COCHORTI - Les cochenilles sur les plantes ornementales et leurs parasitoïdes

Kreiter P.[1], Lépinay V.[5], Ris N.[1], Warot S.[1], Belet A.[1], Ayed F.[1], Japoshvili G.[2], Germain J.F.[3], Balmes V.[3], Descamps S.[4], Tourlourat A.[4], Cambournac L.[4], Henry S.[4], Graverol S.[4], Boujot Y.[4], Correa M.[5], Paris B.[6], Poncet C.[1], Robert F.[5]

[1] INRAE, Institut Sophia Agrobiotech. 400 route des chappes, BP 167, F-06940 Sophia-Antipolis

[2] IRC, Invertebrate Research Center / AUG, University of Georgia - Tbilisi, Georgie

[3] ANSES, Laboratoire de la santé des végétaux. Unité d'entomologie et plantes invasives. 755 avenue du campus d'Agropolis, C S30016, F-34988 Montferrier-sur-Lez Cedex

[4] CREAM, Chambre d'Agriculture, ASTREDHOR Méditerranée. 796 route de Gattières, F-06610 La Gaude

[5] ASTREDHOR, 44 rue d'Alésia, F-75682 Paris Cedex 14

[6] UMT FioriMed, INRAE. 400 route des chappes, BP 167, F-06940 Sophia-Antipolis

Correspondance : philippe.kreiter@inrae.fr

Résumé

Un inventaire des cochenilles et de leurs parasitoïdes a été entrepris sur plantes ornementales. Un réseau de collecteurs a été mis en place dans plusieurs régions françaises, notamment, en Provence-Alpes-Côte-D'azur. 57 espèces de cochenilles et plus de 40 espèces d'hyménoptères parasitoïdes ont été déterminées, parmi lesquelles plusieurs ont été identifiées pour la première fois en France.

Mots-clés : plantes ornementales, cochenilles, parasitoïdes, détermination morphologique, caractérisation moléculaire, agroécologie.

Abstract : COCHORTI :The scale insect on ornamental plants and their parasitoids

An inventory of scale insects and their related parasitoids has been carried out on ornamental plants. A network of collectors has been set up in several French countries with a particular focus in Provence-Alpes-Côte-D'Azur. 57 species of scale insects and more than 40 hymenopterous parasitoids have been determined, several of them being identified for the first time in France.

Keywords: ornemental plants, scale insect, parasitoids, morphologic identification, molecular caracterisation, agroecology

Introduction

En France, l'horticulture ornementale constitue un secteur de production très diversifié qui englobe plus de deux cents espèces végétales d'importance économique. Ce secteur divisé en quatre sous-filières : les fleurs et feuillages coupés, les plantes en pot et les bulbes, les massifs et les pépinières. Les cultures ornementales sous serres constituent dans la plupart des cas, un système de production consommateur de pesticides avec des indices de fréquence de traitement élevés. Cette stratégie de protection chimique conventionnelle montre toutefois des défaillances manifestes, dues à la diminution du nombre de matières actives disponibles, à l'augmentation des phénomènes de résistances et à l'incidence de ces traitements sur l'environnement et la santé humaine. Depuis de nombreuses années, la Protection Biologique et Intégrée (Calvarin et Langlois, 2001) s'est mise en place et apporte des résultats satisfaisants contre de

nombreux arthropodes ravageurs des cultures. La méconnaissance de la biologie et l'écologie de certains ravageurs rend toutefois cette stratégie plus complexe. C'est notamment le cas des cochenilles dont les tentatives de contrôle entrainent souvent des traitements inappropriés et inefficients. A ces méconnaissances, viennent s'ajouter la diversité des espèces de cochenilles, leurs difficultés d'identification, la faible diversité et le coût élevé des macro-organismes utilisables en biocontrôle et, en amont, la méconnaissance des cortèges d'ennemis naturels Plusieurs travaux ont permis de faire des inventaires des cochenilles sur plantes ornementales sous serres commerciales (Picart et Matile-Ferrero, 2000, 2001 ; Germain *et al*., 2003 ; Matile-Ferrero *et al.*, 2004 ; Matile-Ferrero *et al*., 2004 ; Germain *et al*., 2005). Toutefois, devant la persistance des cochenilles dans cette filière, les partenaires de l'UMT FioriMed piloté par l'ASTREDHOR ont élaboré le Projet CasDar « COCHORTI », débuté en 2017. Ce projet visait à recenser les cochenilles sur plantes ornementales, dans différentes régions de France ainsi que leurs ennemis naturels, pouvant être de nouveaux leviers agro-écologiques.

1. Matériel et Méthodes

1.1 Le réseau d'échantillonnage piloté par ASTREDHOR

Ce réseau est composé de sept des dix stations d'expérimentations de l'institut technique agricole ASTREDHOR réparties sur l'ensemble des régions continentales françaises (Tableau 1) et d'un groupement de conseillers, le Bureau Horticole Régionale (BHR) près d'Angers.

Tableau 1 : Structures ayant participé à l'échantillonnage des cochenilles sur plantes ornementales et régions prospectées

Structures pilotées par ASTREDHOR	Régions administratives
Arexhor Grand-Est	Grand-Est
BHR	Pays de Loire & Bretagne
Arexhor Seine-Manche	Normandie
CREAM – SCRADH	PACA
CATE	Bretagne
RATHO	Auvergne-Rhône-Alpes
GIE Fleurs et Plantes	Nouvelle Aquitaine

En complément, de nombreux échantillons sont parvenus de deux jardins botaniques, le Jardin Botanique du Parc de la Tête d'Or (Lyon) et le Parc Phoenix (Nice) ainsi que d'autres sites publics ou privés.

