



Insectes Sociaux

30^e congrès UIEIS - Section française

Avignon 2019





Insectes Sociaux

30^e congrès UIEIS - Section française
Avignon 2019

Organisé par l'Unité Abeilles et Environnement
INRA UR406
Avignon

28-30 août 2019

Université d'Avignon
Campus Hannah Arendt
Amphithéâtre AT06

74 rue Louis Pasteur
84 029 Avignon

Comité d'organisation

| | |
|--------------------------------|------------|
| Cédric Alaux (responsable) | INRA |
| Maryline Pioz (co-responsable) | INRA |
| Luc Belzunges | INRA |
| Dominique Beslay | INRA |
| Mercedes Charreton | INRA |
| Corinne Chêne | INRA |
| Claude Collet | INRA |
| Axel Decourtey | ACTA/ITSAP |
| Armelle Favery | INRA |
| Mickaël Henry | INRA |
| Yves Le Conte | INRA |
| Fanny Mondet | INRA |
| Guy Rodet | INRA |

Comité scientifique

| | |
|----------------|------------|
| Cédric Alaux | INRA |
| Luc Belzunges | INRA |
| Axel Decourtey | ACTA/ITSAP |
| Yves Le Conte | INRA |
| Fanny Mondet | INRA |
| Maryline Pioz | INRA |

Programme

Mercredi 28 Août

08h30 : Accueil des participants

09h30 : Discours de bienvenue et d'ouverture du congrès

09h40 : Conférence plénière 1 : Cleo Bertelsmeier.

Impact of globalisation on ant invasions

10h25 : Pause café

Session : Ecologie

10h55 : **Elena Angulo** : Individual and population effects of the invasive Argentine ant in native bird species at Doñana National Park

11h10 : **Solène Blanchard** : Impact du réchauffement climatique sur les fourmis et leur interactions mutualistes avec les pucerons

11h25 : **Rémy Perez** : Résistance physiologique à la chaleur chez les fourmis désertiques

11h40 : **Tania De Almeida** : Les fourmis granivores : ingénieres des écosystèmes de pelouses semi-naturelles méditerranéennes.

11h55 : **Olivier Blight** : *Messor barbarus* : une fourmi ingénier de la restauration des pelouses méditerranéennes

12h10 : **Xim Cerdà** : Raphaël Boulay: In Memoriam (1973-2018)

12h25 : Déjeuner

Session : Comportements sociaux

14h00 : **Romain Honorio** : Manipulation de la diversité morphologique des ouvrières des colonies de la fourmi *Temnothorax nylanderi* et conséquences sur la valeur sélective en milieu naturel

14h15 : **Lauren Jacquier** : Contribution of the social environment to stress adaptation in the acorn ant *Temnothorax nylanderi*

14h30 : **Oscar Vaes** : Comment la structure de la fourmilière façonne les comportements collectifs ?

14h45 : **Christophe Lucas** : Unbalanced biparental care during colony foundation in two subterranean termites

15h00 : **Sophie Van Meyel** : Filial egg consumption in the European earwig

15h15 : Pause café

Session : Nutrition

- 15h45 : **Vincent Piou** : Effect of pollen extract supplementation on the varroatosis tolerance of honey bee (*Apis mellifera*) larvae reared in vitro
- 16h00 : **Stéphane Kraus** : Ecologie nutritionnelle : comment les colonies de bourdons ajustent leur collection de sucres, protéines et lipides à la présence de couvain
- 16h15 : **Thibault Dubois** : Comment les bourdons se partitionnent les ressources dans l'espace : une analyse théorique
- 16h30 : **Damien Gergonne** : Nutritional tolerance in ants: a comparative approach.
- 16h45 : **Thibaud Monnin** : Allocation des ressources lors de la fondation de nouvelles colonies par fission. Résultats préliminaires d'une approche de modélisation multi-agents
- 17h00 : **Simon Hellemans** : An integrative ecological and genetical framework reveals the feeding behaviour of a Neotropical termite

17h15 - 18h30 : Session : Poster/APéritif (Hall de l'Amphi)

Jeudi 29 Août

08h45 : Conférence plénière 2 : Denis Thiéry.

The spread of *Vespa velutina*, the invasive predator of honeybees in Europe: expansive research is required to improve its control

Session : Agents pathogènes

- 09h30 : **Anne Dalmon** : The invasive hornet *Vespa velutina* carries both honey bee viruses and new viruses
- 09h45 : **Victor Desclos le Peley** : Impact des pratiques de renouvellement de la reine sur la santé des abeilles mellifères
- 10h00 : **Léa Tison** : Seasonal variations influencing Varroa Sensitive Hygiene trait in the honey bee
- 10h15 : **Clémence Riva** : Vers une nouvelle méthode de diagnostic de la résistance au varroa chez l'abeille domestique

10h30 : Pause café

- 11h00 : **Hugo Pereira** : Effet du couvain et de la présence de pathogènes sur la gestion et le rejet des déchets chez *Myrmica rubra*

11h15 : **Joël Meunier** : Social immunity: Why we should study its nature, evolution and functions across all social systems

11h30 : **Tamara Gomez-Moracho** : Effects of *Nosema ceranae* on the cognition and behaviour of bumblebees

11h45 : **Baptiste Piqueret** : Ants are able to detect the odour of cancer cells

12h00 : Déjeuner

13h45 : Excursion – Bus pour les Baux de Provence

14h30 : Visite libre des Baux de Provence

17h00 : Visite des Carrières de Lumières (Exposition Van Gogh et Japon Rêvé)

18h00 : Bus pour Avignon

19h00 : Banquet au bord du Rhône

Vendredi 30 Août

08h30 : Conférence plénière 3 : Axel Touchard.

Diversité des toxines peptidiques des venins de fourmis

Session : Taxonomie

09h15 : **Valentine Barasse** : Exploring the molecular diversity of ant venoms reveals conserved toxin precursors and distinctive mature peptides features among and within phylogenetic subfamilies

09h30 : **Johanna Romero Arias** : Anatomical specialisations of the proventriculus in humivorous termites: its diversity and evolution in Apicotermitinae

09h45 : **David Sillam-Dussès** : The labral gland in termites: evolution and function

10h00 : **Nicolas Kaczmarek** : Taxonomie intégrative de termites néotropicaux du groupe Subulitermes : délimitation des espèces sur base de critères morphologiques et d'analyses génétiques et chimiques

10h15 : **Guy Josens** : Révision du genre *Cubitermes* (Termitidae, Cubitermitinae)

10h30 : Pause café

Session : Morphométrie

11h00 : **Christian Peeters** : Mieux travailler sur six pattes : Refonte du thorax des ouvrières de fourmis suite à la perte des ailes

11h15 : **Adam Khalife** : Miniaturisation et force physique chez les fourmis : comparaison du thorax entre ouvrières et soldats de *Carebara perpusilla*

11h30 : **Vincent Fourcassié** : Cinématique de la locomotion lors du transport de charge chez la fourmi granivore *Messor barbarus* : influence de la taille des ouvrières et de la masse de la charge transportée

11h45 : **Nathan Lecocq de Pletincx** : Évolution et corrélats de la taille et du polymorphisme de la caste ouvrière chez les fourmis du genre *Cataglyphis*

12h00: **Fanny Ruhland**: Look at that body-shaking: social disturbance triggers vibratory behavior of termites

12h15 : Discours du président de l'Université

12h25 : Déjeuner

Session : Toxicologie Environnementale

13h45 : **Claude Collet** : Effets débilitants d'un nouvel insecticide avec rechute sévère plusieurs jours après exposition - Perturbation de l'homéostasie calcique neuromusculaire des abeilles et effets topiques différentiels.

