirées de la culture.
- Entreprise 4 : *Aphidius matricariae* est bien implanté dans l'entreprise. Les lâchers peuvent être limités à cette espèce.

Ces ajustements permettent de réduire le coût de la protection biologique en réduisant le nombre de lâchers ou en ciblant les espèces à lâcher. Par exemple, *A. colemani* coûte environ 4,5 cts € par individu, 5,2 pour *A. matricariae* et 17,5 pour *A. ervi*. Avec le quasi-quadruplement du prix entre *A. colemani* et *A. ervi*, on se rend bien compte que cibler les lâchers sur les espèces efficaces en évitant les lâchers inutiles est un enjeu primordial pour la compétitivité des méthodes de lutte biologique basées sur des introductions de parasitoïdes.

DISCUSSION

Ces exemples illustrent l'intérêt majeur de faire identifier ses parasitoïdes.

En expérimentation, cela permet d'interpréter au mieux les résultats, d'éliminer rapidement certaines voies sans issue et d'arriver plus vite à des conclusions valables.

En production, l'identification permet de limiter le coût de la lutte tout en conservant son efficacité.

Dans tous les cas, il est important de connaître la ou les espèces de pucerons présentes pour savoir quelles espèces de parasitoïdes seront potentiellement efficaces.

Cependant, une certaine méthode concernant les modalités d'échantillonnage est nécessaire. Ainsi, pour un essai, on prélèvera un échantillon de momies pleines, si elles sont présentes, avant le premier lâcher. L'émergence des parasitoïdes adultes et leur identification permettront de connaître les espèces spontanément présentes au sein de l'essai. Ensuite, on prélèvera des momies au moins 2 à 3 semaines après chaque lâcher (durée œuf-momie), au mieux à chaque notation. L'identification des émergences permettra de savoir si l'espèce lâchée s'est bien implantée dans l'essai et donc de confirmer en partie le lien de causalité « lâchers de parasitoïdes » / « présence de momies ». Si c'est le cas, les lâchers ont été utiles et ont certainement contribué aux résultats de la lutte biologique. Dans le cas contraire, les lâchers étaient inutiles et les résultats de la lutte biologique sont à mettre sur le compte de l'acclimatation d'une espèce indigène. Cette identification permettra également de suivre l'évolution du taux de parasitisme secondaire qui peut gravement nuire à l'efficacité de la lutte biologique. Ce taux est important pour confirmer la corrélation « présence importante de momies » / « efficacité de la lutte biologique ». En effet, s'il y a beaucoup de momies mais qu'un fort pourcentage de celles-ci fournit des parasitoïdes secondaires, alors l'efficacité de la lutte peut rapidement être annulée. Au contraire, si la grande majorité des momies voit émerger des parasitoïdes primaires, alors l'efficacité de la lutte biologique a de grande chance d'être importante.

Les conditions d'établissement d'une causalité entre des lâchers de parasitoïdes (modalité) et l'efficacité de la lutte biologique (résultats des notations de la modalité) peuvent être énumérées comme suit :

- 1- Absence de parasitoïde primaire avant le premier lâcher ou, le cas échéant, identification des espèces présentes.
- 2- La durée entre le premier lâcher et l'apparition des premières momies doit être supérieure ou égale à la durée œuf-momie. Cette dernière étant liée aux températures, cela suppose d'enregistrer les températures pendant la durée de l'essai. Si ce n'est pas le cas, l'installation spontanée d'une population indigène est très probable.
- 3- S'assurer, par l'identification du spectre de parasitoïdes présents, que l'espèce majoritaire est l'espèce ou l'une des espèces lâchées.
- 4- S'assurer que le parasitisme secondaire est faible (en production extérieure ou sous abri ouvert, le taux de parasitisme secondaire est souvent compris entre 40 et 60 %).
- 5- Dans le cas d'essais avec plantes relais, vérifier régulièrement que l'espèce sur la plante relais soit la même que celle dans la culture.

En production et dans le cas où le puceron est une espèce hôte d'au moins un parasitoïde du commerce, une méthodologie lâcher/identification peut être proposée pour limiter au maximum le coût de la lutte biologique. Deux situations s'offrent à nous, soit des momies sont déjà présentes dans la culture, soit elles sont absentes. Dans le premier cas, une identification des parasitoïdes présents permettra de connaître le taux de parasitisme secondaire. S'il est important (plus de 60-70 %) alors la lutte biologique devra s'orienter vers l'utilisation de prédateurs. Sinon, si l'espèce de parasitoïde présente est commercialisée, les lâchers devront être concentrés sur cette espèce (a priori très efficace puisque présente spontanément). Dans le cas où il n'y a pas de momies dans la culture, alors deux stratégies sont possibles : utiliser les données bibliographiques ou bien faire une « sélection *in situ* » de l'espèce à utiliser. Pour la première option, l'espèce de parasitoïde à lâcher est donnée par la bibliographie grâce à l'identification du puceron. Cette option permet de cibler de suite l'espèce à lâcher mais peut être lente à cause du temps d'identification du puceron qui peut être long s'il n'est pas identifié sur place. Pour la seconde option, on lâche un mix de parasitoïdes et à l'apparition des momies, on identifie l'espèce de parasitoïde majoritaire. Ensuite on ne lâchera que cette espèce.