1.2 Envois et tri des échantillons

Chaque rameau contaminé est caractérisé par la date de récolte, l'espèce végétale, le lieu de prélèvement, le nom du récolteur et des conditions particulières de culture. Après avoir été mis en sac avec un tampon de ouate humidifiée, il est expédié à la station du CREAM. Dès la réception, chaque échantillon est séparé en deux parties :

- Une première partie à partir de laquelle chaque cochenille est isolée dans un tube Eppendorf (0,05 cc), dans l'alcool à 70% ou 96,5% selon s'il est destiné à une identification morphologique ou moléculaire, respectivement.
- Une seconde partie est conservée pour la récupération d'éventuels parasitoïdes.

Concernant la première partie, chaque cochenille isolée en tube est identifiée par un code de quatre lettres et deux ou trois chiffres correspondant au lieu de prélèvement, la plante-hôte et à un numéro d'ordre. Une partie de ces cochenilles (les femelles adultes) est envoyée à l'ANSES de Montpellier, au Laboratoire de la Santé des végétaux, pour une détermination morphologique et une autre partie est expédiée à l'INRAE, Institut Sophia-Agrobiotech pour une identification moléculaire.

Après un examen minutieux, la seconde partie des végétaux est subdivisée en autant de fractions que d'espèces cochenilles observées. Sur chaque fraction, des individus sont retirés de façon à ne laisser qu'une espèce de cochenille. Chaque fraction est ensuite déposée dans des pots translucides, dont le couvercle est perforé de micro-trous permettant le passage d'air, évitant ainsi le développement de moisissures et le pourrissement prématuré des végétaux. Quelques gouttes de miel sont déposées dans la partie intérieure du couvercle pour nourrir les parasitoïdes susceptibles d'émerger. Chaque éclosoir est contrôlé tous les deux jours. Dès leur sortie, les parasitoïdes sont capturés et subissent le même protocole que les cochenilles, à savoir, une conservation en alcool 70% et 96,5%, selon le processus d'identification. Ces parasitoïdes sont décrits succinctement afin de faire un premier regroupement par morphe avant leur expédition au laboratoire d'Entomologie de l'Université de Tbilissi en Géorgie et à l'INRAE, pour une détermination morphologique et moléculaire respectivement. Les lots d'insectes sont expédiés tous les deux mois vers les laboratoires d'analyse.

1.3 Techniques de montage pour analyse morphologique

1.3.1 Les cochenilles

Les insectes sont placés dans un verre de montre contenant une solution de potasse (KOH) 1 mole/litre (hydroxide de potassium) chauffé sans ébullition, jusqu'à ce que les tissus internes soient complètement expulsés. Les insectes sont transférés dans de l'eau distillée pour éliminer l'excès de KOH. Par la suite, les cochenilles sont placées dans une solution de colorant, composée pour un tiers d'eau distillée, un tiers d'acide lactique et un tiers de glycérol puis saturée en fuchsine acide initialement sous forme de poudre. Les spécimens sont trempés dans cette solution jusqu'à ce que les parties chitinisées soient colorées Les individus colorés sont ensuite transvasés dans un bain d'acide acétique de façon à fixer le colorant. Un dernier transfert dans un bain d'essence de lavande est réalisé, assurant une bonne miscibilité de la préparation dans le Baume du Canada. Une goutte de ce baume est déposée au centre d'une lame et chaque individu y est déposé, face dorsale vers le haut. Une étiquette est collée sur la droite de la lame indiquant les informations transmises par le CREAM. Après analyse, le nom de la cochenille, l'identificateur et la date d'identification sont indiqués sur une deuxième étiquette, placée à gauche.

1.3.2 Les parasitoïdes

La technique de montage pour la détermination morphologique des hyménoptères s'approche de celle décrite par Noyes (1982) avec une phase d'éclaircissage à la potasse, de neutralisation de la potasse par de l'acide acétique et des bains successifs d'alcool pour déshydrater les individus. La préparation pour le montage entre lame et lamelle s'opère dans de l'essence de lavande avant que l'individu ne soit figé dans du Baume du Canada pour une conservation de longue durée. Comme pour les cochenilles, tous les renseignements concernant l'individu ainsi monté sont notés sur une étiquette placée à gauche de la lame.

1.4 Caractérisation moléculaire des cochenilles et antagonistes par PCR

Les méthodes de caractérisation moléculaire utilisées pour le projet COCHORTI sont très semblables à celles utilisées pour d'autres projets menés par l'Institut Agrobiotech concernant les cochenilles et leurs antagonistes (Abd-Rabou *et al.*, 2012 ; Amouroux *et al.*, 2016 ; Correa *et al.*, 2016). Seuls les éléments

principaux des protocoles et procédures sont précisés ci-dessous, les détails étant fournis dans les rapports de deux stages financés par COCHORTI (Belet, 2018 ; Ayed, 2019). Pour chaque individu, l'ADN est extrait à partir de kits commerciaux classiques (Zygem PIN0500 et Quick extract Lucigen) dans un volume de 30µL selon les recommandations des fournisseurs. Les amplifications par réaction de polymérisation en chaine (PCR) ont été réalisées à partir de 2µL de la précédente solution, 0,125µL de chacune des amorces (100µM) et le Multiplex PCR Master Mix Qiagen, dilué selon les recommandations du fournisseur. Plusieurs couples d'amorces ont été utilisés selon les marqueurs moléculaires et taxons considérés (cochenilles ou antagonistes). Les conditions de la PCR comprenaient (i) une dénaturation initiale (15min à 95°C), (ii) 40 cycles incluant une dénaturation (30s à 95°C), une hybridation (90s à une température variable - Tableau 2) et une élongation (60s à 72°C) et (iii) une extension (30min à 60°C). Les produits PCR ainsi obtenus ont ensuite été envoyés pour séquençage selon la méthode Sanger (simple ou double sens - Tableau 2) à la société Genewiz. Le traitement (nettoyage, création des consensus en cas de séquençage double sens et alignement des séquences) et l'analyse des séquences (études des variations des variations en acide aminé, comparaison à la base de données GENBANK, réalisation d'arbres Neighbour-Joining) ont été effectuées avec principalement deux logiciels, Geneious® et MEGA-X®. Selon les situations, le séquençage Sanger a été réalisé dans un seul ou les deux sens (amorces utilisées soulignées).

