

Mise en place de protocoles de contrôle de la fourmi d'Argentine (*Linepithema humile*) sur les îles de Port-Cros et de Porquerolles (Var, France)

Laurence BERVILLE*, Marielle RENUCCI, Erick PROVOST

CNRS, UMR 7263, Aix-Marseille Université ; IMBE (UMR CNRS/IRD), Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix en Provence cedex 4. France

* Corresponding author: laurence-berville@hotmail.fr

Résumé. Cette étude s'appuie sur les travaux récents de J. Orgeas et P. Ponel, qui soulignent la grande fragilité de l'entomofaune indigène face aux perturbations d'origine anthropique. Un constat de l'invasion par *Linepithema humile* des deux îles a été établi en 2005 et 2006, années zéro de nos connaissances. L'objectif de cette étude est tout d'abord de présenter les premiers résultats de la distribution de *Linepithema humile* sur Port-Cros et Porquerolles, ensuite d'exposer le protocole de contrôle de la fourmi d'Argentine sur Porquerolles, et enfin de présenter les premiers résultats de l'inventaire myrmécologique sur Port-Cros issu des chasses à vue.

Mots-clés : *Linepithema humile*, espèce envahissante, inventaire, contrôle, *Tapinoma nigerrimum*, gel d'Imidaclopride, phéromone.

Abstract. Testing and monitoring a strategy for controlling Argentine ant (*Linepithema humile*) populations of Port-Cros and Porquerolles. This project leans on works accomplished by J. Orgeas and P. Ponel who had demonstrated the fragility of the native entomofauna confronted with human disturbances in the Port-Cros national Park. Our work was based on the specific diagnostic of the invasion of the Argentine ant (*Linepithema humile*) established in 2005 and 2006 in Port-Cros and Porquerolles islands. The objective of this article is, firstly, to introduce the protocol of control of the spread of the Argentine ant in Porquerolles, then to present the distribution of *Linepithema humile* and finally, to present the first results of the inventory of the myrmecofauna in Port-Cros.

Keywords : *Linepithema humile*, invasive species, inventory, control, *Tapinoma nigerrimum*, Imidacloprid gel, pheromone.

Introduction

Naturellement à l'œuvre depuis l'apparition de la vie sur terre, les invasions biologiques s'accroissent avec l'intervention (volontaire ou accidentelle) de l'homme. La fourmi d'Argentine (*Linepithema humile*)

est une espèce originaire d'Amérique du Sud, qui a envahi en un siècle la plupart des écosystèmes de type méditerranéen (Suarez *et al.*, 2001). Sa capacité d'invasion est si importante qu'elle est citée sur la liste des 100 espèces (animales et végétales) parmi les plus invasives du monde par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, ISSG, Lowe *et al.*, 2007). L'infestation s'opère par des foyers centrés autour des zones urbaines (Suarez *et al.*, 1998), et s'étend plus ou moins profondément dans les zones naturelles périphériques (Gomez et Oliveras, 2003 ; Espadaler et Gomez, 2003 ; Holway, 1998 ; Holway *et al.*, 2002b ; Way *et al.*, 1997). En Europe, son expansion s'étend sur tout le pourtour méditerranéen de la péninsule Ibérique à l'Italie en passant par la France (Chopard, 1921 ; Blight *et al.*, 2010b ; Giraud *et al.*, 2002). En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, elle envahit tout le littoral (Blight *et al.*, 2010b ; Berville, 2009). Cette invasion provoque l'éradication des espèces de fourmis indigènes (Cammell *et al.*, 1996 ; Human et Gordon, 1996 ; Abril et Gomez, 2011) et d'autres insectes (Cole *et al.*, 1992) modifiant ainsi les équilibres écologiques de zones naturelles sensibles, et les services écosystémiques rendus par l'entomofaune locale partout où cela a été étudié (Gomez *et al.*, 2003 ; Holway *et al.*, 2002a ; Vega et Rust, 2001). De plus, la fourmi d'Argentine exerce une action négative sur la survie et la dynamique des populations de plantes en favorisant la prolifération de ravageurs de type homoptère Aphidiens et Coccidiens (puçerons et cochenilles). Cette invasion a en outre des conséquences socio-économiques sensibles. En effet cette espèce omnivore envahit les lieux habités (campings, restaurants, etc.), et occasionne des dégâts et nuisances sur diverses productions agricoles (vignes, oliviers, cerisiers, pêchers, haricots, etc.) en endommageant les bourgeons floraux et les fruits (Chopard, 1921).

Les îles de Port-Cros et Porquerolles ont fait l'objet d'études entomologiques qui ont montré la relative fragilité de l'entomofaune indigène face aux principales perturbations d'origine anthropique (Orgeas, 2003 ; Orgeas *et al.*, 2003 ; Orgeas et Ponel, 2009 ; Ponel et Orgeas, 2004). En 1949, 1950, 1972 et 1973, Bernard (1959, 1977) étudie la myrmécofaune de Port-Cros et, à ces dates, la fourmi d'Argentine n'était pas encore présente sur l'île. En 1973, avant l'invasion de *Linepithema humile*, cet auteur dénombrait 27 espèces de fourmis sur l'île de Port-Cros. C'est en 2005 que la présence de *L. humile* est notée pour la première fois sur Port-Cros (Orgeas et Ponel, 2009) et en 2006 sur Porquerolles. Ces auteurs font apparaître différents niveaux d'infestation selon l'île considérée et la localisation géographique. L'envahissement par la fourmi d'Argentine semble être fortement conditionné par la présence d'habitats et d'activités humaines, selon des modalités fortement dépendantes de l'écologie et de la biologie de cette espèce envahissante. Il était donc temps de tirer la sonnette d'alarme, étant donné la grande puissance démographique de cette espèce, ajoutée à la variété des ressources qu'elle exploite, et de met-

tre en place un moyen de contrôle et un suivi de son expansion. Éradiquer la fourmi d'Argentine, même en milieu insulaire, relève de l'utopie. Contrôler l'expansion de l'invasion de la fourmi constitue un objectif plus réaliste.

Mais avant de procéder à la mise en place de protocoles susceptibles de contenir la fourmi d'Argentine, il était nécessaire de faire l'inventaire myrmécologique sur les deux îles pour avoir une idée de l'impact (présent et futur) de la fourmi d'Argentine sur les autres espèces de fourmis. Les deux inventaires réalisés par F. Bernard sur Port-Cros en 1959 et 1977 - donc avant l'arrivée de la fourmi d'Argentine - nous permettent d'évaluer l'effet de son invasion sur le maintien des différentes espèces de fourmis de Port-Cros, bien que d'autres causes puissent expliquer leur disparition.

De plus, en 2011, ces îles n'ayant pas le même statut, Port-Cros ayant le statut de Parc national, Porquerolles ayant un statut mixte (Natura 2000, Conservatoire du littoral, Ministères de la Défense et de l'Équipement, etc.), deux protocoles distincts ont été mis en place.