Le tableau III résume cette méthodologie.

Tableau III : Arbre de décision du choix de l'espèce de parasitoïde à utiliser en lutte biologique.
(Decision tree to choose the best parasitoid species to use in IPM)

Étape 1	2	3	4	Décision
Absence de momie dans la culture	Identification du puceron	Espèce hôte d'un parasitoïde du commerce		Choisir le parasitoïde le plus efficace et le moins cher pour cette espèce de puceron
		Espèce non hôte		Utiliser des prédateurs
	Puceron non identifié	Lâcher un mix de parasitoïdes	Après apparition des momies, identifier les parasitoïdes présents	Lâcher l'espèce de parasitoïde majoritaire
Présence de momies dans la culture	Identifier les parasitoïdes présents	Parasitisme secondaire faible		Lâcher l'espèce de parasitoïde majoritaire
		Parasitisme secondaire fort		Utiliser des prédateurs

CONCLUSION

Ces quelques exemples et données montrent l'intérêt majeur de faire identifier les parasitoïdes présents dans les essais ou dans les cultures. Cela permet d'arriver rapidement à des interprétations de notation fiables, de ne pas avoir de conclusion erronée et d'atteindre plus vite ses objectifs de recherche. En production, l'identification permet de sélectionner rapidement les espèces efficaces. En ciblant les lâchers sur ces espèces, l'efficacité de la lutte augmente fortement et le coût peut diminuer. L'identification permet également de connaître le taux de parasitisme secondaire et d'arrêter les lâchers de parasitoïdes s'il est trop important.

La systématisation de l'identification permettra, sans aucun doute, l'amélioration significative de la qualité des interprétations des essais et de l'efficacité des méthodes de lutte biologique.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mes collègues de travail et nos stagiaires et apprentis qui contribuent grandement à l'obtention de nos résultats dont la constitution de la base de données.

Je remercie Anne Le Ralec et Bernard Chaubet qui m'ont fait confiance, m'ont encouragé et qui m'ont grandement aidé pour la construction de la clef d'identification. J'espère que cette fructueuse collaboration se poursuivra longtemps.

Je remercie également, les organismes et entreprises qui m'ont confié des échantillons pour identification.

BIBLIOGRAPHIE

Akhtar A., Dey D., and Kamil Usmani M., (2011). *A catalogue of aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) from India*. Insecta Mundi, 0151: 1-31.

Barahoei H., Madjdzadeh S.-M., Mehrparvar M., 2012. *Aphid parasitoids (Hymenoptera : Braconidae : Aphidiinae) and their tritrophic relationship in Kerman province, Southeastern Iran. Iranian Journal of Animal Biosystematics* Vol. 8, N° 1: 1-14

Barahoei H., Rakhshani E., Madjdzadeh S.-M., Alipour A., Taheri S., Nader E., Mitrovski Bogdanovic A., Petrovis-Obradovic O., Stary P. Kavallieratos N. G., Tomanovic Z., 2013. *Aphid parasitoid species (Hymenoptera : Braconidae, Aphidiinae) of central submountains of Iran*. North-Western journal of zoology 9(1) : 70-93.

Jafari Ahmadabadi N., Karimi J., Modarres Awal M. Rakhshani E., 2011. *Morphological and molecular methods in identification of Aphidius transcaspicus Telenga (Hym: Braconidae: Aphidiinae) Parasitoid of Hyalopterus spp. (Hom: Aphididae) with Additional data on aphidiinae phylogeny*. J. Entomol. Res. Soc. 13(2): 91-103

Kavallieratos G. Nickolas, 2005. *Aphid parasitoids infesting cotton, citrus, tobacco, and cereal crops in southeastern Europe: aphid-plant associations and keys*. Can. Entomol. 137: 516-531

Kavallieratos N., Tomanovic Z., Petrovic A., Jankovic M., Stary P., Yovkova M., Athanassiou C. G., 2013. *Review and key for the identification of parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of*

Aphids infesting Herbaceous and Scrubby Ornamental Plants in Southeastern Europe. Ann. Entomol. Soc. Am. 106(3): 294-309.

