

Consultez les discussions, les statistiques et les profils d'auteurs pour cette publication sur : <https://www.researchgate.net/publication/382254671>

LUTTE BIOLOGIQUE CLASSIQUE CONTRE TOUMEYELLA PARVICORNIS : DÉFIS ET OPPORTUNITÉS POUR UN CANDIDAT POTENTIEL

Article dans Redia - Juillet 2024

DOI : 10.19263/REDIA-107.24.08

CITATION

1

LECTURES

131

11 auteurs, dont :



Lucrece Giovannini

Conseil pour la recherche et l'économie agricoles - Centre de recherche pour la protection des végétaux

21 PUBLICATIONS 207 CITATIONS

[VOIR LE PROFIL](#)



Joseph Mazza

Conseil pour la recherche et l'économie agricoles

198 PUBLICATIONS 2 668 CITATIONS

[VOIR LE PROFIL](#)



Giuseppino Sabbatini Peverieri CREA

- Conseil pour la recherche agricole et l'économie - Conseil pour la recherche agricole...

91 PUBLICATIONS 1 450 CITATIONS

[VOIR LE PROFIL](#)



Iovinella Immaculée

Conseil pour la recherche agronomique et l'analyse de l'économie agricole

64 PUBLICATIONS 2 083 CITATIONS

[VOIR LE PROFIL](#)

LUCREZIA GIOVANNINI^{a*} - GIUSEPPE MAZZA^a - GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI^a -
IMMACULATA IOVINELLA^a - BRYAN NAQQI MANCO^b - DODLY PROSPER^b -
JUNEL BLAISE^b - CHRISTOPHER MAY^b - NATALIA VANDENBERG^c -
LEONARDO MARIANELLI - PIO FEDERICO ROVERSI

LUTTE BIOLOGIQUE CLASSIQUE CONTRE TOUMEYELLA PARVICORNIS : DÉFIS ET OPPORTUNITÉS POUR UN CANDIDAT POTENTIEL

^a CREA—Centre de recherche pour la protection et la certification des végétaux, I-50125 Florence, Italie

^b Département des ressources environnementales et côtières, Centre national de l'environnement, Providenciales, Îles Turques-et-Caïques

^c Laboratoire d'entomologie systématique, ARS, USDA c/o National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, DC 20560, États-Unis Auteur correspondant :
lucrezia.giovanini@crea.gov.it

Giovanini L., Mazza G., Sabbatini Peverieri G., Iovinella I., Manco BN, Prosper D., Blaise J., May C., Van-denberg N., Marianelli L., Roversi PF—Lutte biologique classique contre *Toumeyella parvicornis* : défis et opportunités pour un candidat potentiel.

Toumeyella parvicornis, originaire des régions néarctiques, représente une menace croissante pour les forêts de pins du monde entier. Des infestations sévères de cette ampleur invasive sont présentes depuis longtemps dans les îles des Caraïbes Turks et Caicos (TCI), et récemment en Europe (Italie et France). La lutte biologique classique pourrait représenter la méthode la plus prometteuse pour la gestion à long terme de *To. parvicornis* dans les zones nouvellement envahies. Cette étude, basée sur une expédition entomologique aux îles Turks et Caicos, a permis la découverte et la sélection du prédateur coccinellidé *Thalassa montezumae* comme agent potentiel de lutte biologique. Ce prédateur n'avait jamais été observé auparavant aux îles TCI et a probablement été introduit à partir de la zone d'origine de *To. parvicornis*. Ici, le taux d'infestation a été évalué et l'impact de la suppression des ravageurs par *Th. montezumae* a été étudié, à la fois sur le terrain et dans des conditions de laboratoire. Compte tenu des résultats prometteurs des études sur le terrain et des tests de prédation, le prédateur a été importé en Italie, dans des conditions de quarantaine, pour réaliser une évaluation préliminaire des risques afin d'évaluer son impact potentiel sur les espèces non ciblées. Des tests de prédation ont été menés sur différents stades de développement de diverses cochenilles et d'autres hémiptères (par exemple Aphididae, Aleyrodidae) communs en Europe. Les résultats révèlent que *Th. montezumae* ne prédate que les cochenilles, principalement aux stades juvéniles, mais avec un taux de prédation significativement plus élevé pour *To. parvicornis*. D'autres études sont nécessaires pour atténuer le risque de sous-estimation des impacts environnementaux dans l'utilisation de *Th. montezumae* comme agent de lutte biologique contre *To. parvicornis*.

Mots clés : Coccinellidae ; cochenille du pin ; prédateur ; évaluation des risques ; *Thalassa montezumae*

INTRODUCTION

La tortue du pin *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Hemiptera : Coccidae) est un insecte nuisible aux pins de la région néarctique, principalement dans le centre et l'est des États-Unis, mais il a également été signalé dans l'est et le centre du Canada, ainsi qu'au Mexique (Dueñas-López, 2022). Dans son aire de répartition naturelle, les infestations de cette cochenille se produisent généralement sur les jeunes arbres, où l'impact le plus courant consiste en une croissance réduite en raison de l'alimentation des insectes et une activité photosynthétique réduite en raison de la moisissure noire sur les aiguilles. Les semis et les jeunes arbres subissent les plus grands dommages et, dans le pire des cas, l'infestation est suivie de la mort de la plante (Clarke, 2013). Dans la partie nord de son aire de répartition naturelle, *To. parvicornis* a une génération par an, mais le nombre de générations augmente dans les climats plus chauds (Clarke, 2013).

Dans son aire de répartition naturelle, une variété d'ennemis naturels (prédateurs et parasitoïdes) ont été répertoriés pour *To. parvicornis*, notamment principalement des coccinelles. De plus, des larves de lépidoptères et de diptères entomophages et des espèces d'hyménoptères parasitoïdes appartenant à la famille des coccinelles ont été observés.

Les populations de *To. parvicornis* sont généralement maintenues à un faible niveau, mais les données disponibles dans son aire de répartition naturelle sont rares. Par conséquent, cette cochenille est généralement considérée comme un ravageur secondaire qui se manifeste occasionnellement en raison de la perturbation des ennemis naturels par l'utilisation d'insecticides ou les conditions climatiques (Clarke, 2013).

Les cochenilles sont l'un des insectes les plus couramment transportés dans le commerce des plantes et l'un des groupes d'insectes invasifs les plus réussis (Inghilesi et al., 2013). *Toumeyella parvicornis* représente un exemple récent ayant été trouvé pour la première fois en dehors de son aire de répartition d'origine, dans les îles des Caraïbes Turks et Caicos (TCI) en 2005 et à Porto Rico en 2009 (Hamilton, 2006 ; Segarra-Carmona et Cabrera-Asencio, 2010). En Europe, la première découverte de cette cochenille a eu lieu en Italie en 2014, et elle est désormais présente dans plusieurs sites des régions centrales et méridionales du pays (Garonna et al., 2015 ; SFR, 2023). Plus récemment, elle a été trouvée en France (EPPO, 2021).