14h00 : **Anaïs Garnier** : Effet d'expositions chroniques à des pesticides lors du développement larvaire et adulte sur la physiologie et les traits d'histoire de vie de l'abeille domestique

14h15 : **Hanine Almasri** : Alteration of survival and oxidative balance induced by subchronic exposure of overwintered honeybees to insecticide, fungicide and herbicide combinations

14h30 : **Coline Monchanin** : Effects of metallic trace-elements on honey bee behavior: from the colony to the brain

14h45 : **Théotime Colin** : Effets d'insecticides et acaricides sur la dynamique des colonies d'abeilles

15h00 Pause café

Session : Reproduction/Génétique

15h30 : **Claudie Doums** : Population and colony genetic structure of two remnant Spanish populations of the Mediterranean ant *Cataglyphis pilliscapa*

15h45 : **Alexandre Kuhn** : Evolution répétée de l'hybridogenèse sociale chez les fourmis *Cataglyphis*

16h00 : **Basile Finand** : Sélection sexuelle et isolement reproducteur chez les fourmis *Cataglyphis cursor* et *C. piliscapa*

16h15 : **Marion Cordonnier** : Multiple mating and sexual selection in the context of interspecific hybridization between two ant species

16h30 : **Isaac Planas-Sitjà** : A spatially-explicit model sheds new light on the evolution of ant reproductive strategies

16h45 : Clôture du comité d'organisation

16h50 - 17h30 : Assemblée Générale de l'UIEIS – Section Française

Présentations orales

Conférence plénière

Impacts of globalisation on ant invasions

Cleo BERTELSMEIER

Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne, Suisse

Since the Industrial Revolution, increased international trade and human movements have resulted in the accidental movement of many species worldwide at an unprecedented level. This ongoing movement of species has brought about the breakdown of biogeographic boundaries that have historically limited the distributions of organisms and some of these species become invasive. Ants are among the most prominent groups of invasive species and can cause a wide range of impacts on native biodiversity, agriculture, infrastructure and health. My previous work includes an exhaustive study of all 241 introduced ant species. We have shown that their spread at a global scale has been greatly influenced by major events in recent history, in particular two waves of globalization of international trade. The first wave starts in the mid-19th century until 1914, a period during which international exchanges have multiplied before declining with World War I, the great economic depression of 1929 and World War II and the second wave has started in the 1970s. This relation, so far ignored by the literature on invasion biology, demonstrates the tight link between globalization and the spread of invasive species. The extent to which species benefitted from human-mediated transport during the two globalization waves also depended on the species' biological characteristics. We were able to identify a suite of ecological traits that made long-distance transport particularly likely. Together, the information on the species' past spread dynamics and ecological traits allowed to pinpoint a set of emergent invaders for which the current wave of globalization has opened new opportunities and which are likely to spread further. In another study, we found that most introductions arise through secondary transport (i.e., not from the native range but from another part of the invaded range). We could also show that the high frequency of secondary transport leads to a positive feedback loop between the introduction and establishment stages of the invasion process, whereby "invasion begets invasion", acting as a critical driver of steeply rising global invasion rates. Understanding how precisely ongoing globalization shapes the worldwide introduction of invasive species holds potential to predict future invasions and design actions to mitigate their environmental impacts.

- Bertelsmeier, C. et al. (2018) Recurrent bridgehead effects accelerate global alien ant spread.
Proc. Natl. Acad. Sci. USA 115, 5486–5491
- Bertelsmeier, C. and Keller, L. (2018) Bridgehead Effects and Role of Adaptive Evolution in
Invasive Populations. Trends Ecol. Evol. 33, 527–534
- Bertelsmeier, C. et al. (2017) Recent human history governs global ant invasion dynamics.
Nature Ecol. Evol. 1, 0184

Individual and population effects of the invasive Argentine ant in native bird species at Doñana National Park

Elena ANGULO, Juli BROGGI, Paloma ÁLVAREZ-BLANCO, Xim CERDÁ

Estación Biológica de Doñana (CSIC), Séville, Espagne

The Argentine ant (*Linepithema humile*) is one of the five ants on the list of the world's 100 worst invaders. It has striking success in Mediterranean ecosystems across almost all continents. It is an extremely aggressive species and tends to replace all other native species of ants, forming impressive colonies that spread over enormous areas. It alters ecosystem processes and its impacts also ripple up to higher trophic levels. The effects on vertebrate species are mostly indirect, such as modifying species interactions and/or resource availability. Some direct effects (e.g. aggressive interactions) have been detected. A few studies have suggested that the Argentine ant may occasionally prey on nestlings of ground-nesting birds. Here, we studied the effects of the Argentine ant on the reproduction of native bird species at the Doñana National Park (Spain) at two different ecological scales: at a population level, the Argentine ant could alter demographic aspects such as reproduction rates. At an individual level, the negative effects of the Argentine ant can influence the physiology and ultimately the behaviour of the native species. We focus in two models. First, along more than ten years we followed a pervasive wading bird breeding colony, which included three main species: the Eurasian spoonbill, *Platalea leucorodia*, the white stork, *Ciconia ciconia*, and the grey heron, *Ardea cinerea*. We evaluated whether the presence of the Argentine ant was related to the number of bird nests and the production of chicks. Second, along five years we followed the nest box occupation and breeding success of a passerine bird species, the great tit, *Parus major*. Moreover, we analysed whether breeding in an invaded site could affect not only biometric measurements, but also several physiological plasma metabolites related to the oxidative balance and nutritional condition. Our results show for the first time that the presence of the Argentine ant influences both the physiology and the reproduction of the studied native breeding birds. The Argentine ant seemed to affect negatively nestling by reducing the size and the nutritional state of chicks and increasing their oxidative stress. Since both study scales are integrated, the effects on individual physiological state can have an influence at larger scales such as their populations, and even species interactions and ecosystems.

Impact du réchauffement climatique sur les fourmis et leur interactions mutualistes avec les pucerons

Solène BLANCHARD^{1,2}, Julie VAN OFFELEN¹, François VERHEGGEN², Georges LOGNAY², Claire DETRAIN¹

¹ Ecologie Sociale, C.P. 231, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique

² Entomologie Fonctionnelle et Evolutive, Gembloux Agro-BioTech, Gembloux, Belgique

D'après les derniers rapports de l'IPCC, la hausse moyenne de la température à la surface de la terre pourrait atteindre +3°C en 2100, en considérant les scénarios communément envisagés, et jusqu'à 6°C dans les cas extrêmes. La hausse moyenne de la température a un impact sur les organismes poikilothermes tels que les fourmis, notamment en augmentant leur mobilité, ce qui pourrait influencer leurs interactions avec d'autres organismes. Nous émettons ici l'hypothèse que la hausse des températures prévue d'ici la fin du 21e siècle impactera le taux d'interactions mutualistes entre la fourmi *Lasius niger* et le puceron *Aphis fabae*. Pour cela, nous avons quantifié pendant huit heures les comportements d'exploration et d'exploitation des pucerons par des fourmis issues de 9 colonies distinctes, sous trois températures : 20°C, 23°C et 26°C. Sous les températures plus élevées, les fourmis étaient plus mobiles et les flux vers et depuis les colonies de pucerons plus importants. Des suivis individu-centrés ont révélé que les fourmis effectuent des antennations et stimulent les pucerons plus fréquemment et pour de plus longues durées sous des températures élevées. En outre, ces épisodes d'antennations impliquent un plus grand nombre de fourmis, qui récoltent en fine plus de miellat à l'échelle de la colonie à 23°C qu'aux deux autres températures. Dans la gamme de valeurs testées, la hausse de température semblerait donc favoriser et renforcer l'interaction existante entre pucerons et fourmis. De nouvelles expérimentations sont en cours pour déterminer comment ces mêmes interactions sont influencées par un autre facteur primordial du changement climatique, la concentration en dioxyde de carbone. Une grande attention sera aussi accordée à la quantité produite et à la qualité du miellat de pucerons, afin de préciser le bénéfice nutritif apporté aux fourmis sous ces différentes conditions environnementales.