Kavallieratos N., Tomanovic Z., Petrovic A., Kocic K., Jankovic M., Stary P., 2016. *Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Aphids Feeding on Ornamental Trees in Southeastern Europe: Key for Identification and tritrophic Associations*. Annals of the Entomological Society of America, 2016: 1-15

Chou L.-Y., 1981. *The genera of Aphidiidae (Hymenoptera: Ichneumoidea) in Taiwan*. Jour. Agric. Res. China 30 (3) : 308-323.

Mescheloff E., Rosen D., 1988. *Biosystematic studies on the Aphidiidae of Israel (Hymenoptera: Ichneumonidea) 1. Introduction and key of genera*. Israel Journal of Entomology. Vol XXII (1988) : 61-73.

Mescheloff E., Rosen D., 1990. *Biosystematic studies on the aphidiidae of Israel (Hymenoptera: Ichneumonidea) 4. The genera Pauesia, Diaretus, Aphidius and Diaeretiella*. Israel Journal of Entomology. Vol XXIV (1990) : 51-91.

Nazari Y., Ali Zamani A., Masoumi S. M., Rahkshani E., Petrovic-Obradovic O., Tomanovic S., Stary P., Tomanovic Z., 2012. *Diversity and host associations of aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in the farmlands of western Iran*. Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, Vol 52(2): 559-584.

Rahkshani E., Talebi A. A., Kavallieratos N. G., Rezvani A., Manzari S., Tomanovic Z., 2005. *Parasitoid complex (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) of Aphid craccivora Koch (Hemiptera ; Aphidoidea) in Iran*. J. Pest Sci. (2005) 78 : 193-198.

Rahkshani E., Talebi A. A., Stary P., Tomanovic Z., Manzari S., Kavallieratos N. G., Cetkovic A., 2006. *A new species of Aphidius Nees, 1818 (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) attacking Uroleucon aphids (Homoptera, Aphididae) from Iran and Iraq*. Journal of Natural History, 2006; 40(32-34):1923-1929

Rahkshani E., Talebi A. A., Stary P., Tomanovic Z., Manzari S., 2007. *Aphid-parasitoid (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) associations on willows and poplars in Iran*. Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 53 (3): 281-292

Rahkshani E., 2012a. *Aphid parasitoids (Hymenoptera; Braconidae: Aphidiinae) associated with pome and stone fruit trees in Iran*. J. Crop Prot. 2012, 1 (2): 81-95.

Rahkshani E., Kazemzadeh S., Stary P., Barahoei H., Kavallieratos N. G., Cetkovic A., Popovic A., Bodlah I., Tomanovic Z., 2012b. *Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of northeaster, Iran: Aphidiine-aphid-plant association, key and description of a new species*. Journal of Insect Science, Vol. 12, article 143, 26 p.

Rahkshani E., Stary P., Tomanovic Z., Mifsud D, 2015. *Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) aphid parasitoids of Malta: Review and key to species*. Bulletin of the entomological society if Malta (2015) vol. 7: 121-137

Stary P., 1973. *A review of the Aphidius – species (Hymenoptera, Aphidiidae) of Europe*. Annotationes Zoologicae et Botanicae. Slovenske narodne museum – Prirodovedny ustav. N°84, 85 p.

Stary P., 1974. *Taxonomy, origin, distribution and host range of Aphidius species (Hym. Aphidiidae) in relation to biological control of the pea aphid in Europe and North America*. Institute of entomology, Czechoslovak academy of science, Prague, 77 (1974): 141-171

Stary P., 1976. *Aphids parasites (Hymenoptera, Aphidiidae) of Mediterranean Area*. Rozpravy Ceskoslovenske akademie ved. Academia Praha. 1976 Rocnik 86, Sesit 2. 102 p.

Tomanovic Z., Kavallieratos N. G., Stary P., Athanassiou C. G., Zikic V., Petrovic-Obradovic O., Sarlis G. P., 2003. *Aphidius nees aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) in Serbia and Montenegro: tritrophic associations and key*. Acta entomologica serbica, 2003, 8 (1/2): 15-39

Tomanovic Z., Kavallieratos N. G., Stary P., Petrovic-Obradovic O., Tomanovic S., Jovanovic S., 2006. *Journal of plant diseases and protection*, 113(4):174-180

Tomanovic Z., Stary P., Kavallieratos N. G., Gagic V., Plecas M., Jankovic M., Rahkshani E., Cetkovic A., Petrovic A., 2012. *Aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in wetland habitats in western Palaearctic: key and associated aphid parasitoid guilds*. Ann. Soc. Entomol Fr. 2015, 48 (1-2):189-198