Les conditions climatiques favorables dans les TCI permettent à *To. parvicornis* de réaliser plusieurs générations par an, et l'absence d'ennemis naturels locaux a contribué

à une croissance démographique impressionnante (Malumphy et al., 2012), comme cela a également été observé en Italie (Garonna et al., 2018). Dans les îles Turques et Caïques, où l'introduction accidentelle de ce ravageur était probablement due à l'importation de pins coupés comme arbres de Noël en provenance des États-Unis (Malumphy et al., 2012), *To. parvicornis* a conduit à la quasi-extinction du pin des Caraïbes endémique *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (le seul pin indigène de l'archipel des Lucanes), avec un déclin de 98 % des pins (Malumphy

et al., 2012 ; Sanchez et al., 2019). En réponse au déclin alarmant des populations de pins sauvages de Caïques des îles Caïques, une équipe de scientifiques locaux et internationaux a développé le projet de rétablissement du pin de Caïques (CPRP) pour sauver cette espèce de pin de l'extinction locale (Hamilton et al., 2006 ; Sanchez, 2019).

En Italie, *To. parvicornis* s'est propagé rapidement dans plusieurs endroits (OEPP, 2022), et des mesures phytosanitaires ont été rapidement appliquées pour contenir ou éradiquer les infestations locales (MIPAAF, 2021). Dans les zones envahies par l'Italie, les principaux dégâts ont touché les pins parasols (*Pinus pinea*), principalement en milieu urbain, mais *P. nigra* et *P. pinaster* sont également attaqués et menacés par ce ravageur (Garonna et al., 2018). L'Italie compte plus de 620 000 hectares de forêts de pins (Gasparini et al., 2022) qui sont potentiellement menacées par *To. parvicornis*. Pour cette raison, des programmes de gestion de ce ravageur sont nécessaires de toute urgence. Dans la zone d'origine, les infestations limitées et localisées sont parfois traitées par des applications aériennes d'insecticides, mais les traitements sont souvent préjudiciables aux ennemis naturels (Sheffer et Williams, 1987). Français Dans les zones envahies par l'Italie, les traitements endotherapeutiques sont appliqués à des plantes individuelles dans les zones urbaines et semblent efficaces contre ce ravageur (Bertin et al., 2022 ; Di Sora et al., 2022), mais cette approche est délicate dans les écosystèmes forestiers en raison du coût, des contraintes dans l'application technique de la méthode et, surtout, des effets secondaires potentiels sur l'écosystème. Ainsi, la lutte biologique est considérée comme une méthode prometteuse pour la gestion à long terme de ce ravageur dans les zones nouvellement envahies. En Italie, le parasitoïde généraliste *Metaphycus flavus* Howard (Hymenoptera, Encyrtidae) exploite *To. parvicornis*, mais est incapable de le contrôler avec succès (Garonna et al., 2018).

Le présent travail porte sur une étude entomologique réalisée sur des sites connus où *To. parvicornis* est présent en forte densité dans les peuplements forestiers. L'objectif était d'évaluer l'impact de cette cochenille nuisible et de rechercher des ennemis naturels susceptibles d'être utilisés dans le cadre d'un programme de lutte biologique.

Les espèces candidates collectées au cours de l'enquête ont ensuite été testées en laboratoire pour déterminer leur réponse à la fois au ravageur et aux espèces non ciblées (analyses préliminaires des risques). Les résultats obtenus dans ce travail pourraient jouer un rôle essentiel dans la fourniture d'un outil efficace pour la gestion à long terme de *To. parvicornis* dans les zones indigènes et envahies.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

La présente étude a été réalisée selon un plan de travail en trois étapes : 1) réalisation d'une enquête entomologique

zones connues pour être infestées afin de recueillir des données de terrain sur *To. parvicornis* et de détecter les ennemis naturels potentiels être évalués comme candidats agents de lutte biologique (BCA) ; 2) effectuer des tests de laboratoire in situ avec des BCA potentiels récupérés au cours des enquêtes ; 3) importer des BCA potentiels sélectionnés en Italie, pour effectuer une évaluation préliminaire des risques dans des conditions de quarantaine en laboratoire.

Les zones infestées des îles Turques-et-Caïques font l'objet d'une étude sites et enquêtes de terrain

Les îles Turques et Caïques (TCI), un territoire d'outre-mer du Royaume-Uni dans les Caraïbes, ont été choisies comme sites d'étude en raison des graves infestations de *To. parvicornis* dans leurs forêts de pins au cours des deux dernières décennies. Le pin des Caraïbes est la seule espèce indigène de *Pinus* présente dans les îles Turques et Caïques et dans l'archipel des Bahamas. Dans les îles Turques et Caïques, le pin des Caïques se rencontre exclusivement sur les îles de Pine Cay, Mid-Die Caicos et North Caicos, où il est l'espèce clé de l'écosystème de la pinède (Hamilton, 2006 ; Sanchez Français et al., 2014 ; Sanchez et al., 2019). Récemment, des signes fréquents d'un ou plusieurs ennemis naturels non identifiés de *To. parvicornis* (parasites ou prédateurs) ont été signalés sur ces sites (obs. pers. des auteurs). L'expédition de collecte aux ITC a été menée par le personnel du CREA (Centre de recherche pour la protection et la certification des végétaux) en mai 2023 grâce à un permis de recherche scientifique des autorités locales (Département de l'environnement et des ressources côtières 2023-02-22-16) et dans le cadre du programme national de recherche italien sur les stratégies de contrôle de *To. parvicornis* (MASAF, DM 0023205_17/01/2023). Sur la base des informations provenant d'études précédentes (Hamilton, 2006 ; Malumphy et al., 2012), l'état des infestations de *To. parvicornis* aux ITC a été étudié et la présence d'ennemis naturels dans les forêts de pins a été explorée. Français Pour étudier les populations de *To. parvicornis* et la présence d'ennemis naturels potentiels, 20 pins ont été choisis au hasard dans chaque pinède des trois îles (North Caicos NC : 21°54'40"N 72°00'06"W ; Middle Caicos MC : 21°48'56"N 71°47'19"W ; Pine Cay PC : 21°52'42"N 72°05'25"W ; les coordonnées se réfèrent au point central de chaque pinède étudiée). Contrairement à la plupart des populations endémiques, où la forme infestant l'écorce de *To. parvicornis* est la forme dominante, sur les îles Caïmans, elle est exclusivement présente sous la forme plus petite et plus fine infestant les aiguilles (Clarke, 2013). Ainsi, sur chacun des 20 pins, 36 aiguilles de la canopée ont été prélevées au hasard (n=720 aiguilles par île) et tous les insectes associés à *To. parvicornis* ont été collectés. La collecte des aiguilles de pin et des insectes a été répétée trois jours différents (un jour par île), à la même heure de la journée et dans les mêmes conditions météorologiques. De plus, en plus des 2.160 aiguilles collectées pour l'évaluation du taux d'infestation et de prédation, environ 5.000 aiguilles infestées ont été collectées pendant toute la durée de l'étude pour l'émergence des parasitoïdes. Tout le matériel a été étiqueté et transféré au laboratoire pour des investigations plus approfondies.

Études en laboratoire aux îles Turques-et-Caïques

Un laboratoire de terrain rudimentaire a été installé dans une salle de l'établissement de Kew sur l'île de North Caicos. Pour chacune des aiguilles de pin collectées lors des enquêtes de terrain sur les trois différentes îles (voir ci-dessus), le nombre de *To. parvicornis* a été compté et leur stade de développement (adultes ou juvéniles) a été noté ainsi que tout signe de parasitisme ou de prédation. Après cela, les aiguilles infestées par *To. parvicornis* ont été placées dans des cages à insectes (Vermandel®, Kweekkooi 30x30x30cm) séparées selon les trois différents sites d'étude et maintenues dans des conditions environnementales locales (25,9 °C et HR 80 % ; 10:14 LD) pour détecter les parasitoïdes émergents ou autres ennemis naturels.