Matériel et méthodes

Les inventaires

Le calendrier des inventaires et des expériences sur le terrain prend en compte la biologie des fourmis, dont l'activité est nulle durant l'hiver pour démarrer au printemps, culminer en été et diminuer à l'automne. Les inventaires myrmécologiques des îles de Port-Cros et Porquerolles ont été effectués grâce à la mise en place de diverses méthodes d'échantillonnages (1- Chasse à vue, 2- Pièges Barber, et 3- Quadrats). Les principales espèces végétales présentes, ainsi que les coordonnées GPS, ont été notées pour chaque lieu échantillonné.

Dans un premier temps, des chasses à vue ont été réalisées suivant un parcours aléatoire. Le ou les observateurs ont échantillonné la myrmécofaune sur les arbres, sous les pierres, sous forme d'individus isolés, de nids et de pistes. Une prospection visuelle de différents types d'habitats (chênaies, maquis, pelouses, plages, arrière-plages et cultures) a été employée. La totalité des individus observés ont été identifiées, soit - lorsque cela a été possible - directement sur le terrain, soit au laboratoire après avoir été prélevée grâce à un aspirateur à insectes.

Dans un second temps, deux autres méthodes d'échantillonnages systématiques ont été pratiquées (Fig. 1).

1- pose de transects de 10 pièges Barber non attractifs enterrés au sol pour une durée de 48h, chaque piège étant espacé de cinq mètres, afin d'estimer la diversité spécifique en un milieu donné (10 transects sur Porquerolles et neuf transects sur Port-Cros). Cette méthode permet notamment d'échantillonner des espèces qui circulent la nuit au sol et qui ne sont donc pas collectées par chasse à vue. Le contenu des 190 pièges Barber posés sera analysé cet hiver 2011.

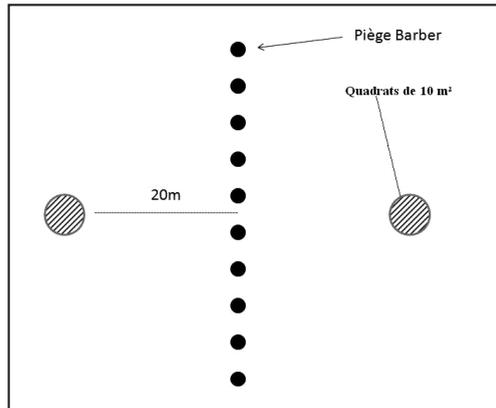


Figure 1. Un transect de pièges Barber et deux quadrats de 10 m².

2- mise en place de deux quadrats de 10m², à 20m de part et d'autre de la ligne de transect des pièges Barber, avec un échantillonnage exhaustif de la myrmécofaune pendant 20 minutes. Cette méthode consiste à rechercher tous les individus présents sur la surface donnée, au niveau des arbres, de la litière, sous les pierres et dans les premiers centimètres du sol.

Les stratégies de lutte contre *Linepithema humile*

Deux approches sont envisagées, une approche chimique et une approche que nous appellerons comportementale, mais qui fait également appel à la chimie.

Appâts toxiques

L'approche chimique précède l'approche comportementale et consiste à affaiblir la population de fourmis d'Argentine par distribution répétée d'appâts toxiques (MaxForce Quantum : Bayer) à proximité des nids principaux. Lors de nos études antérieures (Blight *et al.*, 2011), une mise à disposition d'appâts toxiques à proximité immédiate de nids de la fourmi d'Argentine a entraîné une diminution de la densité des fourmis. Cette étude a montré la nécessité d'un suivi dans l'application du produit. Ce suivi a été réalisé à Porquerolles, non plus à l'échelle d'un nid mais étendu à l'échelle d'une parcelle.

Le statut de Parc national n'autorisant pas l'utilisation d'insecticide sur l'île de Port-Cros, nous avons donc restreint nos études aux étapes de l'inventaire (Chasse à vue, pièges Barber et Quadrats) sur cette île.

Sur Porquerolles, la totalité des espaces cultivés disponibles pour notre expérience est propriété du Conservatoire du Littoral. Nous avons donc pu effectuer l'intégralité de notre protocole durant l'été 2011. Une fois l'inventaire réalisé, il a été nécessaire de trouver une parcelle adéquate pour le traitement chimique sur Porquerolles, cette parcelle devant être écologiquement uniforme, fortement envahie par la fourmi d'Argentine et à l'écart des touristes. Nous avons établi nos pla-

cettes expérimentales dans les parcelles de figuiers après avoir évalué la densité de la fourmi d'Argentine dans celles-ci (effectuées par la méthode des appâts non toxiques). Une fois nos placettes délimitées par un marquage au sol, une barrière chimique constituée de phéromone de piste empêchant le déplacement de la fourmi d'Argentine dans une zone adjacente a été mise en place, par pulvérisation de la phéromone sur le pourtour des placettes. Enfin des dépôts d'appâts chimiques (Maxforce Quantum de Bayer : gel d'Imidaclopride 0,03%) ont été effectués en différents points avec des réapprovisionnements réguliers, pour réduire la population de fourmi d'Argentine dans les placettes. La consommation des appâts a été quantifiée par une double pesée (différence entre le poids au moment du dépôt et 24h après). Le gel utilisé lors de cette expérience est déposé sur une lame de verre, elle-même disposée dans une boîte percée de six petits trous pour que seules les fourmis d'Argentine puissent entrer. Ce dispositif sécurisé, mis au point au laboratoire, permet de protéger l'expérimentateur et la faune locale de toute manipulation accidentelle. Tout le protocole a été mis en place une première fois en juin, puis une seconde fois en juillet, dans la même parcelle de figuiers, mais à une centaine de mètres d'intervalle.

En juin comme en juillet, 3 placettes expérimentales (A, B et C : carrés gris-foncé) et une placette témoin (carré gris clair) ont été mises en place (Fig. 2). Les étoiles noires représentent les figuiers. Chaque placette correspond à 49 m² de prairie et comporte deux figuiers. Dans chaque placette, 16 boîtes espacées d'1,5 m ont été installées (ronds

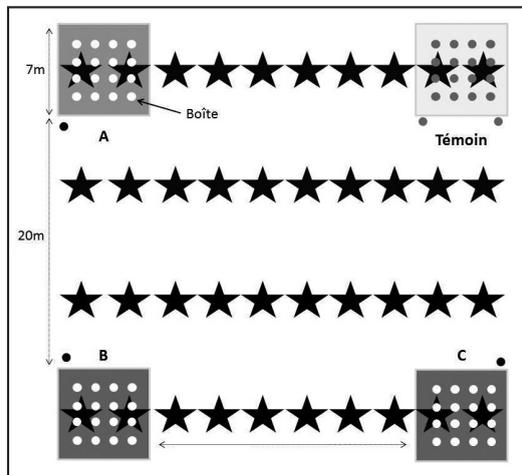


Figure 2. Représentation schématique d'une parcelle de figuiers avec les 3 placettes expérimentales, la placette témoin et les 64 boîtes d'appâts (miel : cercles gris et gel d'Imidaclopride : cercles blancs). Le carré gris clair représente le témoin avec les 16 boîtes de miel à l'intérieur. Les 3 carrés gris foncés représentent les trois placettes (A, B et C) avec le gel d'Imidaclopride. Les triangles à l'extérieur des placettes représentent les témoins d'évaporation (en gris, le miel et en noir, l'appât).