Tableau 2 : Précisions concernant les marqueurs et amorces utilisées pour la caractérisation moléculaire

Marqueurs	Amorces	Taxons	Température d'hybridation	Références
Cytochrome oxidase I (Gène codant mitocondrial)	LCO / HCO	Cochenilles Antagonistes	48°C	Folmer *et al.* 1994
	PCO-F1 / LEP-R1	Cochenilles	48°C	Malausa et al 2016
28S (Gène ribosomique)	28Slf / 28Slr	Cochenilles	58°C	Malausa et al 2016
	28S-D2 3351-F / 28S-D2 4057-R	Antagonistes	58°C	Gillespie *et al.* 2005

2. Résultats

2.1 Les cochenilles

A quelques situations près, les méthodes de caractérisations morphologique et moléculaire ont donné des résultats tout à fait concordants (Kreiter *et al.*, 2020). Six familles de cochenilles ont été identifiées :

- Les **Coccidae** : 16 espèces ont été identifiées appartenant à 9 genres : *Ceroplastes* (5 espèces), *Coccus* (1), *Filippia* (1), *Parasaissetia* (1), *Parthenolecanium* (3), *Protopulvinaria* (1), *Pulvinaria* (1), *Saissetia* (2) et *Kilifia* (1).
- Les **Diaspididae** sont les plus diverses avec 24 espèces réparties en 18 genres : *Acutaspis* (1 espèce), *Aonidia* (1), *Aonidiella* (1), *Aspidiotus* (1), *Aulacaspis* (1), *Carulaspis* (1), *Chrysomphalus* (1), *Diaspis* (4), *Furchadaspis* (1), *Gymnaspis* (1), *Hemiberlesia* (3), *Lepidosaphes* (1), *Leucaspis* (1), *Parlatoria* (2), *Pinnaspis* (1), *Pseudaulacaspis* (1), *Unachionaspis* (1), *Unaspis* (1).
- Les **Pseudococcidae**, compté avec 14 espèces réparties dans sept genres : *Heliococcus* (1 espèce), *Paracoccus* (1), *Phenacoccus* (2), *Planococcus* (3), *Pseudococcus* (4), *Trionymus* (2) et *Vryburgia* (1).
- Les trois dernières familles, les **Monophlebidae**, **Orthezidae** et **Eriococcidae**, sont représentées dans nos échantillons, par un seul genre, *Icerya*, *Insignorthezia* et *Uhleria*, respectivement et une seule espèce.

Plusieurs genres ou espèces apparaissent nouveaux pour la France, comme le genre *Unachionaspis* mais l'espèce n'a pas pu être identifiée pour l'heure. Il pourrait s'agir de *U. tenuis* selon l'ANSES, cependant de nouveaux prélèvements devront être effectués pour confirmer cette espèce. Il en est de même pour certaines *Pseudococcidae*, telles que *Planococcus* minor et *Phenacoccus solenopsis*. Enfin, un seul individu de *Ceroplastes sp*., a été collecté sur *Acer japonicum* et pré-identifié comme *Ceroplastes ceriferus*. Comme les autres espèces, de nouveaux prélèvements devront être réalisés.

Les espèces de cochenilles prélevées dans les différentes régions françaises ont été consignées dans le Tableau 3. Le plus grand nombre d'espèces de cochenilles a été collecté dans la région PACA sans qu'il soit possible de faire la part des choses entre des conditions climatiques et écologiques plus favorables et un effort d'échantillonnage beaucoup plus important. En comparaison, les autres régions présentent certaines spécificités.

Tableau 3 : Répartition des 6 familles de cochenilles par région administrative.