Résistance physiologique à la chaleur chez les fourmis désertiques

Rémy PEREZ

Evolution Biologique et Ecologie, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique

Contrairement à la majorité des organismes occupant dans les régions désertiques, certaines espèces de fourmis ne sortent qu'aux heures les plus chaudes de la journée. Les genres *Cataglyphis*, *Ocymyrmex* et *Melophorus* comprennent les espèces d'insectes parmi les plus thermophiles. Malgré leur distance phylogénique et géographique importante, ces trois genres présentent de nombreuses similitudes morphologiques, comportementales et physiologiques. Ces fourmis se nourrissent principalement d'autres Arthropodes ayant succombé au stress thermique. Les ouvrières fourmis sont hautes sur pattes relativement à leur taille, ce qui maximise la distance du corps avec le sol brûlant et permet d'atteindre une vitesse de course élevée. Enfin, de récentes études ont montré l'importance d'une production constitutive et induite élevée de protéines de choc thermique (Hsp) dans le genre *Cataglyphis*. Nous avons comparé la réponse au stress thermique des 3 espèces de fourmis les plus thermophiles connues à ce jour : la fourmi argentée du Sahara *Cataglyphis bombycinus*, la fourmi du Namib *Ocymyrmex robustior* et la fourmi pot à miel rouge d'Australie *Melophorus bagoti*. A cette fin, nous avons (1) déterminé la capacité de tolérance thermique des ouvrières, (2) mesuré les niveaux constitutifs d'Hsp70 par Western blot dans des conditions normales ou stressantes, et (3) réalisé une étude de transcriptomique (RNA-seq) afin d'identifier les gènes difféntiellement exprimés lors d'un stress thermique. Nos résultats montrent que les espèces vivant dans les régions plus chaudes possèdent une capacité de tolérance thermique plus élevée. Les résultats du Western blot et de transcriptomique suggèrent que les espèces des déserts stricts possèdent une expression constitutive d'Hsp70 élevée et une convergence fonctionnelle quant aux gènes difféntiellement exprimés lors d'un stress thermique intense. La fonction mitochondriale semble être particulièrement sujette à cette protection accrue, suggérant l'importance de préserver un métabolisme élevé en lien avec l'activité physique intense de fourrageage de ces insectes dans des conditions torrides.

Les fourmis granivores : ingénieurs des écosystèmes de pelouses semi-naturelles méditerranéennes.

Tania DE ALMEIDA^{1,2}, François MESLEARD^{1,2}, Thierry DUTOIT¹, Olivier BLIGHT¹

¹ Institut Méditerranéen de Biodiversité et Ecologie, Avignon Université, CNRS-IRD, IUT Avignon, France

² Institut de Recherche de la Tour du Valat, Le Sambuc, Arles, France

Les pelouses semi-naturelles, bien que possédant une importante biodiversité, ont vu leur surface diminuer considérablement depuis la seconde moitié du 20e siècle ; leur conservation et leur restauration sont alors devenues un défi majeur. Dans ces écosystèmes, les fourmis peuvent agir en tant qu'ingénieurs des écosystèmes, influençant de manière positive ou négative la qualité du sol, la structuration et la productivité de la communauté végétale, les invertébrés du sol ainsi que les communautés microbiennes. Cependant, leurs impacts sur ces différents compartiments de l'écosystème n'ont jamais été pris en compte simultanément au sein d'une même étude. Afin d'approfondir les connaissances sur le rôle des fourmis dans les prairies méditerranéennes et leur rôle potentiel dans leur maintien, *Messor barbarus*, l'une des espèces de fourmis granivores les plus répandues dans cet environnement, a été étudiée. Dans une pelouse semi-naturelle, située au sud-est de la France dans la réserve naturelle régionale de Camargue, nous avons sélectionné au hasard 30 nids du même âge et 30 zones contrôle (sans signe d'activité de fourmis). En 2018, nous avons analysé les paramètres physico-chimiques du sol, la végétation en surface (richesse spécifique, communauté végétale, hétérogénéité micro-locale, biomasse végétale) et la faune du sol (macrofaune, collemboles, acariens et nématodes). Nos résultats montrent que *M. barbarus* a un impact positif sur l'ensemble de ces compartiments. Les fourmis granivores, de par leurs actions physiques sur le sol lors de la construction du nid ou par l'apport de graines et de débris végétaux au sein de leurs zones d'activité, modifient, directement ou indirectement, les propriétés physiques et chimiques du sol, l'hétérogénéité micro-locale des plantes ainsi que la composition et l'abondance de la faune du sol (macro, méso et microfaune). Nous discutons alors de la place des fourmis granivores au sein des pelouses méditerranéennes et de leurs rôles potentiels pour la structuration et le maintien de celles-ci ainsi que pour la restauration des sites dégradés.

***Messor barbarus* : une fourmi ingénieure de la restauration des pelouses méditerranéennes**

Tania DE ALMEIDA^{1,2}, Olivier BLIGHT¹, François MESLEARD^{1,2}, Thierry DUTOIT¹

¹ Institut Méditerranéen de Biodiversité et Ecologie, UMR CNRS-IRD, Avignon, France

² Institut de Recherche de la Tour du Valat, Le Sambuc, Arles, France

Située dans le sud-est de la France, la plaine de la Crau est un écosystème steppique unique en France. En 2009, cinq hectares de cette Réserve Naturelle Nationale ont été dégradés par une fuite d'hydrocarbure. Afin de restaurer cette surface, 72 000 tonnes de sol identique y ont été transférées. En 2011, après trois années de suivi de la végétation n'ayant pas montré une restauration intégrale de celle-ci ; des reines fondatrices de *Messor barbarus* (Formicidae) ont été transplantées afin d'accélérer la restauration. Sept ans après leur introduction, une évaluation de l'efficacité de cette technique de restauration a été réalisée pour les compartiments du sol et de la végétation. Pour cela, des relevés de végétations, des analyses de la banque de graines, ainsi que des analyses physico-chimiques du sol ont été effectués entre 2017 et 2018 dans des zones avec et sans activités de fourmis. Nos résultats montrent que la présence de colonies matures de *M. barbarus* a eu un impact positif sur la quantité de nutriments présents dans le sol au sein de la zone à restaurer. De plus, bien que la végétation exprimée *in-situ* au sein de la zone à restaurer ne soit toujours pas totalement identique à celle de la steppe ; la richesse spécifique, la biomasse végétale ainsi que le pourcentage de recouvrement de la végétation ne montrent cependant plus de différences significatives entre la steppe et les nids de fourmis de la zone en cours de restauration. Par ailleurs, dans cette même zone, la banque de graines au niveau des nids de fourmis est plus proche de la steppe (nids et zones contrôles) en termes de composition, d'abondance et de richesse spécifique que de la zone contrôle. *Messor barbarus* donc bien eu un impact positif pour la restauration des sols et de la pelouse méditerranéenne. Cette étude devra cependant être poursuivie dans les années à venir pour mesurer, notamment, l'évolution de la structuration de la communauté végétale au sein de la zone en cours de restauration.

Raphaël Boulay: In Memoriam (1973-2018)

Xim CERDA

Estacion Biologica de Doñana, CSIC, Seville, Espagne

Hommage à Raphaël Boulay, décédé le 27 juin 2018.