Les insectes collectés sur le terrain au cours de l'enquête ont été séparés en prédateurs ou autres, et les prédateurs (stades adultes et juvéniles) ont été élevés dans des conditions environnementales (telles que décrites ci-dessus) pour une identification successive et des études ultérieures. Parmi eux, seuls les prédateurs de cochenilles (coccidés et cochenilles farineuses) ont été sélectionnés, ce qui a donné lieu à deux Coccinellidae ultérieurement identifiés comme *Thalassa montezumae* Mulsant et *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (voir les détails sur l'identification des espèces dans les Résultats), et les deux espèces ont été testées pour évaluer leur capacité à s'alimenter dans des conditions de laboratoire.

Des tests de prédation ont été réalisés dans des conditions de laboratoire (comme décrit ci-dessus) pour évaluer la capacité prédatrice des deux espèces de coccinelles contre la proie *To. parvicornis*. Les sexes des coléoptères adultes ont été déterminés en utilisant les différences de forme des ventrites abdominaux et le dimorphisme des motifs de couleur de la tête et du pronotum.

Les individus des deux espèces de prédateurs ont été isolés singulièrement dans des boîtes de Petri en plastique (90 mm de diamètre) et affamés pendant 24 heures, comme cela a été réalisé dans Mazza et al. (2021). Français Au total, 35 individus de Coccinellidae ont été testés : 20 (n=10 femelles, n=10 mâles) pour *Th. montezumae* et 15 individus pour *C. sanguinea* (n=8 femelles, n=7 mâles). Ensuite, une aiguille de pin infestée par 10 femelles adultes de *To. parvi-cornis* a été offerte à chaque prédateur pour évaluer l'ampleur de leur réponse prédatrice. Après 24 h, chaque aiguille a été vérifiée et le nombre d'écaillés prédatés a été compté pour définir le taux de prédation pour chaque espèce de Coccinellidae. La même procédure a été réalisée avec les stades immatures des deux espèces de coccinellidae. Dans ce cas, 10 larves de *Th. montezumae* et seulement trois de *C. sanguinea* ont été testées. Aucun autre spécimen juvénile de *C. sanguinea* n'a été trouvé sur le terrain pendant l'enquête (voir Résultats). Les espèces de coccinellidés ont été identifiées à l'aide des clés de la faune des coccinellidés d'Amérique du Nord et d'Amérique du Sud ainsi que d'images numériques provenant de ressources Internet telles que iNaturalist.org et BugGuide.

Net (Gordon, 1985; Milleo et al., 2004; Gordon and Canepari, 2008).

Études de laboratoire en Italie

D'après le taux de prédation de *To. parvicornis* observé sur le terrain dans toutes les pinèdes étudiées

Français Î les Turques-et-Caïques, le niveau de population des ennemis naturels détectés et les résultats obtenus à partir de tests de prédation (voir Résultats), *Th. montezumae* a été sélectionné pour être importé en Italie. Environ 200 spécimens adultes vivants (mâles et femelles en nombre égal) de *Th. montezumae* ont été prélevés.

montezumae (nombre maximum d'individus autorisés à l'exportation) ont été transférés en Italie dans des conditions de quarantaine dans les laboratoires du CREA. Les adultes importés étaient des spécimens naïfs obtenus à partir de pupes collectées dans les TCI. L'exportation depuis les TCI et l'importation en Italie ont été effectuées sous l'autorisation du DECR (n. TCI 2022 55-56-57, 17-mai-2023) et de l'Organisation nationale phytosanitaire italienne (n. IT-0255655/2023 01/01, 17-mai-2023).

Étant donné qu'aucune information sur l'attribution du genre et de l'espèce, le taux de survie, la longévité et la méthode d'élevage n'était disponible au moment de la collecte sur le terrain au TCI et dans la première partie des études en laboratoire, les coccinelles ont été placées dans des cages à insectes (Vermandel®, Kweekkooi 45x45x60cm) et élevées avec un régime mixte à base de différentes espèces de cochenilles, de pucerons et de miellat ad libitum.

Français Les individus de *Th. montezumae* ont été rapidement utilisés pour effectuer des tests de prédation, comme ceux réalisés dans le TCI où l'espèce cible *To. parvicornis*, collectée dans des sites infestés d'Italie, et un groupe d'espèces non cibles appartenant à la faune locale d'hémiptères, ont été testées comme proies potentielles. Ces espèces sont communément connues dans le même environnement que *To. parvicornis*. En plus de *To. parvicornis* collecté sur *P. pinea*, 12 espèces d'hémiptères ont été testées comme proies (voir Résultats pour la liste des espèces, Fig. II). Des détails sur l'identification des espèces par identification morphologique et séquençage de l'ADN de la région 5' du gène de la cytochrome oxydase I mitochondriale sont fournis dans les Documents supplémentaires (SM1). Lorsque cela était possible, les stades adultes et juvéniles (nymphe et rampants) de chaque espèce d'écaillés (n = 10 pour chaque stade) ont été proposés à un seul individu de *Th. montezumae* (n=10 femelles, n=10 mâles) comme proie pendant 24h.

Après chaque réplique, les individus de *Th. montezumae*

Les spécimens testés ont été transférés dans une seconde cage et maintenus avec le régime alimentaire mixte. Pour évaluer un plus grand nombre d'espèces non ciblées, il a été nécessaire de réutiliser des adultes de *Th. montezu-mae*. Ces spécimens ont été testés à nouveau après deux semaines d'alimentation avec un régime alimentaire mixte. Les tests ont été réalisés dans des conditions de laboratoire dans une chambre climatique (26°C ; HR 65 % ; LD 16:8).

Statistiques

Le taux d'infestation et le taux de prédation entre les sites des trois îles Turques et Caïques étudiés ont été analysés par le test post-hoc de comparaison multiple de Kruskal-Wallis et Dunn, en utilisant chaque plante comme réplique. La capacité prédatrice des deux coccinellides trouvées sur le terrain, *Th. montezumae* et *C. sanguinea*, et le pourcentage d'individus de *To. parvicornis* prédatés dans des conditions de laboratoire par chaque espèce ont été comparés à l'aide de la méthode Mann-Whitney ; la même statistique a également été utilisée pour comparer le taux de prédation des stades larvaire et adulte

de chaque espèce et de comparer le taux de prédation des mâles et des femelles de *Th. montezumae* dans les ITC.

En ce qui concerne les données réalisées en Italie, le nombre d'individus prédatés et non prédatés (tant les espèces ciblées que non ciblées) par les femelles et les mâles a été analysé à l'aide d'un tableau de contingence et du test du Chi carré avec correction de Yates. Le même test du Chi carré a été utilisé pour comparer le nombre d'individus prédatés et non prédatés entre chaque espèce non ciblée et l'espèce cible *To. parvicornis*. Les statistiques ont été réalisées à l'aide de Graphpad Prism version 8.4.0 pour MacOS X (GraphPad Software, Boston, Massachusetts USA, www.graphpad.com).

RÉSULTATS

Enquêtes sur le terrain aux îles Turques-et-Caïques

Tous les pins choisis au hasard dans chaque site étaient infestés par *To. parvicornis*. Au total, 8 104 individus de *To. parvicornis* ont été comptés sur les 2 160 aiguilles collectées, avec un total de 2 565, 2 357 et 3 182 individus pour NC, MC et PC, respectivement. Le taux d'infestation n'était pas significativement différent entre les trois îles (H

= 2,26 ; P = 0,323) (Fig. 1).