blancs et gris). Chaque jour, toutes les boîtes des quatre placettes ont été contrôlées cinq fois (8:30, 9:30, 17:30, 18:30 et 19:30), soit au total pour la durée de l'expérience : 4 800 observations par expérimentation. Le nombre de *Linepithema humile* vivantes et mortes a été noté à chaque observation. Le premier et le dernier jour, des appâts au miel ont été déposés dans chaque placette afin de comptabiliser *L. humile*. Le deuxième jour de l'expérience est donc le premier jour de traitement pour les placettes A, B et C. Le gel Imidaclopride a été disposé dans les boîtes des trois placettes A, B et C (cercles blancs Fig. 2), et le miel dans celles de la placette témoin (cercle gris, Fig. 2). Ces appâts ont été renouvelés dès leur entière consommation. Les triangles correspondent à des boîtes témoins de l'évaporation des appâts (miel : triangles gris ; appât d'Imidaclopride : triangles noirs). Ces boîtes sont identiques à celles utilisées pour l'expérimentation, mais où l'accès par les petits trous a été grillagé et donc sans accès pour les fourmis.

Translocation de nids de Tapinoma nigerrimum

L'approche comportementale est issue des observations de Blight sur le littoral corse (Blight *et al.*, 2009 ; Blight *et al.*, 2010a ; Blight *et al.*, 2010b) qui montrent que *Tapinoma nigerrimum* et *Linepithema humile* se partagent le terrain. Des études au laboratoire ont montré que la fourmi indigène *Tapinoma nigerrimum* (appartenant aussi à la sous-famille des *Dolichoderinae*), très agressive vis-à-vis de la fourmi d'Argentine, semble lui résister (Blight *et al.*, 2010a). *T. nigerrimum* serait donc capable de contenir l'expansion de la fourmi d'Argentine en agissant comme barrière vivante et/ou en empêchant l'établissement de propagules (une reine et quelques ouvrières) de la fourmi d'Argentine. Or deux fourmis du genre *Tapinoma* ont été signalées à Port-Cros dès les années 70 (Bernard, 1959, 1977). Les données sur Porquerolles manquent. Il est donc nécessaire de rechercher l'espèce *T. nigerrimum* sur les deux îles afin d'évaluer dans quelle mesure elle est susceptible de contenir la fourmi d'Argentine, au moins dans les milieux ouverts (*T. nigerrimum* ne se rencontre pas dans les zones boisées). Plusieurs espèces du genre *Tapinoma*, morphologiquement identiques, sont présentes sur notre littoral. La détermination, sur le terrain, de l'espèce *T. nigerrimum* étant impossible, celle-ci a été effectuée au laboratoire par chromatographie en phase gazeuse. Cette méthode permet d'identifier la signature chimique spécifique de chaque espèce et de mettre un nom d'espèce sur chaque fourmi testée par comparaison de celle-ci à une banque de signatures chimiques. Une translocation de nids de *T. nigerrimum*, à proximité de ceux de la fourmi d'Argentine dans la parcelle traitée chimiquement, est envisagée afin d'empêcher une éventuelle migration de la fourmi d'Argentine vers une zone adjacente. Une autre procédure sera testée pour cette approche comportementale, l'encercllement d'une parcelle par de la phéromone de piste de la fourmi d'Argentine, qui a pour effet d'interrompre les colonnes de fourmis et ainsi de perturber le comportement de récolte (Tanaka *et al.*,

2009 ; Suckling *et al.*, 2010), ce qui peut avoir un impact sur la productivité de la colonie.

Résultats

Port-Cros

L'inventaire myrmécologique de Port-Cros a été effectué en automne 2010 et en été 2011. Les résultats présentés ici proviennent des données des chasses à vue. Les 90 pièges Barber et les 18 quadrats sont en cours d'analyse. Sur l'ensemble des chasses à vue, 870 points d'échantillonnage ont été géo-référencés et 28 espèces ont été observées sur Port-Cros (Fig. 3 et Tabl. I), dont *Linepithema humile* (Fig. 4). Un nid de *Tapinoma nigerrimum* et 5 nids de *Tapinoma erraticum* ont été trouvés au niveau de La Palud. Un autre nid de *Tapinoma nigerrimum* a été découvert au pied du Fort de Port-Man. Ces espèces ont été déterminées au laboratoire par chromatographie en phase gazeuse.

Une estimation de fréquence d'occurrences des espèces de fourmis montre que : 1) dans le village, 6 espèces de fourmis ont été observées et que *Linepithema humile* représente plus de 91 % de ces observations. *Plagiolepis pygmaea*, *Tetramorium gr. caespitum*, *Temnothorax unifasciatus* et *Camponotus lateralis* ont été observées une fois, ainsi qu'un nid de *Messor bouvieri* se trouvant à la limite du village. 2) sur l'ensemble de l'île, 28 espèces ont été observées, les cinq espèces les plus observées étant : *Crematogaster scutellaris* (29% des observations), *Linepithema humile* (12%), *Aphaenogaster subterranea* (9%), *Plagiolepis pygmaea* (7%), et *Tetramorium gr. caespitum* (6%). 3) sur l'ensemble des milieux naturels, les 5 espèces les plus observées sont les mêmes que sur l'ensemble de l'île ; cependant la fréquence d'occurrence de *Linepithema humile* (5%) s'amointrit. Ces 5% d'occurrence de la fourmi d'Argentine dans le milieu naturel se trouvent en limite directe avec le village.

On notera deux points d'infestation majeure de la fourmi d'Argentine sur Port-Cros : un devant la capitainerie et un autre au niveau des conteneurs à ordures. Sur le chemin derrière le local à poubelles, nous avons constaté jusqu'à huit pistes sur une distance de 10 m, chacune avec un trafic supérieur à 80 individus/minute. On retrouve ces pistes dans le local à poubelles, où les fourmis d'Argentine viennent s'approvisionner.