Manipulation de la diversité morphologique des ouvrières des colonies de la fourmi *Temnothorax nylanderi* et conséquences sur la valeur sélective en milieu naturel

Romain HONORIO¹, Mathieu MOLET¹, Claudie DOUMS²

¹ Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement, Paris, France

² Institut de Systématique Evolution Biodiversité, Paris, France

Les ouvrières peuvent présenter un fort polymorphisme ou bien avoir une variation de taille plus continue. La diversité de taille à l'intérieur d'une colonie est supposée optimiser la division du travail et ainsi augmenter la valeur sélective des individus. Cependant, cela a été essentiellement étudié via des approches corrélatives et les interprétations ne font pas consensus. De plus, une étude a récemment montré que la réduction de la diversité de taille des ouvrières des colonies de la fourmi *Temnothorax nylanderi* n'affectait pas les performances des colonies en laboratoire. Nous avons donc voulu quantifier l'impact de la variation morphologique des ouvrières sur la productivité coloniale. Pour cela, nous avons manipulé la diversité de taille des ouvrières de 80 colonies de *T. nylanderi* et mesuré les conséquences de cette manipulation en milieu semi-contrôlé durant une saison de reproduction. Quatre traitements ont été effectués : soit un retrait de 50% des petites ouvrières, soit un retrait de 50% des grandes ouvrières, soit un retrait de 25% de grandes et 25% de petites ouvrières, soit un retrait aléatoire de 50% des ouvrières servant de contrôle. La valeur sélective des colonies a été mesurée par ses trois composantes, à savoir la survie, la croissance (nombres d'ouvrières) et la fécondité (nombre d'individus reproducteurs). Cette étude a ainsi permis de quantifier les bénéfices associés à la diversité de taille intra-coloniale, et de discuter en quoi la production d'individus variant en taille est adaptative. Dans le cas contraire, en l'absence d'avantages, nous mettrions en exergue que la taille des ouvrières pourrait être issue d'une canalisation développementale relâchée, autorisée par la vie en société. Quel que soit le résultat obtenu, cette étude permet également d'améliorer les connaissances sur les mécanismes générateurs de diversité morphologique au sein des espèces de fourmis.

Contribution of the social environment to stress adaptation in the acorn ant *Temnothorax nylanderi*

Lauren JACQUIER^{1*}, Romain HONORIO^{1*}, Romain PERONNET¹, Claudie DOUMS², Mathieu MOLET¹

*co-premier auteurs

¹ Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement, Paris, France

² Ecole Pratique des Hautes Etudes, Paris, France

Many studies focus on how species can cope with human induced environmental changes through migration or adaptation. However, most work deals with solitary species. How social life, especially eusociality, impacts adaptation to environmental changes remains largely unknown. We previously showed that urban colonies of the acorn ant *Temnothorax nylanderi* are less negatively affected by Cadmium, a trace metal pollutant, than forest colonies (Jacquier et al, in prep). Here, we aim at quantifying the relative contribution of intrinsic larval factors (maternal and genetic) and extrinsic social factors (e.g. social attenuation of environmental variation) to this differential response. We collected urban and forest colonies and we set up a cross-fostering experiment whereby urban colonies reared forest larvae and forest colonies reared urban larvae (associated with controls). We then kept colonies under stressful (Cadmium-supplemented food) or control condition. Newly born workers that had developed from larvae were collected, measured (head width, a proxy of the body size), and the duration of their development was recorded. We also measured colony-level traits such as worker and larval mortality rates. If intrinsic larval factors were the only determinant of the differential response, then larvae from the same habitat should express the same traits regardless of the workers habitat (urban or forest). This situation where individuals determine their own phenotype is classic and found in all solitary species. If extrinsic social factors were the only determinant of the differential response, then larvae from the same habitat should express different traits depending on the habitat of their rearing workers. We expect to find an influence of both determinants. To our knowledge, this is the first study that investigates how sociality can enhance or hinder adaptation to environmental changes. Given the ecological and economical importance of social species, this combined individual and group contribution to adaptation should be explored further.

Comment la structure de la fourmilière façonne les comportements collectifs ?

Oscar VAES¹, Andrea PERNAL², Claire DETRAIN¹

¹ Service d'Écologie Sociale, Département de Biologie des Organismes, Université Libre de Bruxelles, Belgique

² Life Sciences, University of Roehampton, Londres, Grande Bretagne

Au sein de la fourmilière, le réseau d'interactions entre les différentes ouvrières structure la propagation de l'information et dès lors l'apparition des comportements collectifs. Étant donné que ce réseau est physiquement restreint par la structure du nid, il est intéressant d'étudier l'influence qu'a la topologie du nid sur l'apparition des comportements collectifs d'une fourmilière. Nous avons laissé des colonies de la fourmi rouge, *Myrmica rubra*, occuper trois nids dont les topologies variaient uniquement par l'agencement d'un même nombre de loges, générant ainsi de la variabilité dans le degré de connectivité ainsi que dans la distance relative des loges à l'entrée du nid. Nos résultats montrent que la topologie du nid influence l'occupation spatiale du nid par les ouvrières et la reine. En effet, une occupation plus importante et plus homogène du nid est favorisée dans une structure comprenant une loge centrale hautement connectée. À l'opposé, dans un nid composé d'une série de loges successives, nous observons un gradient d'occupation décroissant partant de l'entrée du nid. Le choix d'une loge par la reine est majoritairement influencé par le nombre d'ouvrières présentes avec une nette préférence pour les loges hautement peuplées. Nous avons ensuite comparé l'efficacité du recrutement alimentaire entre les différentes structures de nid. De façon surprenante, la topologie comprenant le hub central très connecté, ne favorise pas une mobilisation plus élevée d'ouvrières. En revanche, la topologie dont la loge d'entrée est la plus connectée semble favoriser la mobilisation des ouvrières suite à l'arrivée de recruteuses. Finalement, le nid composé d'une série de loges successives permet un recrutement important d'ouvrières mais seulement après plusieurs minutes. De manière générale, la diffusion du signal de recrutement est principalement influencée par les propriétés de la loge d'entrée et des loges qui y sont directement connectées, plutôt que de l'entièreté de la topologie du nid. Ce travail confirme l'importance de la structure du nid sur l'organisation spatiale des ouvrières et suggère l'influence de sa topologie sur les comportements collectifs de la fourmilière.

Unbalanced biparental care during colony foundation in two subterranean termites

Lou BROSSETTE¹, Joël MEUNIER¹, Simon DUPONT¹, Anne-Geneviève BAGNERES^{1,2}, Christophe LUCAS¹

¹ Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (UMR7261), CNRS, Université de Tours, France

² CEFÉ, CNRS UMR5175, Univ. Montpellier, Univ. Paul Valéry Montpellier 3, EPHZ, IRD, France

Parental care is a major component of reproduction in social organisms, particularly during the foundation steps. Because investment into parental care is often costly, each parent is predicted to maximize its fitness by providing less care than its partner. However, this sexual conflict is expected to be low in species with lifelong monogamy, because the fitness of each parent is typically tied to the other's input. Somewhat surprisingly, the outcomes of this tug-of-war between maternal and paternal investments have received important attention in vertebrate species but remain less known in invertebrates. In this study, we investigated how queens and kings share their investment into parental care and other social interactions during colony foundation in two termites with lifelong monogamy: the invasive species *Reticulitermes flavipes* and the native species *R. grassei*. Behaviors of royal pairs were recorded for six months using a non-invasive approach. Our results showed that queens and kings exhibit unbalanced investment in terms of grooming, antennation, trophallaxis and vibration behavior. Moreover, both parents show behavioral differences towards their partner or their descendants. Our results also revealed differences among species, with *R. flavipes* exhibiting shorter periods of grooming and antennation towards eggs or partners. They also did more stomodeal trophallaxis and less vibration behavior. Overall, this study emphasizes that despite lifelong monogamy, the two parents are not equally involved in the measured forms of parental care and suggests that kings might be specialized in other tasks. It also indicates that males could play a central, yet poorly studied role in the evolution and maintenance of the eusocial organization.