Du nombre total d'individus de *To. parvicornis* collectés sur les trois îles, 55,35 ± 2,48 % appartiennent aux stades juvéniles et 44,92 ± 2,75 % au stade adulte.

Le taux de prédation par les ennemis naturels sur le ravageur n'était pas significativement différent entre les trois îles (H = 3,358 ; P = 0,1866) avec 47,33 %, 58,55 % et 56,73 % des écaïlles (stades adultes et juvéniles) qui présentaient des signes de prédation pour NC, MC et PC, respectivement.

Seules deux espèces de Coccinellidae (adultes et larves) ont été identifiées comme prédateurs potentiels de *To. parvicornis* parmi les insectes collectés sur le terrain et associés à la présence de *To. parvicornis* sur les pins. L'une des deux espèces de Coccinellidae a été facilement identifiée morphologiquement avec les clés de Gordon (1985) comme une espèce indigène de TCI *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) puis vérifiée par analyse moléculaire (voir SM1).

La deuxième espèce, appartenant au genre *Thalassa*, a été initialement identifiée à tort comme une espèce d' *Hyperaspis* du groupe des « signata ». Ce n'est que plus récemment, lors d'études en laboratoire en Italie et grâce à la coopération de co-auteurs compétents, que l'analyse taxonomique a permis d'identifier l'espèce collectée comme étant *Th. montezumae* (Gordon, 1985 ; Milleo et al., 2004 ; Gordon et Canepari, 2008).

Cette espèce n'a jamais été observée auparavant aux îles Turques et Caïques et a probablement été introduite à partir de la même zone d'origine que *To. parvicornis*.

Pour chacune des trois îles étudiées, *Th. montezumae* était l'espèce prédominante associée à *To. parvicornis*, avec un total de 172, 73 et 86 individus collectés respectivement en Caroline du Nord, au Mexique et en Colombie-Britannique sur les 60 pins échantillonnés. De plus, les stades larvaires de *Th. montezumae*

s'est avérée être la forme prédominante dans les trois îles, avec une moyenne de 64,79 ± 3,17 % de larves. Des adultes et des larves de *C. sanguinea* ont été trouvés sporadiquement sur des pins, 22 (19 adultes et 3 larves) et 9 individus (adultes) ayant été collectés respectivement en Caroline du Nord et au Mexique ; *C.*

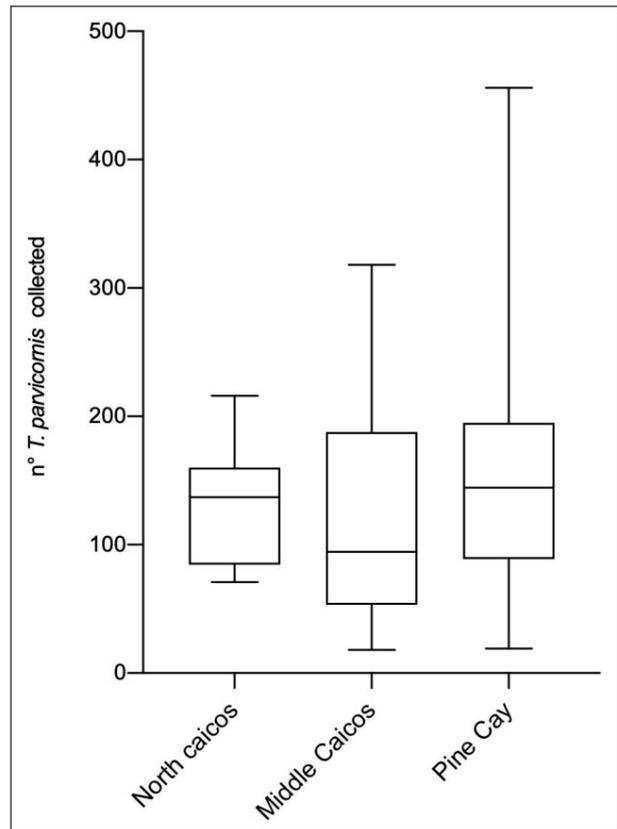


Fig. 1 - Taux d'infestation dans les trois sites étudiés. Dans les boîtes à moustaches, les boîtes indiquent le premier et le troisième quartile, la ligne entre les deux indique la médiane, les moustaches indiquent 1,5× l'écart interquartile.

sanguinea n'a jamais été trouvée sur PC. De toutes les aiguilles collectées pendant toute la durée de l'enquête de terrain (environ 7160 aiguilles infestées) et élevées dans les cages à insectes, aucun prédateur ou parasitoïde supplémentaire n'est apparu.

Études en laboratoire aux îles Turques-et-Caïques

Français Les résultats des tests de prédation réalisés au laboratoire du TCI, ont mis en évidence que le taux de prédation sur *To. parvicornis* par les adultes de *Th. montezumae* était en moyenne de 82,00 % ± 0,51 et 87,00 % ± 0,47 par les femelles et les mâles respectivement sans différence significative entre les sexes (U=36,50 ; P=0,3281). Le pourcentage d'individus prédatés par *Th. montezumae* est significativement plus élevé que celui prédaté par *C. sanguinea* (U=0 ; P<0,0001, données regroupées des femelles et des mâles) pour lesquels seulement 7,50 % ± 0,31 et 11,43 % ± 0,32 des proies ont été consommées en moyenne par les femelles et les mâles adultes, respectivement.

Français De plus, le taux de prédation s'est avéré significativement différent entre les stades adulte et immature de *Th. montezumae* : le pourcentage moyen d'individus prédatés était de 84,50 % ± 3,44 et 50,00 % ± 1,01 par les adultes (données regroupées des femelles et des mâles) et les larves respectivement (U = 34 ; P = 0,0021). Le pourcentage moyen de *To. parvicornis* prédaté par les larves de *C. sanguinea* n'était que de 1,33 % ± 0,41 du nombre total d'individus proposés comme proies.

Études de laboratoire en Italie

Le nombre d'individus prédatés et non prédatés n'était pas significativement différent entre les femelles