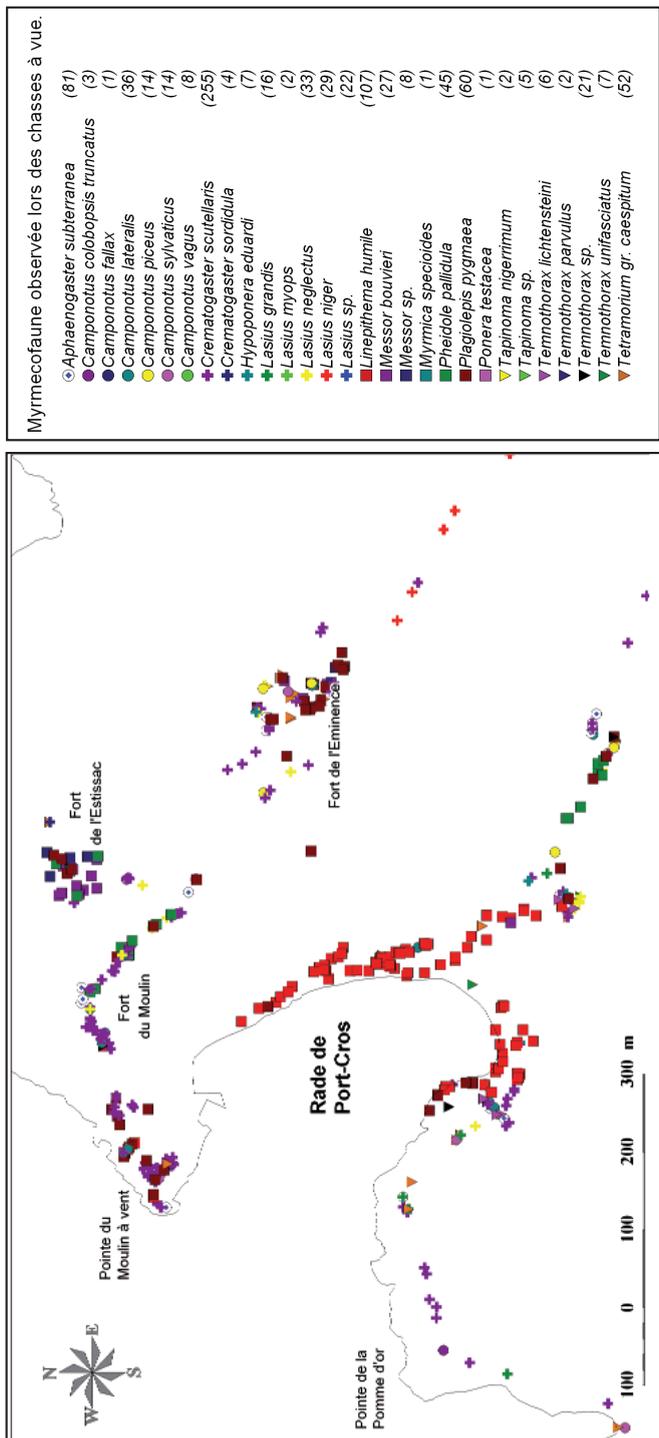


Figure 3. Géolocalisation des espèces identifiées par chasse à vue sur Port-Cros.

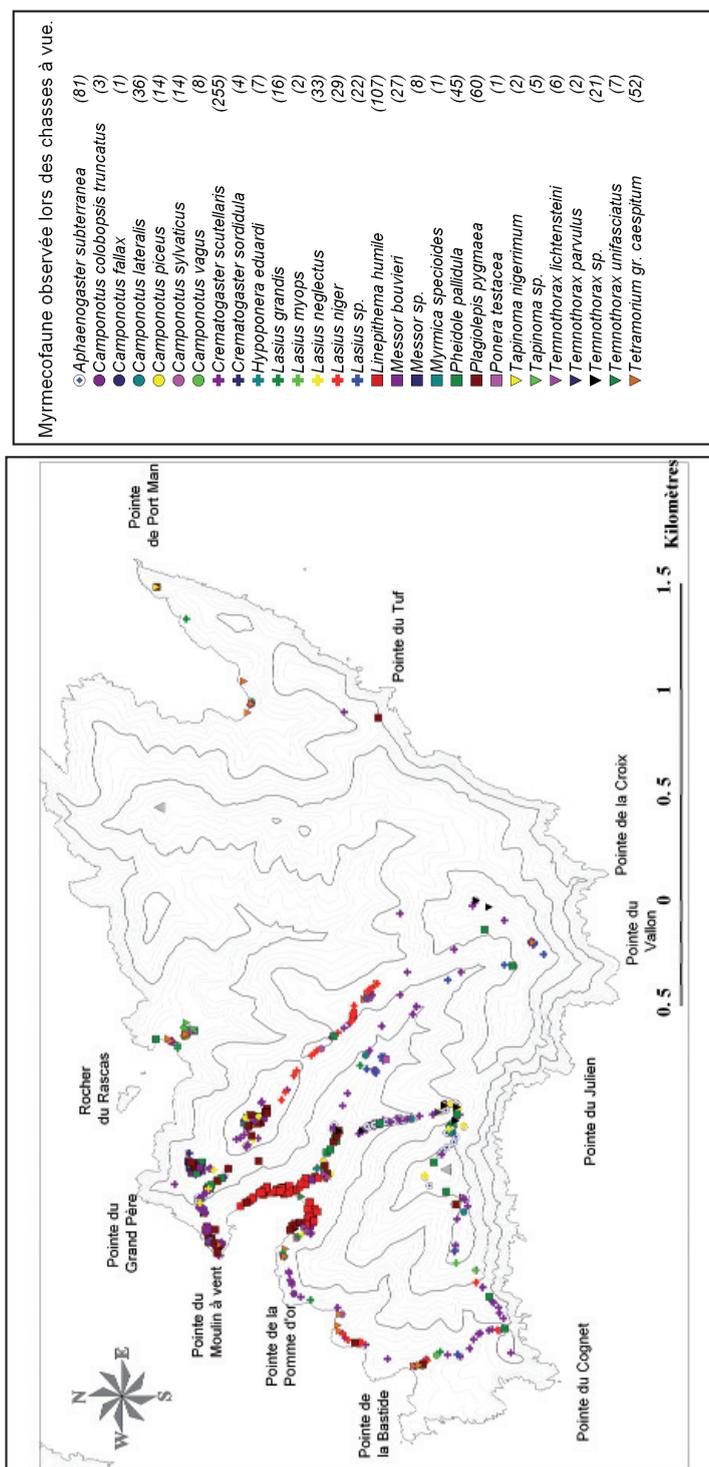


Figure 4. Carte de la répartition des fourmis d'Argentine dans le village de Port-Cros et en limite des zones naturelles, en 2011.