Filial egg consumption in the European earwig

Sophie VAN MEYEL, Joël MEUNIER

Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (UMR7261), CNRS, Université de Tours, France

Partial filial egg consumption is commonly considered as an adaptive strategy, as it allows parents to re-allocate their resources into future reproduction if the value of their current clutch and/or their own quality suddenly diminishes. In this study, we investigated filial egg consumption strategy in the European earwig *Forficula auricularia*. In this subsocial insect, females produce clutches of 5 to 70 eggs and consume a part of their clutches during the extended period of egg care. However, it remains unclear whether such a filial egg consumption is promoted in females exhibiting a low body condition, whether it does provide benefits to the recipient females and finally, whether it consists in a pre-egg-laying strategy, *i.e.* females produce more eggs to subsequently eat them, or in a post-egg-laying strategy, *i.e.* females adapt their level of cannibalism to the number of eggs present in the clutch. To address these questions, we conducted a cross-fostering experiment in which females were given a full clutch of unrelated eggs that was either of smaller, similar or larger size ($\pm 70\%$ changes in clutch size) and then measured the effect of clutch size, female body condition and cost of egg care on filial egg consumption. According to the re-allocation of resources strategy, we predict that (i) mothers in low body condition are more likely to consume eggs, (ii) egg consumption increases with the number of eggs produced and not received (*i.e.* pre egg laying strategy) and finally, that (iii) cannibalism provide direct benefits to mothers by allowing to re-allocate resources into future reproduction. Our preliminary results reveal that egg consumption does not reflect female body condition and their egg laying number. Instead, it depends on the number of eggs received by the female. We also found that egg consumption increased females' investment into second clutch. Overall, these findings suggest that filial egg cannibalism is a post-egg-laying strategy and questions the factors driving its co-evolution with the expression of multiple and extended forms of egg care in this species.

Effect of pollen extract supplementation on the varroatosis tolerance of honey bee (*Apis mellifera*) larvae reared in vitro

Vincent PIOUS¹, Jérémie TABART², Jean-Louis HEMPTINNE³, Angélique VETILLARD¹

¹ Laboratoire Evolution et Diversité Biologique, INU Champollion, Albi, France

² INU Champollion, Albi, France

³ Laboratoire Evolution et Diversité Biologique, Toulouse, France

As the main source of lipids and proteins in honey bees, pollen is a major nutrient provider involved in development and health and has been studied for tolerance stimulation against pathogens and parasites. In the case of *Varroa destructor* (Acari, Mesostigmata) parasitization, the lack of a complete laboratory system to rear both the bee larva and the acarian parasite limited the studies concerning larval nutrition effects on the bee tolerance and resistance against varroatosis. Due to the development of this complete rearing protocol, we managed to feed young honey bee larvae with pollen supplemented solutions and to study the effect on their later development under parasitism conditions. In our experimental conditions, pollen influences neither the deformity rate, nor the survival of bees both parasitized and unparasitized. However, pollen extract supplementation seems to significantly impact the weight of the spinning bee larvae without having an effect on the physiological weight loss during pupation, so the differences found at the larval stage remain the same as at emergence. *Varroa* has a deleterious effect on bee pupae and led to a steady increase of the physiological weight loss experienced during metamorphosis. Interestingly, this ponderal loss associated with *Varroa* parasitization seems to be reduced in the polyfloral pollen supplementation condition. Altogether, this work is to our knowledge the first to study the impact of larval nutrition in laboratory conditions on the tolerance to parasitism. A diverse pollen diet may be beneficial to their tolerance of a *V. destructor* parasitism.

Ecologie nutritionnelle : comment les colonies de bourdons ajustent leur collection de sucres, protéines et lipides à la présence de couvain

Stéphane KRAUS, Tamara GOMEZ-MORACHO, Cristian PASQUARETTA,
Gérard LATIL, Audrey DUSSUTOUR, Mathieu LIHOREAU

Centre de Recherche sur la Cognition Animale, UMR CNRS 5169, Toulouse, France

Au cours des 10 dernières années, les progrès en écologie nutritionnelle ont montré que les animaux (y compris l'homme) choisissent leurs sources de nourritures de manière très précise afin d'acquérir certains nutriments en quantité et balances qui maximisent le développement, la survie ou la reproduction. Chez les abeilles sociales, ces décisions nutritionnelles sont à la base du comportement de butinage qui implique de visiter quotidiennement de nombreuses fleurs dont le nectar et/ou pollen peuvent grandement varier en quantité et qualité nutritionnelle (composition en nutriments). Ici, nous avons réalisé une série d'expériences qui visent à comprendre comment les bourdons (*Bombus terrestris*) régulent leur collecte de nectars et pollens artificiels afin d'adresser leurs besoins nutritionnels individuels ainsi que ceux des autres membres de la colonie (ouvrières non butineuses et larves). Grâce aux concepts de la géométrie nutritionnelle, nous avons mis en évidence que 1) les butineuses ajustent leur collecte de carbohydrates, protéines et lipides à des valeurs cibles qui varient en fonction de la composition de la colonie ; 2) toute incapacité à faire ceci a des conséquences directes sur la physiologie et le comportement des bourdons, pouvant, à terme, affecter la dynamique de la colonie. Nos travaux, réalisés en laboratoire, ouvrent de nouvelles perspectives pour mieux comprendre les décisions de butinage des insectes pollinisateurs en milieu naturel et leur action de pollinisation.

Comment les bourdons se partitionnent les ressources dans l'espace : une analyse théorique.

Thibault DUBOIS, Cristian PASQUARETTA, Jacques GAUTRAIS, Mathieu LIHOREAU

Centre de Recherches sur la Cognition Animale, Centre de Biologie Intégrative ; CNRS, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.

Les abeilles sociales, tels que les bourdons, doivent exploiter une multitude de ressources florales à partir d'un nid fixe. Au niveau individuel, des expériences en conditions simplifiées indiquent que les butineuses tendent à développer des routes stables et quasi optimales pour visiter un petit nombre de patches connus sur la base de l'apprentissage et de la mémoire. Est-ce que ces comportements individuels sont observés en conditions naturelles, lorsque plusieurs butineuses exploitent un même site, est une question non résolue et difficile à tester expérimentalement. Ici, nous avons adressé cette question de manière théorique par l'utilisation d'un modèle individu-centré implémentant des règles spatiales individuelles tirées de la littérature. Notre exploration du modèle indique qu'une répartition efficace des ressources entre deux butineuses peut émerger naturellement à partir de règles individuelles d'optimisation de route. La compétition par exploitation (lorsqu'un individu trouve une fleur préalablement vidée par un autre) semble être le moteur principal de la ségrégation spatiale lorsqu'elle est possible. La compétition par interférence (lorsque deux individus interagissent sur une même fleur) n'augmente que marginalement le niveau de ségrégation. Notre modèle constitue un outil mécanistique prometteur pour générer des prédictions et guider de futures expériences sur le comportement de butinage des abeilles et le processus de pollinisation.

Nutritional tolerance in ants: a comparative approach

Damien GERGONNE¹, Lina PEDRAZA¹, Jürgen HEINZE¹, Audrey DUSSUTOUR²,
Abel BERNADOU¹

¹ Zoology / Evolutionary Biology, University of Regensburg, Germany

² Research Centre on Animal Cognition, CNRS, Université de Toulouse, France

The transition from small to large insect colonies has set a number of important changes at both the individual (e.g. workers miniaturization and ovaries reduction) and group level (e.g. an evolution of chemical communication). While many aspects of the complexity of ant colonies are well documented, the changes in the use of nutrients during social transition are still little understood. It is commonly assumed that queens rely on proteins to lay eggs while workers use mostly carbohydrates to fuel their daily activities. Ants feed on a wide variety of food sources; however, most studies to date say nothing about the association between diet composition and colony complexity. We therefore used the framework of nutritional geometry to determine the effect of different food regimes on the longevity of workers across different ant species. Specifically, we tested the hypothesis that “cheaper” workers (*sensu* Peeters and Ito, 2015) have moved away from protein diet and are therefore more tolerant to carbohydrates. Workers from different species, differing in their colony size and/or in their capacity to reproduce, were isolated in Petri dishes on artificial diets, varying in their composition of protein to carbohydrate ratios. The mortality rate on each diet was recorded every day. We find that each species has its own optimal diet. We are now investigating the link with colony complexity and worker “cheapness”.