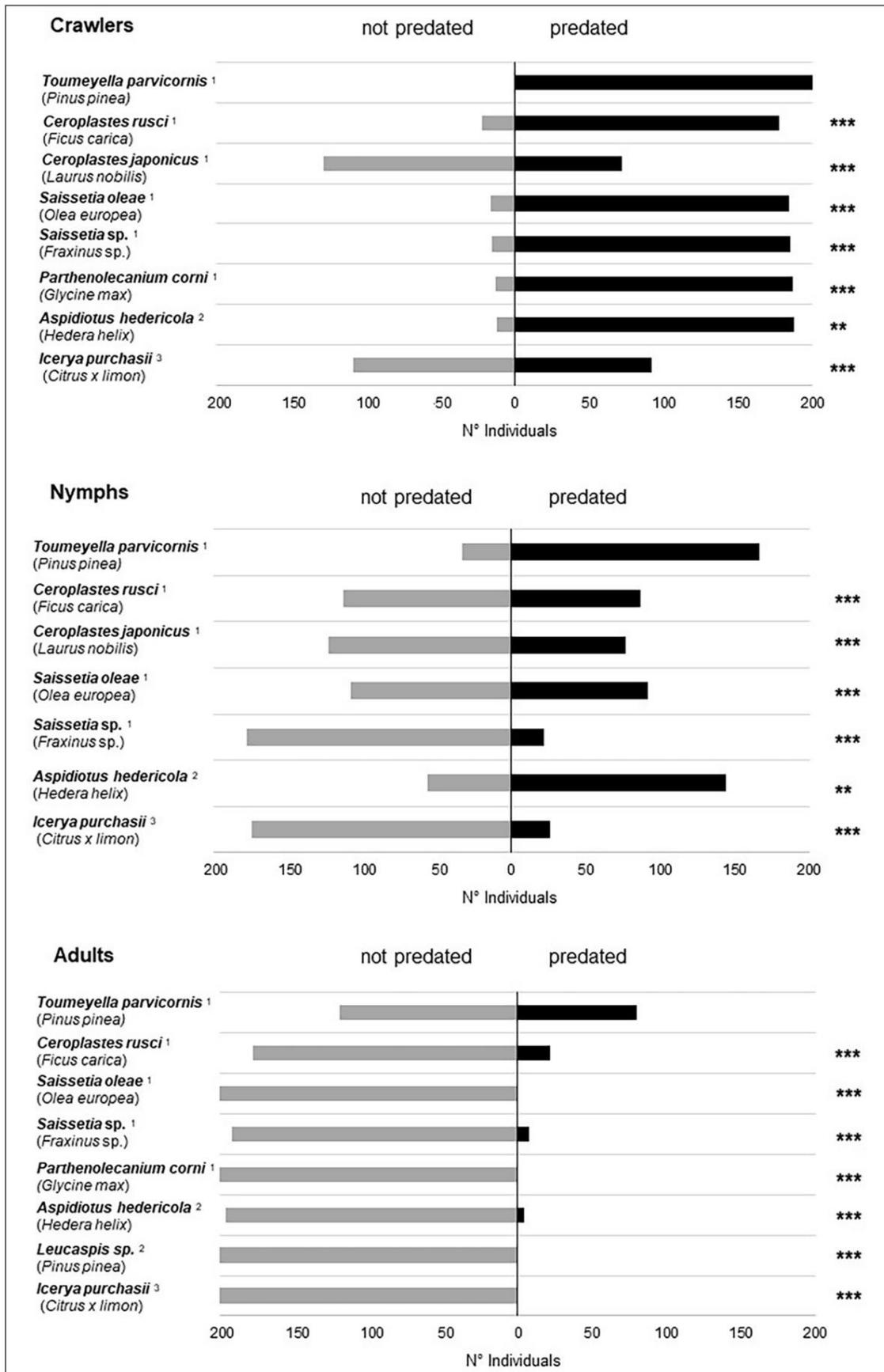


Fig. II - Résultats des tests de prédation par *Thalassa montezumae* (données groupées de femelles et de mâles) pour chaque stade de développement des espèces cibles et non cibles dans des conditions de laboratoire (16:8 L:D, HR 65% et 24h d'exposition). Le numéro en exposant associé à l'espèce testée fait référence à la famille : (1)

Coccidae, (2) Diaspididae, (3) Margarodidae. Les noms entre parenthèses font référence à la plante hôte. Les astérisques indiquent des différences significatives entre les espèces non ciblées et *Toumeyella parvicornis* (test du Chi carré avec correction de Yates, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$). Pour les pucerons et les espèces d'aleurodes, voir les détails dans les Résultats.

Français et les mâles de *Th. montezumae* testés ($\chi^2 = 0,049$, $df = 1$, $P = 0,8244$). Le nombre d'individus prédatés diffère selon les espèces testées et les stades de développement fournis comme proies par rapport à *To. parvicornis*. Les résultats des tests de prédation avec les espèces de cochenilles sont résumés dans la Fig. II et le matériel supplémentaire (SM2). Aucune des espèces de pucerons [*Aphis cytisorum* Hartig collecté sur *Cytisus scoparius*, *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe sur *Nerium oleander* et *Uroleucon aeneum* (Hille Ris Lambers) sur *Cynara cardunculus*] n'a été prédatée, pas plus que les juvéniles de l'espèce d'aleyrodidae *Aleurocanthus spiniferus* Quaintance collectés sur *Citrus × limon*.

DISCUSSION

Toumeyella parvicornis est un ravageur important des espèces de *Pinus* et représente une grave menace pour les forêts de pins du monde entier. Le déclin des forêts de pins indigènes des îles Turques-et-Caïques de *P. caribaea* var. *bahamensis* représente un avertissement mondial pour les forêts de pins du monde entier. Malgré l'efficacité de certains traitements chimiques, tels que l'endothérapie, la lutte biologique classique pourrait être la seule méthode de gestion viable à long terme pour ce ravageur dans les zones nouvellement envahies.

Bien que certains auteurs (par exemple, Clarke, 2013 ; Dueñas-López, 2022) rapportent une longue liste d'ennemis naturels potentiels, aucun d'entre eux n'est considéré comme spécifique de *To. parvicornis* (Dueñas-López, 2022) et les études sur leurs relations sont rares. Les infestations sur le TCI représentent une opportunité unique d'explorer de nouvelles interactions potentielles proies-prédateurs et l'efficacité observée de la prédation dans ces aires d'adventices peut contribuer à faire progresser les connaissances dans ce domaine de la lutte antiparasitaire (Avila et al., 2023). Avant la présente étude, aucun ennemi naturel de *To. parvicornis* n'avait été enregistré sur le TCI, bien que de grandes congrégations du coccinellidé *C. san-guinea* aient été observées sur des pins infestés (Malumphy et al., 2012). La possibilité que cette coccinelle soit un prédateur de *To. parvicornis* a été émise à cette époque, mais n'a jamais été étudiée par la suite. *Cycloneda sanguinea* est un prédateur opportuniste connu pour sa préférence pour les pucerons (par exemple, Gordon, 1985). Les tests de prédation menés dans la présente étude au TCI confirment cet aspect, rapportant la très faible capacité de prédation sur *To. parvicornis*, tant par les stades adulte que larvaire de *C. sanguinea*. En revanche, la deuxième espèce de Coccinellidae, *Th. monte-zumae*, a été trouvée en très grand nombre sur les pins infestés et est probablement la principale espèce responsable du nombre élevé d'individus prédatés de *To. parvicornis*

observé sur le terrain. À notre connaissance, cette espèce de Coccinellidae n'a jamais été répertoriée dans les îles Turques et Caïques auparavant et a donc probablement été introduite sous le nom de cochenille des pins.

D'après la littérature disponible, *Thalassa* est un genre du Nouveau Monde contenant six espèces décrites allant du sud des États-Unis et de Cuba à l'Amérique du Sud (Mil-léo et al., 2004). *Thalassa montezumae* a été signalé par Gordon (1985) comme étant présent dans le nord du Mexique et le sud des États-Unis (Arizona et Texas). Il a été récemment observé

également en Floride (Francis et al., 2022). Le genre *Thalassa* est peu étudié et, jusqu'à présent, les seules proies associées connues sont *Toumeyella mirabilis* (Cockerell) et *Phalacrocooccus howertoni* Hodges & Hodgson (Hemiptera : Coccidae) (Gordon, 1985 ; Francis et al., 2022).