Tableau I. Liste des espèces de fourmis décrites sur Port-Cros en 1958, 1977 par Bernard (1959, 1977), et dans la présente étude. Nomenclature : Bolton (1995).

n°	Espèces	1958	1977	2010 /2011
1	<i>Aphenogaster pallida</i> var. <i>Leveillei</i> (Emery : 1881)	*		
2	<i>Aphaenogaster subterranea</i> (Latreille : 1798)	*	*	*
3	<i>Camponotus aethiops</i> (Latreille : 1798)	*		
4	<i>Camponotus fallax</i> (Nylander : 1856)			*
5	<i>Camponotus foreli</i> (Emery : 1881)	*	*	
6	<i>Camponotus lateralis</i> (Olivier : 1792)	*	*	*
7	<i>Camponotus merula</i> (Losana) / <i>Camponotus piceus</i> (Leach : 1834)	*		*
8	<i>Camponotus sylvaticus</i> (Olivier : 1792)	*	*	*
9	<i>Camponotus (Colobopsis) truncatus</i> (Spinola : 1808)			*
10	<i>Camponotus vagus</i> (Scopoli : 1763)			*
11	<i>Crematogaster scutellaris</i> (Olivier : 1792)	*	*	*
12	<i>Crematogaster sordidula</i> (Nylander : 1849)	*		*
13	<i>Lasius alienus</i> (Förster : 1850)	*	*	
14	<i>Lasius grandis</i> (Forel : 1909)			*
15	<i>Lasius mixtus</i> (Nylander : 1846)	*		
16	<i>Lasius myops</i> (Forel : 1894)			*
17	<i>Lasius neglectus</i> (Van Loon, Boomsma & Andrasfalvy : 1990)			*
18	<i>Lasius niger</i> (Linnaeus : 1758)	*		*
19	<i>Lasius umbratus</i> (Nylander : 1846)	*		
20	<i>Leptothorax brevicornis</i> (Bernard : 1977)		*	
21	<i>Leptothorax parvula</i> / <i>Temnothorax parvulus</i> (Schenck : 1852)	*		*
22	<i>Linepithema humile</i> (Mayr : 1868)			*
23	<i>Messor barbarus</i> (Linnaeus : 1767)	*		*
24	<i>Messor sanctus</i> (Emery : 1921) / <i>Messor bouvieri</i> (Bondroit : 1918)	*		*
25	<i>Myrmica specioides</i> (Bondroit : 1918)			*
26	<i>Pheidole pallidula</i> (Nylander : 1849)	*	*	*
27	<i>Plagiolepis pygmaea</i> (Latreille : 1798)	*	*	*
28	<i>Ponera eduardi</i> / <i>Hypoponera eduardi</i> (Forel : 1894)	*	*	*
29	<i>Ponera testacea</i> (Emery : 1895)			*
30	<i>Solenopsis balachowskyi</i> / <i>Diplorhoptrum balachowskyi</i> (Bernard : 1959)	*	*	
31	<i>Solenopsis banyulensis</i> / <i>Diplorhoptrum banyulensis</i> (Bernard : 1950)	*	*	
32	<i>Solenopsis insularis</i> / <i>Diplorhoptrum insularis</i> (Bernard : 1978)		*	
33	<i>Solenopsis</i> sp.			*
34	<i>Tapinoma erraticum</i> (Latreille : 1798)		*	*
35	<i>Tapinoma erraticum</i> (Latreille : 1798) / <i>Tapinoma nigerrimum</i> (Nylander)	*	*	*
36	<i>Temnothorax lichtensteini</i> (Bondroit : 1918)			*
37	<i>Temnothorax unifasciatus</i> (Latreille : 1798)			*
38	<i>Tetramorium</i> gr. <i>caespitum</i> (Linnaeus : 1858)	*	*	*
39	<i>Tetramorium semilaeve</i> (André : 1883)	*		
	Somme :	24	16	28

Porquerolles

La prospection sur Porquerolles a été effectuée au printemps et en été 2011. Les données récoltées (2 395 points d'échantillonnage incluant les 100 pièges Barber et les 10 quadrats) sont en cours d'analyse.

Les premiers résultats montrent que la fourmi d'Argentine occupe un territoire beaucoup plus vaste à Porquerolles qu'à Port-Cros (Fig. 5). En juillet 2011, l'invasion s'étend sur plus de 185 hectares, principalement sur les plages, arrière-plages, terrains cultivés (agrumes, pêchers, figuiers, muriers, amandiers, etc.), mais aussi le village au Nord, le Cap d'Armes au Sud, la batterie des Mèdes à l'Est et la pointe du Grand Langoustier à l'Ouest. On notera la présence des fourmis d'Argentine aux Fourcades mais pas sur la presqu'île de la Pointe Prime, ces deux localités n'étant pourtant séparées que par un banc de sable de quelques mètres. Les fourmis d'Argentine sont particulièrement abondantes sur l'arrière-plage d'Argent, au Hameau, et près des lagunes.

Mise en place des protocoles de contrôle de l'invasion

La mise en place du programme de contrôle de l'invasion de la fourmi d'Argentine sur Porquerolles a commencé au printemps 2011 et s'est poursuivie tout l'été. Les données sont en cours d'analyse.

Les premiers résultats de l'application continue d'appâts toxiques sur Porquerolles dans un verger durant le mois de juillet sont présentés figure 6. L'analyse des données des expérimentations du mois de juin est en cours. La figure 6 représente le nombre moyen d'ouvrières observées par boîte dans une placette sur une journée. On notera une différence dans l'importance de l'infestation des placettes expérimentales lors du temps T0. Alors qu'elles portent un couvert végétal identique, l'infestation est cinq fois moins importante dans la placette B par rapport à la placette C, pourtant seulement espacées de 20 m. Une moyenne de 32 ouvrières est recensée dans les boîtes de la placette C, contre six dans celles de la placette B. Le témoin et la placette A a une infestation initiale assez similaire. L'infestation n'est donc pas homogène. À T0, toutes les boîtes de toutes les placettes ont été garnies de miel. Entre T1 et T13, les boîtes des placettes expérimentales (A, B & C) ont été appâtées avec du gel d'Imidaclopride. Le témoin étant lui toujours approvisionné en miel. L'absence de donnée du T3 est due à une journée orageuse. À T14, l'ensemble des boîtes de toutes les placettes a été garnie de miel. À partir de T4, et jusqu'à la fin de l'expérimentation, la placette témoin a toujours été la plus visitée. Sur les placettes traitées, une diminution drastique du nombre de fourmis d'Argentine est observée dès T2 et jusqu'à T7, puis, à partir de T8, le nombre de visites de fourmis d'Argentine se stabilise à moins de dix ouvrières par boîte, ce qui indique une diminution de l'infestation mais pas une éradication de l'espèce cible. On observe une légère diminution au cours du temps du nombre d'individus dans le témoin. Plusieurs hypothèses peuvent être proposées : 1) l'intervalle de 20 m entre les placettes n'est