Régions	Espèces de cochenilles		
Auvergne-Rhône-Alpes	*Acutaspis umbonifera (D)*	*Diaspis echinocacti (D)*	*Pinnaspis sp. (D)*
	Ceroplastes ceriferus (C) (?)	*Furchadaspis zamiae (D)*	*Saissetia coffeae (C)*
	Chrysomphalus aonidum (D)	*Hemiberlesia cyanophylli (D)*	
	Diaspis bromeliae (D)	*Phenacoccus madeirensis (P)*	
Bretagne	*Aspidiotus nerii (C)*	*Pseudococcus calceolariae (P)*	*Tryonimus dimitus (P)*
	Coccus hesperidum (C)	*Pseudococcus comstocki (D)*	*Trionymus hamberdi (P)*
	Paracoccus sp. (C)	*Pseudococcus longispinus (D)*	*Vryburgia amaryllidis (P)*
	Parthenolecanium sp. (C)	*Pseudococcus viburni (P)*	
Grand Est	*Aspidiotus nerii (D)*	*Parthenolecanium rufulum (C)*	*Pseudococcus viburni (P)*
	Parthenolecanium corni C)	*Pseudaulacaspis pentagona (D)*	*Saissetia coffeae (C)*
Normandie	*Pseudococcus viburni (P)*		
Nouvelle-Aquitaine	*Ceroplastes sinensis (C)*	*Planococcus minor (P) (?)*	*Pseudococcus viburni (P)*
	Phenacoccus madeirensis (P)	*Pseudococcus longispinus (P)*	
Provence-Alpes-Côte d'Azur	*Aonidia lauri (D)*	*Furchadaspis zamiae (D)*	*Phenacoccus madeirensis (P)*
	Aonidiella aurantii (D)	*Gymnaspis aechmeae (D)*	*Phenacoccus solenopsis (P) (?)*
	Aspidiotus nerii (D)	*Heliococcus bohemicus (P)*	*Pseudococcus calceolariae (P)*
	Aulacaspis rosae (D)	*Hemiberlesia lataniae (D)*	*Pseudococcus comstocki (P)*
	Carulaspis minima (D)	*Hemiberlesia rapax (D)*	*Pseudococcus longispinus (P)*
	Ceroplastes floridensis (C)	*Icerya purchasi (M)*	*Pseudococcus viburni (P)*
	Ceroplastes japonicus (C)	*Insignorthezia insignis (O)*	*Pulvinaria floccifera (C)*
	Ceroplastes rusci (C)	*Kilifia sp. (D)*	*Pulvinaria sp. (C)*
	Ceroplastes sinensis (C)	*Lepidosaphes beckii (D)*	*Planococcus vovae (P)*
	Chrysomphalus aonidum (D)	*Leucaspis pusilla (D)*	*Protopulvinaria pyriformis (C)*
	Coccus hesperidum (C)	*Parasaissetia nigra (C)*	*Saissetia coffeae (C)*
	Diaspis boisduvalii (D)	*Parlatoria oleae (D)*	*Saissetia oleae (C)*
	Diaspis coccois (D)	*Parlatoria proteus (D)*	*Uhleria araucariae (E)*
	Diaspis echinocacti (D)	*Parthenolecanium corni (C)*	*Unachionaspis sp. (D) (?)*
	Filippia follicularis (C)	*Parthenolecanium persicae (C)*	*Unaspis yanonensis (D)*
Pays de Loire	*Pseudaulacaspis pentagona (D)*	*Planococcus citri (P)*	*Trionymus hamberdi (P)*
	Pseudococcus calceolariae (P)	*Pseudococcus viburni (P)*	

(D) : Diaspididae ; (C) : Coccidae ; (P) : Pseudococcidae ; (M) : Monophlebidae ; (O) : Orthezidae ; (E) : Eriococcidae ; (?) : nouveau pour la France, à confirmer

2.2 Les parasitoïdes

Contrairement à celle des cochenilles, l'identification des antagonistes, dont les parasitoïdes en particulier, s'est avérée beaucoup plus délicate et la correspondance entre caractérisations morphologique et moléculaire reste imparfaite. Cette difficulté s'explique par trois raisons principales : (i) la diversité des parasitoïdes dont l'abondance est relativement faible, contribue à compliquer l'appariement entre, d'une part, les individus caractérisés morphologiquement et, d'autre part, les individus caractérisés moléculairement ; (ii) la documentation sur la base de données Genbank reste encore très partielle pour ces taxons, ; (iii) l'existence de complexes d'espèces. L'exemple des Encyrtidae présenté dans la Figure 1 illustre tout à fait cette situation générale. En effet, seules 28% des espèces d'Encyrtinae identifiés sur des bases morphologiques (Figure 1) ont pu être caractérisées sur le gène COI, la plupart des séquences obtenues ayant peu d'« échos » dans Genbank. Lorsque c'est le cas, comme pour *Metaphycus flavus* ou *M. lounsburyi*, le niveau de divergence observé entre les séquences obtenues et celles de Genbank peut par ailleurs interroger sur leur appartenance effective à une même espèce. D'une façon générale, le projet COCHORTI a contribué significativement à la caractérisation intégrative de parasitoïdes associés aux cochenilles mais ce travail n'est clairement pas encore abouti.