Étant donné que les études de terrain menées en 2011 aux îles Turques et Caïques n'ont pas révélé la présence de *Th. montezumae* (Malumphy et al., 2012), il est possible que cette espèce ait été introduite accidentellement seulement récemment. Il est raisonnable de supposer que l'introduction accidentelle de *Th. monte-zu-mae* aux îles Turques et Caïques est liée à des échanges commerciaux principalement avec les États-Unis (par exemple, la Floride comme ses proies), qui représentent le partenaire commercial le plus courant (Observatory of Economic Complexity, 2021). De futures études de reconstruction phylogéographique pourraient aider à résoudre cet aspect.

Étant donné que la répartition de cette espèce chevauche celle de *To. parvicornis*, *Th. montezumae* pourrait être considéré comme un ennemi naturel de cette espèce dans la zone d'origine. Cependant, aux îles Turques-et-Caïques, l'activité reproductrice annuelle de ses proies a peut-être conduit la population de *Th. montezumae* à se propager et à se multiplier rapidement, expliquant le grand nombre d'individus trouvés sur le terrain.

La compréhension des stratégies de recherche de nourriture des prédateurs est d'une importance primordiale pour le développement de programmes de lutte biologique efficaces. Dans ce cas, le taux élevé de prédation observé lors des tests de laboratoire menés dans les îles Turques et Caïques, tant au stade adulte qu'au stade larvaire (capacité de prédation de 84,5 % pour les adultes et de 50,0 % pour les juvéniles), et le taux de prédation de *To. parvicornis* observé sur le terrain (50 % en moyenne des spécimens prédatés) suggèrent que *Th. montezumae* serait un agent de lutte biologique classique prometteur.

La lutte biologique est une méthode écologiquement rationnelle et efficace pour réduire les populations de ravageurs, et les coccinellides sont plus souvent associés à la lutte biologique que tout autre taxon d'organisme prédateur (Obrycki et Kring, 1998). Cependant, les organismes bénéfiques pris en compte dans les programmes classiques de lutte biologique peuvent également se nourrir d'espèces non ciblées et affecter directement ou indirectement les espèces associées, provoquant des effets néfastes sur l'écosystème. Pour cette raison, l'analyse des risques non ciblés représente une étape obligatoire avant d'introduire une espèce exotique dans une nouvelle zone, même si elle est considérée comme utile (Van Lenteren et al., 2006). L'analyse des risques non ciblés est un ensemble de procédures qui doivent être effectuées à différents niveaux de complexité en utilisant une approche multidisciplinaire visant à simuler les facteurs environnementaux aussi précisément que possible (Van Lenteren et al., 2006).

L'utilisation de spécimens adultes collectés sur le terrain dans cette étude nous a permis de tester rapidement différentes espèces de cochenilles (indigènes et introduites) et d'autres espèces d'hémiptères présentes en Italie. Par conséquent, cette étude représente une première tentative d'analyse des risques liés à l'introduction de *Th. montezumae* pour la lutte biologique classique contre *To. parvi-cornis* dans les pays européens.

Dans la présente étude, *Th. montezumae* a montré la capacité de se nourrir de la plupart des espèces testées comme nourriture potentielle, même si des différences significatives ont été observées par rapport à l'hôte cible *To. parvicornis*. Dans tous les cas,

Français Les adultes de *Th. montezumae* ont montré un taux élevé de comportement alimentaire sur les rampants des espèces testées, à la seule exception du margarodidé *Icerya purchasi* Maskell. Les sécrétions cotonneuses uniques de cette dernière espèce peuvent être responsables de son manque d'attrait. *Leu-caspis* sp. est également cireux, mais il n'a pas pu être testé au stade rampant. La production de cire est une stratégie défensive courante utilisée par les plantes (Gorb et Gorb, 2017), les herbivores (Schoeller et al., 2018 ; Yamazaki, 2017) et les prédateurs (Agarwala et Yasuda, 2001) pour réduire leur sensibilité et peut même s'avérer toxique pour certains prédateurs.

Thalassa montezumae ne s'est peut-être pas adaptée à ce type de proie. En revanche, un autre coccinellidé, *Novius cardina-lis* (Mulsant), semble s'être spécialisé comme prédateur d' *I. purchasi* et d'espèces apparentées (famille Margarodidae) (Causton et al., 2004).

En ce qui concerne les larves rampantes, des différences très significatives ont été observées pour les stades nymphaux sessiles des espèces non ciblées testées. Le nombre le plus faible d'individus prédatés par *Th. montezumae* a été obtenu en testant des spécimens adultes. Ici, un taux de prédation significativement plus faible a été observé chez les sept espèces de proies non ciblées testées. Aucune des espèces de pucerons testées n'a été prédatée par les adultes de *Th. montezumae*, pas plus que les stades juvéniles de la cochenille farineuse *A. spiniferus*. Ainsi, les résultats de cette étude suggèrent que la coccinelle *Th. montezumae* est un prédateur de cochenilles.

En conclusion, la présente étude fournit des informations clés sur l'utilisation potentielle d'un BCA contre *To. par-vicornis* et une aire d'alimentation potentielle de *Th. montezumae* dans le cadre de l'évaluation des risques non ciblés. Le taux d'infestation de *To. parvicornis* mis en évidence dans les îles Turques et Caïques et la découverte d'un nouveau prédateur naturel de ce ravageur, le coccinellidé *Th. montezumae*, originaire de la même région d'origine du ravageur, peuvent à leur tour contribuer à améliorer la gestion de ce ravageur dans les zones nouvellement envahies.

Les tests en laboratoire ont leurs propres limites dans la mesure où il est extrêmement difficile de reproduire avec précision les signaux, les stimuli et les autres filtres écologiques qui pourraient affecter les comportements de recherche et d'alimentation des agents de lutte biologique dans un environnement naturel (Kuhlmann et al., 1999 ; Sands et Van Driesche, 1999). Par conséquent, les résultats de l'expérience en laboratoire doivent être soigneusement évalués. Des études sur la biologie, la physiologie et le comportement de *Th. montezumae*, par rapport à la proie ciblée *To. parvicornis*, ainsi qu'à des espèces non ciblées, sont en cours pour recueillir davantage d'informations sur son utilisation potentielle comme agent de lutte biologique et prédire le risque d'impacts environnementaux négatifs.

RECONNAISSANCE

Nous remercions le Département de l'environnement et des ressources côtières des îles Turques-et-Caïques et sa directrice Lormeka Williams d'avoir autorisé la recherche dans ces zones protégées. Nous remercions également M. Christian Langlade, directeur général de Pine Cay, d'avoir autorisé la recherche sur ce terrain privé. Nous remercions Alessandro Cini (Université de Pise, Italie) pour ses suggestions sur le support statistique. Ce travail a été soutenu par une subvention

du « Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté Alimentaire et des Forêts (MASAF) - Protezione 1.5, DM n.0023205_17/01/2023 » .