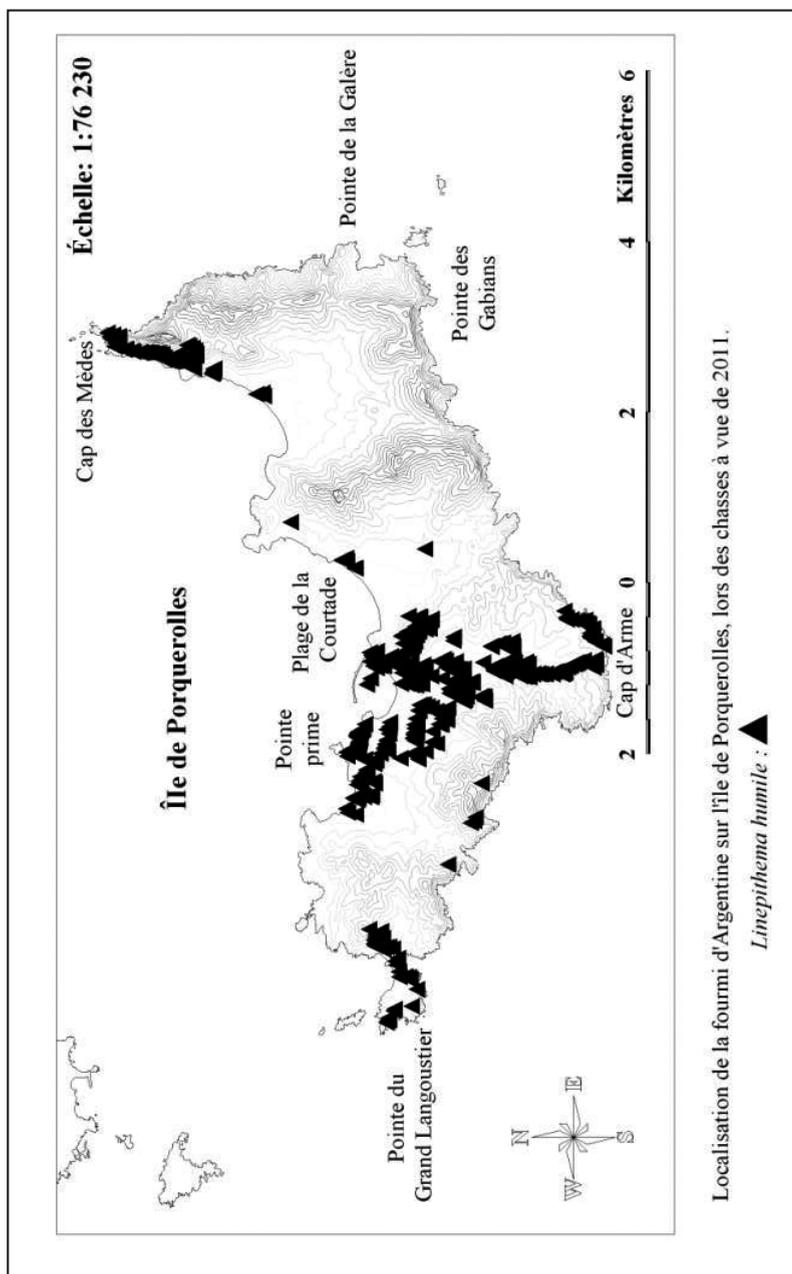


Figure 5. Carte de la répartition des fourmis d'Argentine en 2011 sur Porquerolles (1 026 points).

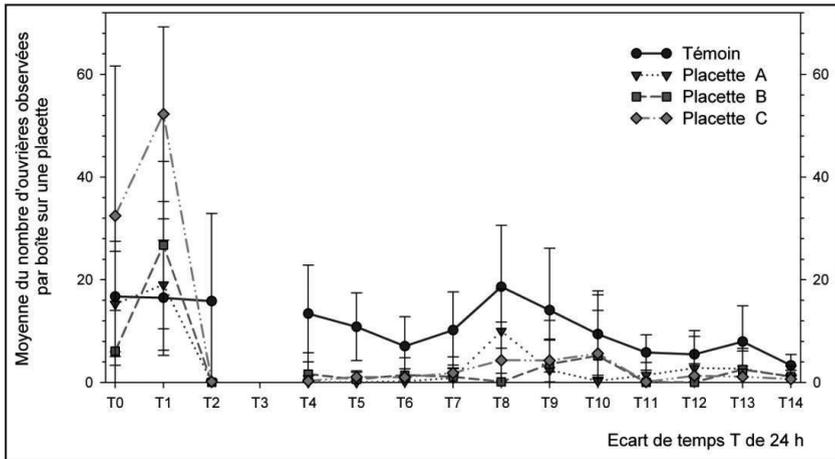


Figure 6. Nombre moyen d'ouvrières observées chaque jour dans une boîte. En fonction de la placette, du traitement et du temps. Ecart standard à la moyenne.

pas suffisant, certaines ouvrières de la placette témoin sont allées manger de l'appât toxique et sont mortes ; 2) les ouvrières ont fait suffisamment de réserve en miel les neuf premiers jours et n'ont donc plus besoin de se nourrir ; 3) il peut y avoir eu un déménagement de nid suite à un dérangement régulier.

Les données sur le taux d'infestation des arbres, le taux de consommation quotidien du miel et d'appât, ainsi que l'expérience de la barrière chimique sont en cours d'analyse.

Discussion

Port-Cros

On connaît, grâce aux travaux de Bernard (1959, 1977), la myrmécofaune qui peuplait Port-Cros avant l'introduction de la fourmi d'Argentine. Nos premiers résultats montrent une modification de la myrmécofaune dans le village. Alors que Bernard avait observé sept espèces (*Messor barbarus*, *Tapinoma nigerrimum*, *Tetramorium gr. caespitum*, *Plagiolepis pygmaea*, *Hypoponera eduardi*, *Aphaenogaster subterranea* et *Lasius niger*) dans et à proximité du village, nous avons essentiellement trouvé des fourmis d'Argentine, en grande quantité, surtout dans des poubelles et autour de la capitainerie. Lors des chasses à vue dans le village, nous avons retrouvé *Plagiolepis pygmaea*, *Tetramorium gr. caespitum*, et *Aphaenogaster subterranea*, cependant, elles n'ont été observées qu'une seule fois. Contrairement à Bernard, nous n'avons pas trouvé *Messor barbarus*, *Tapinoma nigerrimum*, *Hypoponera eduardi* ainsi que *Lasius niger*. En 1958, comme en 1977, Bernard n'avait pas vu *Temnothorax unifasciatus* sur Port-Cros. L'invasion de la fourmi d'Argentine semble être pour le moment cantonnée au village et à la zone naturelle proche. Néanmoins, quelques ouvrières de *L. humile* ont été observées dans des conteneurs, en sep-

tembre 2011, au niveau des zones de stockage des ordures du Fort de l'Eminence. Cette zone, loin de l'actuelle zone d'infestation, est un risque pour une réelle progression de la fourmi d'Argentine en dehors du village. En effet, cette zone constitue une zone d'approvisionnement importante (stockage des déchets ménagers) régulièrement arrosée lors du nettoyage des containers.