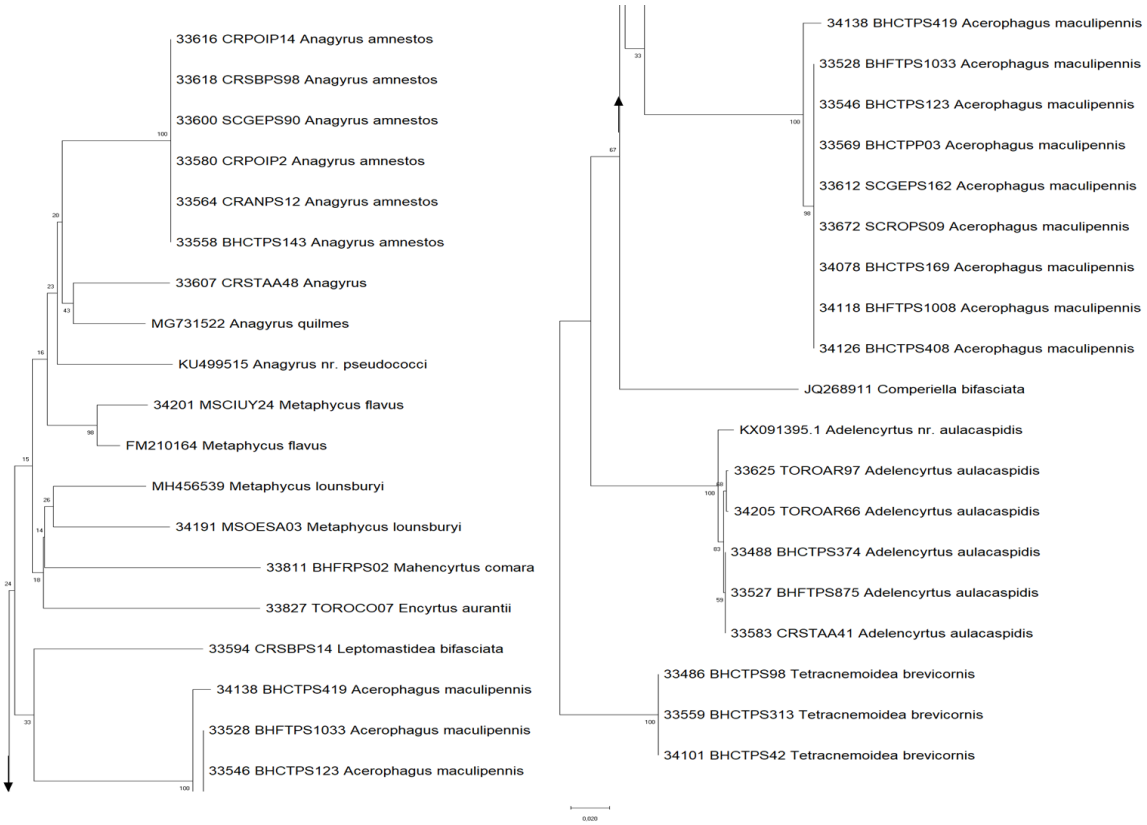


Figure 1 : Arbre phylogénétique illustrant des travaux de caractérisation moléculaire menés dans le cadre du projet COCHORTI.

L'arbre Neighbour-Joining représenté ici regroupe les séquences COCHORTI (labels commençant par 5 chiffres) et GENBANK (labels commençant par deux majuscules) obtenues sur le gène mitochondrial COI et concernant famille des Encyrtidae. Les paramètres utilisés pour obtenir cet arbre sont les suivants : distance de Kimura 2 paramètres ; délétion 2 à 2 sur des séquences au maximum de 411pb ; 500 répétitions utilisées pour les tests de bootstrap.

Parmi les antagonistes, la « superfamille » des Chalcidiens s'avère particulièrement bien représentées avec 44 espèces identifiées, qui se répartissent en trois familles :

- Les **Aphelinidae** représentées par 14 espèces réparties dans 3 sous-familles et 5 genres : Aphelinidae : genre *Aphytis* – Azotnidae : genre *Ablerus* – Coccophaginae : genre *Coccobius*, *Coccophagus* et *Encarsia*
- Les **Encyrtidae** représentées par 29 espèces. Elles se répartissent dans deux sous-familles, les Encyrtinae et les Tetracneminae. Au sein des Encyrtinae, 19 espèces sont recensées réparties dans 14 genres dont 3 (*Acerophagus*, *Encyrtus* et *Metaphycus*) sont représentés par au moins deux espèces. Au sein des Tetracneminae, 10 espèces sont recensées réparties en 4 genres dont 3 (*Anagyrus*, *Leptomastidea* et *Tetracnmoidea*) sont représentés par plus de deux espèces.
- Les Signiphoridae représentée seulement par *Chartocerus subaenus*.

Suite à ce travail d'inventaire, les relations « cochenilles hôtes – parasitoïdes » ont cherché à être établies (Tableau 4). Ainsi des espèces utilisées comme auxiliaires des cultures en lutte biologique sont observées, notamment les genres Aphytis et Encarsia contre les Diaspididae, Acerophagus ou Anagyrus contre les Pseudococcidae, Metaphycus contre les Coccidae. Certaines espèces peuvent être des hyperparasitoïdes comme *Ablerus perspeciosus*.

Nous avons noté d'un astérisque les espèces qui, selon la base de données internationale des Chalcidiens, seraient nouvelles pour la France (Noyes, 2019) et du symbole £ pour soulever des associations particulières voire surprenantes. Certains de ces parasitoides sont à la fois associés à des Pseudococcidae et à des Coccidae. Mais ce phénomène se retrouve pour certaines associations dans la base de données internationale scalenet.

Tableau 4 : Associations cochenilles/ parasitoïdes par région.

Cochenilles	**Parasitoïdes (Régions)**		
Aonidiella aurantii	*Ablerus perspeciosus* (Paca) *Aphytis chrysomphali* (Paca) *Aphytis lingnanensis* (Paca)	*Aphytis mytilaspidis* (Paca) *Coccophagus shillongensis* (Paca)*** £**	*Comperiella bifasciata* (Paca) *Encarsia perniciosi* (Paca)
Aspidiotus nerii	*Encarsia citrina* (Paca)	*Aphytis lingnanensis* (Paca)	
Aulacaspis rosae	*Adelencyrtus aulacaspidis* (Paca) *Anagyrus amnestos* (Paca)***** *Aphytis mytilaspidis* (Paca)	*Coccophagus longiclavatus* (Paca) *Encarsia citrina* (Paca) *Tetracnemoidea brevicornis* (Paca) **£**	*Thomsonisca amathus* (Paca) *Zaomma lambinus* (Paca)
Trionymus hamberdi (Syn *: Balanococcus kwoni*)	*Acerophagus maculipennis* (Br) *Adelencyrtus aulacaspidis* (Br) **£**	*Anagyrus rufoscutatus* (Br)***** *Chartocerus subaenus* (Br, PdL)	*Cerchysius subplanus* (Br, PdL) *Mahencyrtus comara* (Br**) £**
Ceroplastes japonicus	*Coccophagus shillongensis* (Paca)*****	*Scutellista sp.* (Paca)	
Ceroplastes rusci	*Coccophagus shillongensis* (Paca)*****	*Scutellista sp.* (Paca)	
Ceroplastes sinensis	*Coccophagus shillongensis* (Paca)*****		
Coccus hesperidum	*Anagyrus amnestos* (Paca)***** *Acerophagus maculipennis* (Paca) **£** *Coccophagus longiclavatus* (Paca) *Coccophagus lycimnia* (Paca)	*Coccophagus shillongensis* (Paca) *Encyrtus aurantii* (Paca) *Mahencyrtus comara* (Paca**) £**	*Metaphycus dispar* (Paca) *Metaphycus helvolus* (Paca) *Mira mucora* (Paca) £
Filippia follicularis	*Coccophagus shillongensis* (Paca)		