Allocation des ressources lors de la fondation de nouvelles colonies par fission. Résultats préliminaires d'une approche de modélisation multi-agents

Thibaud MONNIN

Institut d'Écologie et des Sciences de l'Environnement de Paris UMR 7618, Sorbonne Université, Paris, France

Le nombre et la taille des descendants produits par une espèce répondent à un compromis évolutif entre capacités de colonisation et de compétition et sont des traits d'histoire de vie fondamentaux. Chez les insectes sociaux, les descendants sont une jeune reine solitaire (fondation indépendante) ou une nouvelle colonie formée d'une jeune reine et d'ouvrières (fondation dépendante). Peu de données existent sur la stratégie suivie par une colonie mature pour allouer ses ressources à ses descendants, et celles concernant la fondation dépendante reposent sur des espèces ayant des traits d'histoire de vie inhabituels (abeille domestique, fourmis légionnaires). Une modélisation multi-agents est utilisée pour générer des hypothèses sur les règles d'allocation des ressources. Elle est basée sur la biologie de *Cataglyphis piliscapa*, une fourmi thermophile qui se reproduit par fondation dépendante et chez laquelle une colonie mature se divise en moyenne en 4 colonies, qui peuvent être de tailles égales ou très différentes (Lenoir et al 1988, Chéron et al 2011, Cronin et al 2012). Cette espèce n'utilise pas de piste chimique. Les fourrageuses transportent tous les autres membres de la colonie vers les colonies nouvellement formées. Le modèle simule la stratégie de décision la plus simple possible, dans laquelle les fourrageuses allouent les ressources indépendamment les unes des autres, sans aucune communication. Les résultats préliminaires permettent de comparer les patrons d'allocation des ressources générés par le modèle et observés en nature. Ils suggèrent que si les sites possibles d'établissement de nouvelles colonies sont suffisamment peu nombreux et/ou suffisamment différenciés en termes de qualité, une bonne capacité des fourrageuses à les identifier et évaluer suffit à générer des patrons d'allocation comparables à ceux observés en nature. L'allocation des ressources entre nouvelles colonies dépend des contributions indépendantes des fourrageuses à la formation de chaque nouvelle colonie, de sorte que si elles diffèrent dans leur choix de nombreuses nouvelles colonies sont formées et varient relativement peu en taille, tandis que si elles font (indépendamment) le même choix quelques colonies seulement sont formées qui varient notablement en taille, comme observé en nature.

Chéron et al 2011 Ecology 92:1448-1458
Cronin et al 2012 Oecologia 168:361-336
Lenoir et al 1988 Psyche 95:21-44

An integrative ecological and genetical framework reveals the feeding behaviour of a Neotropical termite

Simon HELLEMANS¹, Martyna MARYNOWSKA², Thomas DROUET³, Gilles LEPOINT⁴, Denis FOURNIER¹, Magdalena CALUSINSKA², Yves ROISIN¹

¹ Evolutionary Biology & Ecology, Université Libre de Bruxelles, Belgique

² Environmental Research and Innovation Department, Luxembourg Institute of Science and Technology, Belvaux, Luxembourg

³ Laboratoire d'Écologie Végétale et Biogéochimie, Université Libre de Bruxelles, Belgique

⁴ Laboratory of Oceanology-MARE, FOCUS UR, University of Liège, Belgique

The Neotropical termite *Cavitermes tuberosus* (Termitidae: Termitinae) is a broad-spectrum inquiline inhabiting the nests of several arboreal species, whether they are still inhabited by their builder, or not. Field observations revealed that this species does not seem to forage outside the nest. Our aim was to investigate whether *C. tuberosus* actually feeds on the nest itself. We analysed nest materials as well as termite tissues from this inquiline and its hosts by using an integrative framework combining ecological data, stable isotopic ratios and Illumina MiSeq sequencing of the bacterial 16S rRNA gene. Our results show that (i) nests inhabited by *C. tuberosus* display a different physico-chemical composition when compared to nests inhabited by its builder alone; (ii) stable isotopic ratios suggest that *C. tuberosus* feeds on microbial-processed, more humified, nest organic matter; (iii) the gut microbiota clusters by termite species, with the one of *C. tuberosus*, being much more diverse, and highly similar to the one of its main host, *Labiotermes labralis*; and (iv) a significant proportion of bacteria in the nest have the potential to fix atmospheric nitrogen. These results support that *C. tuberosus* is a generalist nest-feeder whose ecological success may be explained from its adaptability to several hosts.

Conférence plénière

The spread of *Vespa velutina*, the invasive predator of honeybees in Europe: expansive research is required to improve its control

Denis THIERY¹, Célia BORDIER¹, Karine MONCEAU²

¹ UMR INRA 1065 Save, INRA Nouvelle Aquitaine, France

² Université de la Rochelle, UMR CNRS 7372, Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, France

Hornets and more generally Vespids are efficient invaders. In 2004, one single female of the yellow-legged hornet was accidentally introduced into France, close to Agen (southwest France). During the first three years the threat and the expected consequences were probably not well considered. Currently, most of the French territory is colonized, as well as a large part of Portugal, Italy and the northern part of Spain, including the Baleares islands. *Vespa velutina* crossed the Channel and reached Great Britain three years ago, and there is no foreseeable reason why the hornet will not further expand towards eastern and northern Europe (e.g. The Netherlands and Germany). Single females (queens) are responsible for the large colonies (up to several thousand individuals) found in nests made of paper and characterized by a dual feeding requirement (carbohydrates for adults, animal proteins for larvae). The large number of workers and males produced during the spring, summer and autumn requires a great amount of protein mainly found by preying on honeybees. Several French regions suffer from high hornet populations, e.g. all of the Southwest, but also the Southeast around Nice. Britany and now Normandy and Paris have shown rapid increases in this pest population. As an example, in the two departments Gironde and Manche, over 9000 nests were destroyed in 2018 (only those registered) and up to 12 and 16 nests per km² were recorded close to Bordeaux and Granville, respectively. The threat to beekeeping now appears obvious, with estimates of over 30% colony loss for beekeepers who do not displace their hives.

Like in most biological invasions, the alien species is introduced with no or very few natural enemies and natural regulation takes time. In most cases, the lack of scientific or practical knowledge of these recently introduced species makes it difficult to adapt efficient control strategies. In the last 13 years, some labs have initiated research in diverse fields: population genetics to understand the invasion history, behavioural ecology and chemical ecology coupled with brain neurobiology, reproductive biology, mathematical modeling to predict the expansion risks, microbiology, such as the recent characterization of deformed wing viruses or entomopathogenic fungi, and research on parasites. Linked to the hornet's geographical spread, research efforts are also expanding, with an increase in significant research projects and the number of peer reviewed publications, around 10 in 2005, and now approaching 100.

Assuming that eradication is no longer possible, the control of the *V. velutina* population is the only way to limit the impact on honeybees. Energy should now be placed on systematic nest destruction and apiary protection. Regarding the historical examples of vespid biological invasion in New Zealand and Australia, for instance, innovative approaches should be developed including tracking techniques and biological control agents. Focusing effort on the behaviour of honeybees may also prove to be of interest as some colonies are capable of self-defense.