L'île est recouverte à 74% de maquis élevé à pins d'Alep et chênes, à 9% de forêt de chênes verts et seulement à 17% d'espaces ouverts (village, rochers littoraux, friches), ce qui explique l'omniprésence de fourmis arboricoles telles que *Crematogaster scutellaris*, *Camponotus vagus*, *Camponotus piceus* et *Camponotus truncatus*. *Crematogaster scutellaris* est un bon indicateur de la présence - ou non - de la fourmi d'Argentine, tout comme les *Messor* sp., une délimitation très démarquée des aires de répartition des *Crematogaster scutellaris* et des *L. humile* est visible à la sortie du village. En suivant le chemin depuis le village vers la pointe de la Pomme d'Or, on note la disparition des fourmis d'Argentine au profit des *Crematogaster scutellaris* et d'un cortège d'autres espèces telles que les *Temnothorax lichtensteini*, *Lasius* sp. et *Plagiolepis pygmaea*. De nouvelles prospections en 2012 nous permettront de quantifier et de cartographier précisément la superficie de la zone envahie par la fourmi d'Argentine.

Lors de son étude myrmécologique de l'île de Port-Cros en 1977, Bernard retrouve 13 espèces de fourmis déjà citées en 1959. Parmi celles-ci, nous en avons retrouvé neuf dont *Tapinoma nigerrimum*. Pour l'ensemble de ses recherches de 1959 et 1977, Bernard cite au total 27 espèces. Cependant, certaines espèces décrites ou signalées par cet auteur ne sont pas reconnues par la communauté scientifique comme espèces, telles que : *Solenopsis balachowsky*, *Solenopsis insularis* et *Aphenogaster pallida* var. *leveillei*. D'autres ne vivent pas dans le sud de la France, comme *Lasius umbratus* présente notamment en Russie, Finlande, Belgique et Canada.

Lors de nos recherches, nous avons référencé 28 espèces, parmi lesquelles 15 déjà citées par Bernard. Le dépouillement des données obtenues avec les pièges Barber, l'étude des quadrats, ainsi que de nouvelles prospections, notamment de la myrmécofaune endogée, nous permettront de compléter notre étude.

Porquerolles

L'application d'appâts chimiques sous forme de gel d'Imidaclopride réduit le nombre de fourmis d'Argentine. Cependant, seule l'expérimentation de juillet a été analysée pour le moment. De plus, l'absence de fourmis dans les boîtes au sol ne signifie pas qu'il y a eu mort des individus. Le dénombrement des fourmis d'Argentine présentes sur les arbres dans chaque placette et le dénombrement des individus sur les pistes au sol permettra d'estimer l'efficacité du protocole.

L'envahissement de l'île de Porquerolles est beaucoup plus important en superficie et en densité que celui de Port-Cros, certainement parce que l'anthropisation y est plus importante. Dans le cas de Porquerolles, l'invasion touche évidemment le village mais également une grande partie des zones urbanisées (Hameau, cimetière, phare et sémaphore, Fort St Agathe, etc.) et des zones cultivées (surtout les cultures qui nécessitent un arrosage régulier et/ou important). Ainsi les parcelles irriguées d'oliviers et dattiers présentent de nombreuses fourmis d'Argentine. Cependant, on sait qu'une diminution de l'irrigation entraîne une réduction du nombre de fourmis d'Argentine (Menke et Holway, 2006 ; Menke *et al.*, 2007). C'est exactement ce que nous avons observé à Porquerolles dans les parcelles de palmiers dattiers non irriguées : même si elles se situent au milieu d'une des zones les plus infestées de l'île, rares sont les fourmis d'Argentine sur ce terrain sec. Il semble y avoir un gradient d'infestation dans les oliveraies : la densité de *L. humile* décroît lorsqu'on s'éloigne du chemin principal, au bénéfice de *Messor barbarus*. De plus, les fourmis d'Argentine étant friandes de liquides sucrés et de miellat, il n'est pas étonnant de les retrouver là où abondent les ressources riches en sucre (mûres, abricots, figues).

Cependant, dans certaines zones comme les Mèdes, les fourmis d'Argentine semblent s'être affranchies de la présence humaine en envahissant une zone dépourvue d'accès, de cultures, d'eau et de poubelles, mais peuplée de *Carpobrotus* sp., plante grasse crassulacée qui semble constituer un facteur favorable à son maintien. Il en est de même dans la zone du phare, qui est pourtant une zone forestière. Ces infestations montrent qu'une pénétration et un maintien de fortes populations de fourmis d'Argentine en milieu naturel sont tout à fait possibles.

Précaution pour la gestion de l'invasion

La fourmi d'Argentine emploie une stratégie de dissémination par bourgeonnement à partir d'une tête de pont (le port par exemple) largement dépendante des activités humaines. Il est donc très important de veiller à ne pas propager d'individus (reines ou ouvrières plus larves) dans des lieux non infestés. Deux facteurs de risque sont actuellement à surveiller. D'abord les poubelles qui sont acheminées d'une zone très infestée (village) vers une zone non infestée (l'Eminence), ainsi que le camion qui fait régulièrement le tour de l'île et peut transporter à plusieurs kilomètres des propagules (reines ou ouvrières plus larves), prémisses à de nouvelles colonisations. Ensuite, la propagation vers d'autres îles adjacentes telle que l'île de Bagaud et les îlots satellites de Port-Cros est à craindre, particulièrement dans le contexte des programmes actuels de restauration écologique des îlots qui impliquent un transfert de matériel (ratières), un transfert de personnel (main d'œuvre pour l'arrachage des *Carpobrotus* spp., dératissage, ouverture des layons, suivis scientifiques, etc.), et de conservation des populations de

certains oiseaux marins (apport de nids artificiels pour les puffins). À ce jour (juin 2011), nous n'avons pas détecté de fourmis d'Argentine à Bagaud. Afin d'éviter une nouvelle catastrophe écologique, une surveillance accrue de la myrmécofaune sur les îles satellites est souhaitable. Une inspection minutieuse de Bagaud est donc préconisée en 2012, à la fin des opérations de dératissage et de l'arrachage des *Carpobrotus* sp., afin de détecter précocement une possible implantation de propagules de fourmis d'Argentine.

Remerciements. La présente étude est financée par le Parc national de Port-Cros et par l'entreprise Bayer et entre dans le cadre de la thèse de Laurence Berville financée par la région PACA. Un grand merci à Philippe Ponel et Olivier Blight pour leurs minutieuses relectures et leurs remarques constructives. Nous remercions également nos trois stagiaires : Alice Ménager, Jim Salone et Julie Tanet. Merci pour votre bonne humeur, et votre motivation lors des fastidieuses campagnes de terrain. Toute ma gratitude à Robert, Pierre et Richard pour leur patience et leur gentillesse. Un énorme merci à Arnaud Bellec et Karen Bourgeois pour leur aide sur le terrain et l'attention portée à mes petites questions SIG. Merci aux équipes puffins (Karen, Alexis Chevallier et Jean-Baptiste Pons) pour avoir grandement facilité la logistique nécessaire à la colocation. Et enfin, toute ma gratitude à Jean-Paul Roger pour avoir répondu à toutes mes questions.