Gymnaspis aechmeae	*Metaphycus dispar* (Paca)		
Hemiberlesia lataniae	*Aphytis lingnanensis* (Paca)	*Encarsia citrina* (Paca)	*Encarsia sp.nr.pergandiella (Paca)*
Icerya purchasi	*Adelencyrtus aulacaspidis* (Paca) *Anagyrus amnestos* (Paca)*	*Chartocerus subaenus* (Paca) *Comperiella bifasciata* (Paca)	*Tetracnemoidea brevicornis* (Paca)
Kilifia sp.	*Scutellista sp.* (Paca)		
Leucaspis pusilla	*Ablerus atomon* (Paca)	*Encarsia leucaspidis* (Paca)	
Parthenolecanium corni	*Coccophagus shillongensis* (Br, Paca)		
Phenacoccus madeirensis	*Acerophagus maculipennis* (Paca) *Anagyrus amnestos* (Paca)* *Anagyrus dactylopii* (Paca)*	*Anagyrus pseudococci* (Paca) *Cerchysius subplanus* (Paca) *Leptomastidea bifasciata* (Paca)	*Metanotalia maderensis* (Paca) *Mira mucora* (Paca) **£** *Prochiloneurus bolivari*(Paca)
Planococcus citri	*Acerophagus maculipennis* (Paca)	*Anagyrus dactylopii* (Paca)*	*Leptomastidea abdnormis* (Paca)
Protopulvinaria pyriformis	*Coccophagus shillongensis* (Paca) *Microterys nietneri* (Paca)	*Metaphycus dispar* (Paca) *Acerophagus malinus*	
Pseudaulacaspis pentagona	*Acerophagus maculipennis* (PdL) *Encarsia berlesei* (Paca)	*Chartocerus subaenus* (PdL)	
Pseudococcus longispinus	*Anagyrus amnestos* (Paca)* *Anagyrus.fusciventris* (Paca)*	*Mira mucora* (Paca) *Prochiloneurus bolivari* (Paca)	
Pseudococcus comstocki	*Acerophagus malinus* (PACA)		
Pseudococcus viburni	*Acerophagus maculipennis* (Paca, Br, PdL) *Adelencyrtus aulacaspidis* (Br) *Anagyrus amnestos* (Br)*	*Aphycus apicalis* (PdL) *Cerchysius subplanus* (PdL) *Chartocerus subaenus* (Paca, PdL) *Coccophagus shillongensis* (PdL) **£**	*Tetracnemoidea brevicornis* (PdL) **£** *Tetracnemoidea mediterranea* (Br) **£**
Saissetia coffeae	*Coccophagus shillongensis* (Paca) *Encyrtus aurantii* (GE)	*Encyrtus infelix* (Paca) *Scutellista sp.*(Paca)	
Saissetia oleae	*Metaphycus dispar* (Paca)	*Metaphycus lounsburyi* (Paca)	*Scutellista sp.* (Paca)
Unaspis yanonensis	*Ablerus perspeciosus* (Paca) *Aphytis lingnanensis* (Paca)	*Aphytis mytilaspidis* (Paca) *Comperiella bifasciata* (Paca)	*Coccobius testaceus* (Paca) *Encarsia citrina* (Paca)

(Paca) : Provence-Alpes-Côte-D'azur, (Br) : Bretagne, (GE) : Grand-Est, (PdL) : Pays de Loire ;
* nouveau pour la France, £ : association surprenante

3. Discussion

Sur les 408 espèces de cochenilles recensées en France, toutes filières confondues, par Foldi et Germain (2018), notre inventaire sur plantes ornementales, bien que non exhaustif, n'en recense pas moins de 57. Vis-à-vis de cette diversité, un apport important du projet COCHORTI est l'identification des ennemis naturels pour plus d'une vingtaine d'espèces de cochenilles. Ainsi, plus de 40 espèces ont été collectées,

pour la plupart appartenant aux familles des Encyrtidae, des Aphelinidae et des Signiphoridae. Certaines espèces semblent nouvelles pour la France (Noyes, 2019), sans qu'il soit possible de statuer si ces espèces étaient auparavant présentes mais passées inaperçues.

Concernant les Encyrtidae, dans le genre *Anagyrus*, quatre espèces sont nouvelles pour la France. *Anagyrus amnestos*, décrit pour la première fois en 2013 (Rameshkumar et al., 2013), est le parasitoïde le plus présent sur la cochenille invasive *Phenacoccus madeirensis*, parasitée également par huit autres espèces d'hyménoptères chalcidiens (Tableau 3). *Anagyrus dactylopii* est présent en Asie, Australie et Amérique du Sud mais son identification ici pourrait être la première pour l'Europe (Noyes, 2019). Il en est de même pour *Anagyrus rufoscutatus*, présent en Russie et au Japon (Trjapitzin, 1989), nos résultats pointant toutefois une possible synonymie entre *A. rufoscutatus* et une autre espèce, *A. nr belibus*, déjà décrite en France (Trjapitzin, 1989). Cet Encyrtidae parasite *Trionymus hamberdi*, cochenille pseudococcine sur Poaceae. *Anagyrus fusciventris* quant à lui, a été signalé en Italie depuis de nombreuses années (Viggiani et Battaglia, 1983) et semble, dans nos échantillons, spécifique de *P. longispinus*. Concernant d'autres genres, *Cerchysius subplanus* avait été décrit au Portugal (Japoshvili et Abrantes, 2006) mais jamais recensé en France (Noyes 2019) où nous l'avons finalement trouvé en Pays de Loire, Bretagne et PACA sur des Pseudococcidae tels que *Trionymus hamberdi* et *Pseudococcus viburni*. *Encyrtus infelix* est un parasitoide de Coccidae, issu de *Saissetia coffeae* dans nos échantillons, qui est largement répandu dans le monde mais jamais recensé en France (Noyes 2019). *Mahencyrtus comara* est un parasitoïde présent dans de nombreux pays européens sur Pseudococcidae et Coccidae (Noyes, 2019). Nous avons récolté des individus mâles sur les Coccidae et des femelles sur Pseudococcidae. Concernant l'espèce *Mira mucora*, le projet COCHORTI a mis en évidence sa présence en France et son association principalement avec *Pseudococcus longispinus* et *Phenacoccus madeirensis*. Toutefois, un individu est issu d'une Coccidae, *Coccus hesperidum*. Fusu (2001) signale sa présence en Roumanie, sans préciser l'espèce de cochenille-hôte.