The invasive hornet *Vespa velutina* carries both honey bee viruses and new viruses

Anne DALMON^{1,2}, Philippe GAYRAL³, Damien DECANTE^{2,4}, Christophe KLOPP⁵, Diane BIGOT^{3,6}, Maxime THOMASSON^{1,2}, Elizabeth HERNIOU³, Cédric ALAUX^{1,2}, Yves LE CONTE^{1,2}

¹ INRA, UR406 Abeilles et environnement, Avignon, France

² UMT PRADE, Avignon, France

³ Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UMR 7261, CNRS, Université de Tours, France

⁴ ITSAP, Avignon, France

⁵ INRA, Unité MIAT Mathématiques et Informatique Appliquées, Auzeville, France

⁶ General Zoology, Institute for Biology, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Halle, Germany

Since its first introduction in 2004 in France the Asian yellow-legged hornet *Vespa velutina nigrithorax* is now largely spreading into Europe, by lack of efficient control methods. In this context, looking for natural hornet pathogens could be useful to develop biological control agents against this invasive species. Therefore, we investigated all RNA viral sequences detected from hornets samples caught in Southern France, in order to characterize any virus from asymptomatic or symptomatic hornets differentiating various dissected parts (brain, muscle, abdomen). Among almost twenty viruses detected in three RNA sequenced hornets, Deformed wing virus B was shown to be predominant in all samples, and much higher in the muscle from symptomatic individual, suggesting a putative cause of the deformed wings symptoms. Complete genomes of Acute bee paralysis virus (ABPV, Dicistroviridae, Aparavirus) and Black queen cell virus (BQCV, Dicistroviridae, Triatovirus) were found in the intestine, and multiplex PCR detection confirmed these viruses were present in different dissected parts of several hornets. Five other viruses known to infect honeybees were also partially sequenced. Eleven other insect viruses were detected in hornets, most of them belonging to picornavirales order, but some of them resulted as new species and possibly new genus. Nine of them were detected only in the intestine transcriptome, and not in brain or muscle tissues, suggesting they could originate from infected preys ingested by hornet, and not by infected hornets themselves and thus giving indirect data about hornet diet. The transmission routes from or to *V. velutina* have to be investigated to better assess the impact they may have on virus dissemination in European honeybee populations. Our study underlines the urgent need to study the host range of these original newly discovered viruses that we described in hornets to evaluate if they can represent a new threat for the honeybees or a hope for the biocontrol of *V. velutina*.

Impact des pratiques de renouvellement de la reine sur la santé des abeilles mellifères

Victor DESCLOS LE PELEY¹, Coline KOUCHNER^{1,2,3,4}, Maryline PIOZ^{1,2}, Yves LE CONTE^{1,2}, Benjamin BASSO^{2,3}, Axel DECOURTYE^{2,3}, Anne DALMON^{1,2}

¹ INRA, UR406 Abeilles et environnement, Avignon, France

² UMT PRADE Avignon, France

³ ITSAP, Avignon, France

⁴ INRA, Unité Ecodéveloppement, Avignon, France

Plus de 30 virus infectant *Apis mellifera* ont été décrits à ce jour. Parmi eux, cinq virus sont largement répandus dans les colonies d'abeilles du monde entier et contribuent à la perte de colonies, plus particulièrement le Deformed wing virus (DWV ; Olivier et Ribiére, 2016). La plupart d'entre eux sont transmis par le vecteur *Varroa destructor*, mais ils peuvent aussi être transmis verticalement, c'est-à-dire de la reine et / ou des faux-bourdons à leur descendance. En apiculture, il existe une grande diversité de stratégies et de pratiques pour renouveler le cheptel. Les pratiques de conduite des colonies et en particulier le remplacement des reines (remérage), en influant sur la transmission horizontale et verticale des virus, peuvent avoir un impact sur les charges de virus dans les colonies. L'état de santé de colonies conduites suivant un remérage annuel a été comparé à celui de colonies remérant naturellement, sur 120 colonies réparties dans deux ruchers. Pour chacune des deux stratégies, deux origines génétiques d'abeilles mellifères ont été étudiées : une génétique sélectionnée par un éleveur de reine remérant régulièrement ses colonies et visant à obtenir des colonies avec une forte population au printemps, et une génétique issue d'un apiculteur dont les colonies sont laissées en remérage naturel et sont sélectionnées sur leur production de miel. L'état de santé des colonies (charges virales moyennes), la force des colonies (méthode ColEval), la charge parasitaire de *V. destructor*, et la production de miel ont été mesurés au printemps et à l'automne sur une durée de 3 ans. Nous avons observé un fort effet du rucher, de la saison et de *V. destructor* sur la charge virale en DWV dans les colonies. Le modèle de données expliquant les variations de la charge en DWV montre aussi un effet significatif de la génétique de l'abeille et des pratiques de renouvellement des reines. Sachant que le DWV présente plusieurs formes recombinantes avec le Varroa destructor virus 1 (VDV-1) et que leurs pouvoirs pathogènes peuvent être différents, nous avons caractérisé les souches virales présentes dans les colonies. Par ailleurs, nous testerons l'influence de l'état sanitaire des colonies (charges virales du Deformed wing virus (DWV), Sacbrood virus (SBV), Black queen cell virus (BQCV), Chronic bee paralysis virus (CBPV), Acute bee paralysis virus (ABPV), ou espèces proches (Israeli acute paralysis virus (IAPV)) sur la production en miel et la dynamique des colonies.

Seasonal variations influencing Varroa Sensitive Hygiene trait in the honey bee

Léa TISON¹, Clémence RIVA¹, Alban MAISONNASSE², André KRETZCHMAR³,
Pascal JOURDAN², Yves LE CONTE¹, Fanny MONDET¹

¹ INRA, UR406 Abeilles et Environnement, Avignon, France

² ADAPI, UMT PrADE, Avignon, France

³ INRA, BioSP - Biostatistiques et Processus Spatiaux, Avignon, France

Varroa resistance can be defined as the ability of honey bee colonies to survive the parasite for several years in the absence of any treatment against the mite. Long-term survival of untreated *Apis mellifera* populations has been reported in the US and Europe. The ability of honey bee colonies to survive varroa mite infestations has been associated with the development of Varroa Sensitive Hygiene behavior (VSH). Resistant colonies are able to detect the presence of varroa through the cap of developing brood cells and to remove parasitized brood and the mites. To improve breeding programs for varroa resistance, detailed knowledge of the mechanisms that enable bees to survive mite infestation and environmental conditions that can influence the expression and evaluation of VSH behavior are needed. This study aims at evaluating the influence of the colony population dynamics, the varroa density in colonies, the task allocation strategy and the food supply on the ability of colonies to express the VSH trait. Such efforts are particularly important to standardize testing in different locations, a feature that is essential to ensure the success of breeding efforts.

Vers une nouvelle méthode de diagnostic de la résistance au varroa chez l'abeille domestique

Clémence RIVA¹, Léa TISON¹, Dominique BESLAY¹, André KRETZSCHMAR², Yves LE CONTE¹, Fanny MONDET¹

¹ INRA UR406 Abeilles et Environnement, Avignon, France

² INRA UR 546, BioSP, Avignon, France

Si la vie en groupe présente de nombreux avantages évolutifs, la défense contre les parasites est un enjeu majeur pour le maintien d'une colonie dans le temps. L'abeille domestique n'échappe pas à cette nécessité : le parasite varroa est actuellement considéré comme la principale menace pathogène pesant sur l'apiculture à travers le monde. La lutte contre le varroa connaissant actuellement des limites significatives, la filière apicole manifeste un besoin urgent de développement de nouvelles solutions pour lutter contre le parasite. Or, certaines abeilles sont naturellement capables de développer un comportement hygiénique (VSH) en présence du varroa en phase de reproduction dans les alvéoles de couvain [1]. Des travaux de recherche menées par l'Inra à Avignon ont permis d'identifier plusieurs molécules naturelles capables de déclencher le comportement VSH [2]. Ces premiers résultats ont ouvert la voie au développement d'un outil de diagnostic - l'outil Varestic - qui permettrait aux apiculteurs d'évaluer le potentiel de résistance au varroa de leurs colonies, directement sur le terrain. Une campagne d'expérimentation en 2018 a été menée pour comparer les réponses au test Varestic à celles obtenus par un protocole d'infestation artificielle d'alvéoles de couvain par le varroa. Les mesures réalisées pendant quatre mois consécutifs montrent une meilleure corrélation des deux tests en fin de saison apicole. L'outil Varestic est en cours d'optimisation, notamment afin de pouvoir le rendre applicable facilement en conditions de terrain, mais les résultats présentés ici soulignent l'importance de la temporalité dans l'évaluation du comportement VSH.