Références

- ABRIL, S., GOMEZ, C. (2011). - Aggressive behaviour of the two European Argentine ant supercolonies (Hymenoptera: Formicidae) towards displaced native ant species of the northeastern Iberian Peninsula. *Myrmecological News*, 14, 99-106.
- BERNARD, F. (1959). - Les fourmis de l'île de Port-Cros. Contribution à l'écologie des anciennes forêts méditerranéennes. *Vie et Milieu*.
- BERNARD, F. (1977). - Écologie des fourmis du Parc-national de Port-Cros. *Bulletin du muséum national d'histoire naturelle. Ecologie générale* 36.
- BERVILLE, L. (2009). - Comportements agonistiques et signatures chimiques de *Linepithema humile* (Mayr) en Corse et le long du littoral de la région Provence Alpes Côte d'Azur. Rapport de Master 2, Université François Rabelais. 106 p
- BLIGHT, O., ORGEAS, J., RENUCCI, M., TIRARD, A., PROVOST, E. (2009). - Where and how Argentine ant (*Linepithema humile*) spreads in Corsica? *Comptes Rendus Biologies*, 332, 747-751.
- BLIGHT, O., PROVOST, E., RENUCCI, M., TIRARD, A., ORGEAS, J. (2010a). - A native ant armed to limit the spread of the Argentine ant. *Biological Invasions*, 12, 3785-3793.
- BLIGHT, O., RENUCCI, M., TIRARD, A., ORGEAS, J., PROVOST, E. (2010b). - A new colony structure of the invasive Argentine ant (*Linepithema humile*) in Southern Europe. *Biological Invasions*, 12, 1491-1497.
- BLIGHT, O., ORGEAS, J., RENUCCI, M., PROVOST, E. (2011). - Imidacloprid gel bait effective in Argentine ant control at nest scale. *Sociobiology*, 58 (1), 23-30.
- BOLTON, B. (1995) . - A new general catalogue of the ants of the world. Harvard University Press, Cambridge, MA. 504 pp.
- CAMMELL, M. E., WAY, M. J., PAIVA, M. R. (1996). - Diversity and structure of ant communities associated with oak, pine, eucalyptus and arable habitats in Portugal. *Insectes Sociaux*, 43, 37-46.
- CHOPARD, L. (1921) La fourmi d'Argentine, *Iridomirmex humilis* var. *arrogans* dans le midi de la France. *Annls. Epiphyties*, 7, 237-265.

- COLE, F. R., MEDEIROS, A. C., LOOPE, L. L., ZUEHLKE, W. W. (1992). - Effects of the Argentine ant on arthropod fauna of Hawaiian high-elevation shrubland. *Ecology*, 73, 1313-1322.
- ESPADALER, X., GOMEZ, C. (2003). - The Argentine ant, *Linepithema humile*, in the Iberian Peninsula. *Sociobiology*, 42, 187-192.
- GIRAUD, T., PEDERSEN, J. S., KELLER, L. (2002). - Evolution of supercolonies: The Argentine ants of southern Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 6075-6079.
- GOMEZ, C., OLIVERAS, J. (2003). - Can the Argentine ant (*Linepithema humile* Mayr) replace native ants in myrmecochory? *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 24, 47-53.
- GOMEZ, C., PONS, P., BAS, J. M. (2003). - Effects of the Argentine ant *Linepithema humile* on seed dispersal and seedling emergence of *Rhamnus alaternus*. *Ecography*, 26, 532-538.
- HOLWAY, D. A. (1998). - Factors governing rate of invasion: a natural experiment using Argentine ants. *Oecologia*, 115, 206-212.
- HOLWAY, D. A., LACH, L., SUAREZ, A. V., TSUTSUI, N. D., CASE, T. J. (2002a). - The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 181-233.
- HOLWAY, D. A., SUAREZ, A. V., CASE, T. J. (2002b). - Role of abiotic factors in governing susceptibility to invasion: A test with argentine ants. *Ecology*, 83, 1610-1619.
- HUMAN, K. G., GORDON, D. M. (1996). - Exploitation and interference competition between the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. *Oecologia*, 105, 405-412.
- LOWE, S., BROWNE, M., BOUGJELAS, S., De POORTER M., (2000). - 100 of the World's Worst Invasive Alien Species - a selection from the Global Invasive Species Database. The Invasive Species Specialist Group ISSG a specialist group of the Species Survival Commission SSC of the World Conservation Union IUCN, 12pp.
- MENKE, SB., HOLWAY DA. (2006). - Abiotic factors control invasion by Argentine ants at the community scale. *Journal of animal ecology*, 75, (2), 368-376.
- MENKE, SB., FISHER, R., JETZ, N., HOLWAY DA. (2007). - Biotic and abiotic controls of argentine ant invasion success at local and landscape scales. *Ecology*, 88, (12), 3164-3173.
- ORGEAS, J. (2003). - Inventaire de l'entomofaune des îles satellites (Bagaud, Gabinières et Rascas) du Parc national de Port-Cros. Parc national de Port-Cros.
- ORGEAS, J., VIDAL, E., PONEL, P. (2003). - Colonial seabirds change beetle assemblages on a Mediterranean island. *Ecoscience*, 10, 38-44.
- ORGEAS, J. & PONEL, P. (2009). - Inventaire & Conservation de l'entomofaune des milieux marginaux et agricoles des îles de Port-Cros et Porquerolles (Parc national de Port-Cros). Aix en Provence, IMEP.
- PONEL, P., ORGEAS, J. (2004). - Impact de l'expansion d'une plante exotique *Carpobrotus* spp. sur les communautés d'insectes dans les îles satellites du Parc national de Port-Cros. Parc national de Port-Cros, 16.
- SUAREZ, A. V., BOLGER, D. T., CASE, T. J. (1998). - Effects of fragmentation and invasion on native ant communities in coastal southern California. *Ecology*, 79, 2041-2056.
- SUAREZ, A. V., HOLWAY, D. A., CASE, T. J. (2001). - Patterns of spread in biological invasions dominated by long-distance jump dispersal: Insights from Argentine ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 1095-1100.

- SUCKLING, D. M., PECK, R. W., STRINGER, L. D., SNOOK, K., BANKO, P. C. (2010). - Trail Pheromone Disruption of Argentine Ant Trail Formation and Foraging. *Journal of Chemical Ecology*, 36, 122-128.
- TANAKA, Y., NISHISUE, K., SUNAMURA, E., SUZUKI, S., SAKAMOTO, H., FUKUMOTO, T., TERAYAMA, M., TATSUKI, S. (2009). - Trail-following Disruption in the Invasive Argentine Ant with a Synthetic Trail Pheromone Component (Z)-9-hexadecenal. *Sociobiology*, 54, 139-152.
- VEGA, S. J., RUST, M. K. (2001). - The Argentine ant - A significant invasive species in agricultural, urban and natural environments. *Sociobiology*, 37, 3-25.
- WAY, M.J., Cammell, M.E., Paiva, M.R., Collingwood (1997). - Distribution and dynamics of the Argentine ant *Linepithema (Iridomyrmex) humile* (Mayr) in relation to vegetation, soil conditions, topography and native competitor ants in Portugal. *Insectes sociaux*, 44, (4), 415-433.