Concernant les Aphelinidae, *Aphytis lingnanensis* a beaucoup été étudié comme agent de lutte biologique sur le pourtour méditerranéen, pour lutter contre *Aonidiella aurantii* sur agrumes, notamment par Bénassy et Euverte (1967). Sa présence n'avait toutefois jamais été signalée en France.

Chez les Coccophagus, nous avons identifié deux espèces nouvelles, *Coccophagus longiclavatus* et *Coccophagus shillongensis*, toutes les deux originaires d'Inde (Shafee, 1972, Hayat et Singh, 1989). L'analyse moléculaire de plusieurs individus correspond toutefois parfaitement à une séquence GenBank d'un individu identifié comme *C. japonicus*. Il pourrait donc s'agir d'une synonymie ce qui ne change pas de toute façon le fait que l'espèce est identifiée pour la première fois en France. Une deuxième espèce de Coccophagus, potentiellement *C. longiclavatus*, a également été révélée être nouvelle pour la France. Enfin, chez les Signiphoridae, notre étude a mis en évidence la présence en France de l'espèce *Chartocerus subaeneus* qui pourrait être à la fois un parasitoïde primaire et secondaire (Noyes, 2019) ce qui expliquerait son association avec des cochenilles phylogénétiquement aussi éloignées que *Tryonymus hamberdi* et *Icerya purchasi*.

Conclusion

Ce travail démontre tout d'abord la diversité des cochenilles sur les cultures ornementales, diversité qui rend difficile leurs gestions. A cette diversité des cochenilles, fait écho une diversité également importante mais beaucoup moins bien connue qu'est celle des parasitoïdes. Aussi bien pour les cochenilles que les parasitoïdes, la détermination morphologique reste du ressort des spécialistes, malheureusement de plus en plus rares et sur-sollicités. L'apport de la biologie moléculaire peut pallier ce manque de disponibilité mais exige préalablement d'associer systématiquement les deux méthodes d'identification, démarche à laquelle le projet COCHORTI contribue modestement. D'un point de vue appliqué, la diversité des parasitoïdes pourrait potentiellement offrir des leviers de biocontrôle ou d'outils pertinents en agroécologie que ce soit par des stratégies de lutte biologique par conservation ou par augmentation.

Concernant ce dernier point, cette étude pourrait d'ailleurs faciliter la commercialisation en France de nouveaux auxiliaires, plusieurs espèces d'origine exotique étant finalement présentes sur notre territoire. La biodiversité des cochenilles et de leurs ennemis naturels en cultures ornementales et/ou en espaces verts pose enfin également la question de la circulation de ces espèces entre les différentes filières (ornement, maraichages et arboriculture fruitière en particulier). Assurément, la gestion du risque « cochenilles » et le développement de méthode de biocontrôle doivent inclure des réflexions/synergies inter-filières.

Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce au financement d'un projet « Développement agricole et rural » (CasDar, Recherche Technologique). Les auteurs remercient les stations de l'Institut ASTREDHOR, le BHR qui ont participé à la collecte d'échantillons et nos contacts sur place notamment Mmes Notte et Lhoste-Drouineau ; MM. Mary, Foucher, Gros et Déogratias. Ils remercient également tous les participant(e)s hors-stations qui ont apporté leur contribution dans cette collecte de données : M. Le Sann (STH), M. Coche, producteur de violettes et de roses (Tourrettes-sur-Loup), M. Coutant (Service Parc et Jardin de la ville de Nice, CPHM), M. Bailet (Parc Phoenix -Nice), Mme Mellet (Parc de la Tête d'Or - Lyon), M. Th. Kreiter (Les jardins du Hauts Pays), Mme et M. Dir (Domaine de La Vignette-Mouans-Sartoux), M. Caporalino (Coopérative Agricole de Cagnes-sur-Mer), La Pépinière Lebas (Quettreville-sur-Sienne), la Pépinière Gautier (Muneville-sur-Mer), Mme Legoff et MM. Bazzano et Borowiec (INRAE).

Références bibliographiques

Abd-Rabou S., Shalaby H., Germain J-F., Ris N., Kreiter P., Malausa T., 2012. Identification of mealybug pest species (Hemiptera: Pseudococcidae) in Egypt and France, using a DNA barcoding approach. Bulletin of Entomological Research, 102, 5, 515-523.

Amouroux P., Crochard D., Germain J-F., Correa M., Ampuero J., Groussier G., Kreiter P., Malausa T., Zaviezo T., 2017. Genetic diversity of armored scales (Hemiptera: Diaspididae) and soft scales (Hemiptera: Coccidae) in Chile. Scientific Reports, 7, 2014, doi:10.1038/s41598-017-01997-6.