CONTRIBUTION DES AUTEURS :

LG, GM, GSP et PFR ont conceptualisé la recherche ; LG et GM ont effectué le travail de terrain et les tests en laboratoire au TCI. BNM, DP, JB et CM ont organisé et soutenu localement l'enquête de terrain ; LG, GM et NV ont effectué l'identification taxonomique ; LG, GM, GSP et LM ont effectué des tests en laboratoire en Italie ; LG a effectué des analyses statistiques ; Il a effectué des analyses moléculaires, LG et GSP ont préparé le brouillon du manuscrit ; GSP a géré le projet et PFR a fourni le financement. Tous les auteurs ont contribué à la version finale du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- Agarwala BK, Yasuda H., 2001 - Interactions larvaires chez les prédateurs aphidophages : efficacité de la couverture de cire comme bouclier de défense des larves de *Scymnus* contre la prédation par les syrphes. - *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 100, 101–107. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2001.00852.x>
- Avila GA, Seehausen ML, Lesieur V, Chhagan A, Caron V, Down RE, Audsley N, Collatz J, Bukovinszki T, Sabbatini Peverieri G, Tanner, Maggini R, Milonas P, McGee CF, Horrocks K, Herz A, Lemanski K, Anfora G, Batistic L, Bohinc T, Borowiec N, Dinu M, Fatu AC, Ferracini., Giakoumaki MV, Ioriatti C, Kenis M, Laznik Z., Malumphy C., Rossi Stavvoni MV, Roversi PF, Trdan S., Barratt, BI, agents. *Contrôle biologique*, 187, 105387.
- Bertin S., Ilardi F., Scapini C., Simoni S., Roversi PF, 2022 - *Toumeyella parvicornis* (Cockerell), ravageur exotique (Hemiptera: Coccidae) sur *Pinus pinea* L. : évaluation à court terme du traitement endotherapeutique. - *Redia*, 105: 11-16. <http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-105.22.02>
- Causton CE, Lincango MP, Poulson TG, 2004 - Études de l'aire d'alimentation de *Rodolia cardinalis* (Mulsant), un agent candidat de lutte biologique contre *Icerya purchasi* Maskell dans les îles Galapagos. *Contrôle biologique*, 29(3), 315-325. <https://doi.org/10.1016/j.lutte.biologique.2003.07.002>
- Clarke SR, 2013 - Cochenille tortue du pin. Dépliant sur les insectes et les maladies des forêts n° 57. Département américain de l'agriculture, Service des forêts.
- Di Sora N., Rossini L., Contarini M., Chiarot E., Speranza S., 2022 - Traitement endotherapeutique pour contrôler les infestations de *Toumeyella parvicornis* Cockerell sur *Pinus pinea* L. - *Science de la lutte antiparasitaire*. 78(6), 2443-2448. DOI 10.1002/ps.6876
- Dueñas-López MA, 2022 - *Toumeyella parvicornis* (écaille de tortue des pins). [HTTPS://WWW.CABI.ORG/ISC/FICHE_TECHNIQUE/54232](https://www.cabi.org/ISC/FICHE_TECHNIQUE/54232).

- OEPP, 2021 - Premier signalement de *Toumeyella parvicornis* en France. - Service d'Information n° 11.
- OEPP, 2022 - Mise à jour sur la situation de *Toumeyella parvicornis* en Italie. - Service d'information n° 04.
- Francis N., Kanga LH, Mannion CM, Haseeb M., Ananga A., Legaspi JC, 2022 - Premier rapport sur la voracité et les préférences alimentaires du coléoptère prédateur, *Thalassa montezumae* (Coleoptera : Coccinellidae) à l'échelle du croton, *Phalacroccocus howertoni* (Hemiptera : Coccidés). - Agriculture, 12(7), 990. <https://doi.org/10.3390/agriculture12070990>
- Garonna AP, Foscari A., Russo E., Jesu G., Somma S., Cascone P., Guerrieri E., 2018 - La propagation de la cochenille non indigène de la tortue des pins *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera : Coccidae) en Europe : une menace majeure pour *Pinus pinea* dans le sud de l'Italie. - Forest, 11(5), 628-634. <https://dx.doi.org/10.3832/for2864-011>
- 2015 - Premier signalement de *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) en Europe (Hemiptera, Coccidae). - Zoo-taxa 3949(1), 142-146. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxons.3949.1.9>
- Gasparini P., Di Cosmo L., Floris A., De Laurentis D., 2022 - Inventaire forestier national italien. Méthodes et résultats de la troisième enquête : Inventaire national des forêts et des réservoirs de carbone forestier-Méthodes et résultats de la troisième enquête (p. 576). SpringerNature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-98678-0>.
- Gorb EV, Gorb SN, 2017 - Effets antiadhésifs de la cire végétale sur la fixation des insectes.- Journal of Experimental Botany, 68(19), 5323-5337. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx271>
- Gordon RD, 1985 - Les Coccinellidae (Coléoptères) d'Amérique au nord du Mexique. - Journal de la Société Entomologique de New York, 93(1).
- Gordon RD Canepari C., 2008 - Coccinellidae (Coleoptera) d'Amérique du Sud, partie XI : une révision systématique des Hyperaspidini (Hyperaspidinae). 99 : 245-512.
- Hamilton M., 2006 - Cochenille invasive du pin des îles Turques-et-Caïques. Une biodiversité qui compte : une conférence sur la conservation dans les territoires d'outre-mer du Royaume-Uni et dans d'autres petites communautés insulaires (pp. 6-12).
- Inghilesi AF, Mazza G., Cervo R., Gherardi F., Spolimo P., Tricarico E., Zapparoli M. 2013 - Sectes exotiques en Italie : comparaison des modèles du niveau régional au niveau européen. - Journal of Insect Science, 13(1), 73. <https://doi.org/10.1673/031.013.7301>
- Kuhlmann U., Mason PG, Footitt RG, van Driessche R., Heard T., McClay A., Reardon R., 1999 - Évaluation de la spécificité de l'hôte des parasitoïdes européens *Peristenus* pour la lutte biologique classique contre les espèces indigènes de *Lygus* en Amérique du Nord : utilisation d'enquêtes sur les hôtes sur le terrain pour prédire l'habitat et les aires de répartition des ennemis naturels. Dans Proceedings : Host Specificity Testing of Exotic Arthropod Biological Control Agents: The Biological Basis for Improvement in Safety. Xe symposium international sur la lutte biologique contre les mauvaises herbes (pp. 84-95).
- Malumphy C., Hamilton MA, Manco BN, Green PWC, Sanchez MD, Corcoran M., Salamanca E., 2012 - *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera, Coccidae) provoquant un déclin sévère de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* dans les îles Turques et Caïques. - Florida Entomologist, 95(1), 113-119. <https://doi.org/10.1653/024.095.0118>
- Mazza G., Binazzi F., Marraccini D., Boncom-pagni L., Sabbatini Peverieri G., Roversi, PF, Gargani E., 2021 - Évaluation du complexe *Chrysoperla carnea* et des prédateurs coccinellidés comme agents de biocontrôle du spéculum de *Ricania* (Marcheur, 1851) (Hemiptera Ricaniidae). - Redia, 104, 147-154. <http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-104.21.15>
- Milléo J., Almeida LMD, Gordon RD, 2004 - Coccinellidae sud-américains (Coléoptères) : partie X : Une révision systématique de *Thalassa Mulsant* (Hyperaspidinae). - Journal brésilien d'entomologie, 48, 395-400. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262004000300016>
- MIPAAF, 2021 - Arrêté du 3 juin 2021, Mesures phytosanitaires d'urgence en vue de lutter contre l'organisme nuisible *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Écaille de tortue). - Ministère des politiques agricoles, alimentaires et forestières, 21-7-2021 Journal officiel de la République italienne, Série générale n.173, pp. 7-18.
- Obyrcki JJ, Kring TJ, 1998 - Coccinellidae prédateurs dans la lutte biologique. - Revue annuelle d'entomologie, 43(1), 295-321.
- Observatoire de la complexité économique, 2021 - <https://oec.world/en/profile/country/tca>
- [Article gratuit PMC] [PubMed] Sanchez M., Ingrouille MJ, Cowan RS, Hamilton MA, Fay MF . *bahamensis* (Pinaceae), dans l'archipel des Bahamas. - Journal botanique de la Linnean Society, 174(3), 359-383.
- Sanchez MD, Manco BN, Blaise J., Corcoran M., Hamilton MA, 2019 - Conservation et restauration des forêts de pins de Caïques : la première décennie. - Plant Diversity, 41(2):75-83. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.05.002>
- Sands DPA, Van Driesche RG, 1999 - Évaluation Évaluation de la gamme d'hôtes des agents de lutte biologique contre les arthropodes : justification, méthodologie et interprétation. Dans : Host Specificity Testing of Exotic Arthropod Biological Control Agents: The Biological Basis for Improvement in Safety. Actes du Xe Symposium international sur la lutte biologique contre les mauvaises herbes (pp. 69-83).
- Segarra-Carmona AE, Cabrera-Asencio I., 2010 - *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Hemiptera, Coccoidea, Coccidae), un nouveau ravageur invasif des pins à Porto Rico. - Journal of Agriculture University of Puerto Rico, 94(1/2): 175-177.
- SFR, 2023 - Approbation de la délimitation de la zone infestée et de la zone tampon pour *Toumeyella parvicornis* dans la zone de Tirrenia (Commune de Pise). Nu-

- simple adoption 18496 du 29/08/2023, Région Toscane, Conseil Régional.
- Sheffer BJ, Williams ML, 1987 - Facteurs influençant les populations de cochenilles dans les monocultures de pins du sud. - Florida Entomologist, 70(1): 65-70. <https://doi.org/10.2307/3495092>
- Schoeller EN, Yassin M., Redak RA, 2018 - La cire produite par l'hôte affecte le comportement de recherche et l'efficacité des parasitoïdes de l'aleurode géant *Al-eurodicus dugesii* (Hemiptera : Aleyrodidae). - Contrôle biologique, 121, 74-79. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrôle.2018.02.002>
- Van Lenteren JC, Bale J., Bigler F., Hokkanen HMT, Loomans AJM, 2006 - Évaluation des risques liés à la libération d'agents de lutte biologique exotiques contre les arthropodes nuisibles. - Annual Review of Entomology, 51, 609-634. <https://doi.org/10.1146/annurev.apporter.51.110104.151129>
- Yamazaki K., 2017 - Pousses de plantes blanches, insectes producteurs de cire et autres structures blanches fabriquées par les arthropodes : un complexe mimétique ? - Revue européenne d'entomologie. 114, 343-349. <https://doi.org/10.14411/axe.2017.043>

MATÉRIEL COMPLÉMENTAIRE 1

Identification moléculaire des espèces collectées

L'identification des espèces a été confirmée par séquençage de l'ADN en utilisant la région 5' du gène mitochondrial de la cytochrome oxydase I comme suit : l'ADN a été extrait d'individus entiers à l'aide du kit d'extraction d'ADN QIAmp (QIAGEN) en suivant les instructions du fabricant, l'étape d'élution finale a été réalisée dans 50 µl de tampon AE fourni avec le kit. L'amplification a été obtenue en utilisant les amorces LCO1490 et HCO2198 (Folmer et al., 1994) pour les pucerons et les Coccinellidae, tandis que pour les écailles non cibles, les amorces PCOF1 et LepR1 (Park et al., 2010) ont été utilisées. La réaction de PCR a été réalisée dans un volume total de 50,0 µl contenant 25,0 µl de DreamTaq Hot Start

PCR Master Mix (2X) (ThermoFisher Scientific), 0,6 µM de chaque amorce et 50 ng d'ADN. Les amplicons obtenus ont été purifiés et séquencés à l'aide de l'analyseur génétique SeqStu-dio (Applied Biosystems) en suivant le protocole suggéré. Les séquences ont été soumises dans GenBank. L'attribution des espèces a été définie à l'aide d'une recherche de similarité BLAST.

Identification morphologique des espèces collectées

Pour *Leucaspis* sp., il n'a pas été possible d'obtenir une séquence claire avec des amorces standard pour les écailles permettant d'évaluer l'espèce. Par conséquent, l'identification a été limitée au niveau du genre en utilisant les clés morphologiques de Koszta-rab & Kozár (1988).

Tableau S1 - Numéro d'accès GenBank de la région 5' des séquences du gène de la cytochrome oxydase I mitochondriale des espèces testées.

Espèces testées	Numéro d'accès GenBank
<i>Céroplastus rusci</i>	PP646221
<i>Ceroplastes japonicus</i>	PP646222
Huile de <i>Saissetia</i>	PP646231
<i>Parthénolecanium corni</i>	PP646224
<i>Aspidiotus hedericola</i>	PP646230
pucceron <i>cytisorum</i>	PP646226
Puceron noir	PP646227
<i>Uroleucon aeneum</i>	PP646228
<i>Saissetia</i> sp.	PP646223
<i>Icerya purchasi</i>	PP646225
<i>Aleurocanthus spiniferus</i>	PP646229
<i>Cycloneda sanguinea</i>	PP680712

MATÉRIEL SUPPLÉMENTAIRE 2

Tableau S2 - Résultats du test du Chi-carré avec correction de Yates entre l'espèce cible *To. parvicornis* et chaque espèce non cible.

Le nombre d'exposants associés aux espèces testées se rapporte à la famille : (1) Coccidae, (2) Diaspididae, (3) Margarodidae. Les astérisques indiquent des différences significatives entre les espèces non ciblées et *Toumeyella parvicornis* (test du Chi carré avec correction de Yates, *P<0,05 ; **P<0,01 ; ***P<0,001). Pour les pucerons et les espèces d'aleurodes, voir les détails dans les Résultats.

Espèces	Les chenilles				Nymphes				Adultes			
	antérieur	non antérieur	CHI-carré	Df P	antérieur	non antérieur	CHI-carré	Df P	antérieur	non antérieur	CHI-carré	Df P
<i>Toumeyella parvicornis</i> 1 200	0				167	33			80	120		
<i>Ceroplastes rusci</i> 1	178	22	21.21	1 < 0,0001	87	113	67,32	1 < 0,0001	22	178	42,76	1 < 0,0001
<i>Ceroplastes japonicus</i> 1	186	14	12.51	1 0,0004	77	123	83,24	1 < 0,0001				
Huile de <i>Saissetia</i> 1	184	16	14,65	1 0,0001	92	108	59,98	<0,0001	0	200	97,52	1 < 0,0001
<i>Saissetia</i> sp.1	185	15	13.58	1 0,0002	22	178	208.0	1 < 0,0001	8	192	73,44	1 < 0,0001
<i>Parthenolecanium corni</i> 1 187		13	11h45	1 0,0007					0	200	97,52	1 < 0,0001
<i>Aspidiotus hedericola</i> 2	188	12	10h40	1 0,0013	144	56	6.994	1 0,0082	4	196	84,76	1 < 0,0001
<i>Leucaspis</i> sp.2									0	200	97,52	1 < 0,0001
<i>Icerya achète</i> ii3	92	108	145.2	1 < 0,0001	26	174	196,2	1 < 0,0001	0	200	97,52	1 < 0,0001