Ayed F., 2019. Etude de la Biodiversité des cochenilles et leurs parasitoïdes en cultures ornementales. Rapport de stage, Master 2 « Sciences de la Vie et de la santé », Université Côte d'Azur.

Belet A., 2018. Caractérisation moléculaire des cochenilles et de leurs parasitoïdes. Rapport de stage, Master 2 « Sciences de la Vie et de la santé », Université Côte d'Azur.

Bénassy C., Euverte G., 1967. Perspectives nouvelles dans la lutte contre Aonidiella aurantii au Maroc [Hom. diaspididae]. Entomophaga, 12, 449-459.

Calvarin V, Langlois A., 2001. Protection biologique intégrée contre les mineuses en horticulture ornementale. PHM Revue Horticole, 430, 14-17.

Correa M., Palero F., Dubreuil N., Etienne L., Hulak M., Tison G., Warot S., Corchard D., Ris N., Kreiter P., 2016. Molecular characterization of parasitoids from armored scales infesting citrus orchards in Corsica, France. BioControl, 61, 639–647.

Foldi I., Germain J. F., 2018. Liste des Cochenilles de France (Hemiptera, Coccomorpha) - Bulletin de la Société entomologique de France, 123, 1, 7-18.

Folmer O., Black M., Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R., 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial Cytochrome C oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular marine biology and biotechnology. 3. 294-299.

Fusu L., 2001. Contributions faunistiques à la connaissance de Encyrtides (Hym. Chalc. Encyrtidae) de Roumanie. Anale Stiintifice ale Universitàtii "Al.I.Cuza" Iasi, s. Biologie animalà, 47, 29-30.

Germain J. F., Matile-Ferrero D., 2003. Les cochenilles sous serres en France : Inventaire illustré III. Les Diaspididae, Phytoma. La défense des végétaux, 583, 32-35.

Germain J.F., Matile-Ferrero D., Piron M., Picart J.L., 2003 Cochenilles sous serre en France – Inventaire illustré - Phytoma. La défense des végétaux, 561, 21-23.

Gillespie J., Munro J., Heraty J., Yoder M., Owen A., Carmichael A., 2005. A Secondary Structural Model of the 28S rRNA Expansion Segments D2 and D3 for Chalcidoid wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea). Molecular Biology and Evolution, 22, 1593-1608.

Hayat M., Singh S., 1989. Description of a new Coccophagus of the lycimnia|-group (Hymenoptera: Aphelinidae) from the Khasi hills, with some other species records from India. Colemania 5:29-33.

Japoshvili G.O, Abrantes I.M., 2006. New records of encyrtids (Chalcidoidea: Encyrtidae) from Portugal, including the description of two new species. Entomological News, 117, 4, 424.

Kreiter P., Germain J. F., Balmes V., Bélet A., Cambournac L., Correa M., Descamps S., Faten A., Graverol S., Henry S., Japoshvili G., Lépinay V., Paris B., Ris N., Tourlourat A., Warot S., Robert F., Diversité des cochenilles en horticulture ornementale. 2020, Phytoma – La défense des végétaux, 736, 41-46.

Malausa T., Delaunay M., Fleisch A., Groussier-Bout G., Warot S., Crochard D., Guerrieri E., Delvare G., Pelizzari G., Kaydan B.M., Al-Khateeb N., Germain J-F., Brancaccio L. Le Goff I. Bessac M., Ris N., Kreiter P., 2016. Investigating biological control agents for controlling invasive populations of the mealybug Pseudococcus comstocki in France. PloSOne, 11, 6, 0157965.

Matile-Ferrero D., Germain J.F., Picart J.L., Piron M., 2004. Cochenilles sous-serre en France - inventaire illustré. II. Les Pseudococcidae et Eriococcidae – Phytoma – La défense des Végétaux, 572, 35-37.

Noyes J.S., 2019. Universal Chalcidoidea Database. https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/database/index.dsml

Noyes, J.S., 1982. Collecting and preserving chalcid wasps (Hymenoptera, Chalcidoidea) - Journal of natural history, 16, 3, 315-334.

Picart J.L., Matile-Ferrero D., 2001. Cochenilles en serres de collection – Phytoma, la défense des végétaux – Espaces verts, les thématiques de Phytoma, 1, 14-20.

Picart J.L., Matile-Ferrero D., 2000. Cochenilles en serres de collection – Phytoma, la défense des végétaux, 524, 44-4.

Rameshkumar A., Noyes J.S, Poorani J., Chong J.H., 2013. Description of a new species of Anagyrus Howard (Hymenoptera: Chalcidoidea: Encyrtidae), a promising biological control agent of the invasive Madeira mealybug, Phenacoccus madeirensis Green (Hemiptera: Sternorrhyncha: Pseudococcidae). Zootaxa, 3717, 1, 79.

Shafee S.A., 1972. Indian species of the genus Coccophagus Westwood (Hymenoptera: Aphelinidae). Bulletin of Entomology. Entomological Society of India. 13(1):25 (Parasitoid identification correct)

Trjapitzin V.A., 1978. Hymenoptera II. Chalcidoidea 17. Signiphoridae. Opredeliteli Nasekomykh Evropeyskoy Chasti SSR, 3, 516.

Trjapitzin V.A., 1989. Parasitic Hymenoptera of the Fam. Encyrtidae of Palaearctics. Opredeliteli po Faune SSSR - Zoologicheskim Institutom Akademii Nauk SSR, Leningrad, 158:139.

Viggiani G., Battaglia D., 1983. Osservazioni preliminari sull'Anagyrus fusciventris (Girault), nuovo parassita di Pseudococcus calceolariae (Maskell) in Italia. Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri', Portici, 40, 109-114.

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)