1. Harbo J. and Harris J. (2005). Suppressed mite reproduction explained by the behaviour of adult bees. *J. Apic. Res.* 44, 21-23
2. Mondet et al. (2016). Specific cues associated with honey bee social defence against *Varroa destructor* infested brood *Sc. Rep.* 6, 25444

Effet du couvain et de la présence de pathogènes sur la gestion et le rejet des déchets chez *Myrmica rubra*

Hugo PEREIRA, Claire DETRAIN

Service d'écologie sociale (USE), Université Libre de Bruxelles, Belgique

Chez les insectes eusociaux, les nombreux contacts entre les individus génétiquement proches les exposent à des risques élevés de transmission de pathogènes au sein de la colonie. L'activité coloniale produit de multiples déchets notamment alimentaires, qui eux aussi sont potentiellement vecteurs de nombreux pathogènes. En plus des défenses immunitaires individuelles, ces sociétés ont développé toute une gamme de comportements sanitaires à l'échelle individuelle et collective que l'on regroupe sous le terme « d'immunité sociale ». Grâce à ces stratégies, les individus composant la colonie coopèrent afin de limiter l'exposition et la prolifération de pathogènes au sein du nid. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'impact, d'une part de la pathogénicité de ces déchets et, d'autre part de la présence de larves sensibles aux maladies, sur les stratégies sanitaires de la fourmilière. Pour tester l'influence de la pathogénicité de déchets sur les comportements de la fourmi *Myrmica rubra*, nous avons exposé les colonies à des grains d'orge sains ou recouverts du champignon entomopathogène *Metarhizium brunneum*. Ainsi, les colonies augmentent leur dynamique de rejet des déchets infectieux, et donc adaptent leurs réponses au risque sanitaire. Concernant les larves, potentiellement plus vulnérables aux pathogènes, la présence de couvain induit une accélération du processus de rejet des déchets hors de la colonie. Cela suggère que la présence du couvain accroît l'implication des ouvrières dans les tâches de nettoyage du nid, via une altération de l'organisation du travail au sein de la colonie. Enfin nous avons observé l'impact d'une exposition successive à des déchets sains ou infectés sur l'efficacité du processus de rejet. L'efficacité de rejet tend à s'accroître au fil du temps pour les déchets non-infectieux mais est significativement ralentie pour les déchets infectieux, vraisemblablement en raison d'une augmentation de la mortalité due au pathogène. L'ensemble de ces résultats démontre la capacité des colonies de *Myrmica rubra* à moduler leurs réponses sanitaires selon des facteurs extrinsèques à la colonie, comme la pathogénicité des déchets, mais aussi à des facteurs intrinsèques tels que la présence de couvain dont la survie est primordiale pour l'avenir de la fourmilière.

Social immunity: Why we should study its nature, evolution and functions across all social systems

Sophie VAN MEYEL¹, Maximilian KÖRNER², Joël MEUNIER¹

¹ Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UMR 7261, CNRS, University of Tours, France

² Institute of Organismic and Molecular Evolutionary Biology, Johannes-Gutenberg University of Mainz, Germany

Mounting defences against pathogens is a necessity for all animals. Although these defences have long been known to rely on individual processes such as the immune system, recent studies have emphasized the importance of social defences for group-living hosts. These defences, called social immunity, have been mostly studied in eusocial insects such as bees, termites and ants, and include, for instance, mutual cleaning and waste management. Over the last few years, however, a growing number of works called for a broader exploration of social immunity in non-eusocial species. In this talk, I will summarise the rationales of this call and examine why it may provide major insights into our current understanding of the role of pathogens in social evolution. I will start by presenting the original conceptual framework of social immunity developed in eusocial insects and shed light on its importance in highly derived social systems. I will then clarify three major misconceptions possibly fostered by this original framework and demonstrate why they made necessary the shift toward a broader definition of social immunity. Because a broader definition still needs boundaries, I will finally present 3 criteria to discriminate what is a form of social immunity, from what is not. Overall, I argue that studying social immunity across social systems does not only provide novel insights into how pathogens affect the evolution of eusociality, but also into the factors possibly promoting the emergence and maintenance of social life from a solitary state.

Effects of *Nosema ceranae* on the cognition and behaviour of bumblebees

Tamara GOMEZ-MORACHO, Cristian PASQUARETTA, Mathieu LIHOREAU

Research Center on Animal Cognition, Center for Integrative Biology, CNRS,
University Paul Sabatier, Toulouse, France

Microsporidia is a diverse group of obligate intracellular parasites, with a wide range of hosts, responsible of great economic losses in animal farming. In honey bees, the emergent parasite *Nosema ceranae* induces high colony losses, but its effects on wild pollinators is still poorly understood. Here we analysed the effects of *N. ceranae* on the behaviour and cognition of model wild pollinator: the buff-tailed bumblebee *Bombus terrestris*. Using a series of laboratory experiments with controlled infection rates, we demonstrate that bumblebees infected at sublethal rates show impaired learning and memory abilities required for foraging. They also show major modifications in their dietary choices, potentially to combat the infection. We discuss the consequences of these effects at the individual and collective levels from a reduction on the foraging efficiency to a potential collective-medication strategy.

Ants are able to detect the odour of cancer cells

Baptiste PIQUERET¹, Fatima MECHTA-GRIGORIOU², Brigitte BOURACHOT²,
Jean-Christophe SANDOZ³, Patrizia d'ETTORRE¹

¹ Laboratory of Experimental and Comparative Ethology, University of Paris 13, Sorbonne Paris Cite, Villejuif, France

² Institut Curie, Stress and Cancer Laboratory, PSL Research University, Inserm, U830, Paris, France

³ Evolution, Genomes, Behaviour, & Ecology, CNRS, Université Paris-Sud, Institut de Recherche pour le Développement, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France

Cancer causes millions of deaths every year. As for many other diseases, the sooner it is diagnosed, the higher are the recovery chances. Currently, different methods of cancer detection are available. However, they are often either costly (e.g. magnetic resonance imaging) or invasive (e.g. endoscopy). Furthermore, these methods require highly trained technical personnel. These limitations restrict the access to proper detection methods and associated treatments to rich populations/countries and to people who accept the use of invasive methods. An alternative approach is to identify biomarkers of cancer and to find a method to detect them precociously. Cancer cells have a different metabolism from healthy cells and thus consume and produce different volatile organic compounds (VOCs) that can be used as specific biomarkers. Detection of VOCs can be achieved by using animals with a highly sensitive sense of smell, such as dogs. However, a strong disadvantage is that training a dog requires highly specialized personnel, a long training period and is costly. Here, we evaluate the possibility of using ants to detect cancer VOCs. Ants are ecologically dominant in most terrestrial ecosystems where they form colonies that can contain up to millions of individuals. The remarkable organization of these colonies relies mostly on chemical communication; therefore ants have refined olfactory abilities. Here, we tested if a very common ant species, *Formica fusca*, is able to detect the presence of human cancer cells. Individual ants were trained to associate the odour of cancer cells with a reward of sugar solution and were then tested without reward to discriminate between cancer cells and a different odour. Results show that ants are able to learn the association and successfully discriminate the odour of cancer cells. Further experiments using different cell lines are required to confirm these results. Ant olfactory conditioning might represent a promising avenue for early detection of cancer in humans.

Conférence plénière

Diversité des toxines peptidiques des venins de fourmis

Axel TOUCHARD

Laboratoire de Biochimie et Toxicologie des Substances Bioactives, INU Champollion, Albi, France

Les fourmis, avec plus de 13.000 espèces, représentent l'un des groupes d'organismes venimeux les plus diversifiés de la planète (diversité spécifique supérieure aux serpents, scorpions et conidae réunis). Leur vie sociale leur confère une forte abondance, de sorte qu'elles dominent presque tous les environnements terrestres. Malgré cette omniprésence, la composition de leur venin, et en particulier les peptides, reste peu étudiée et très peu de caractérisations structurales et pharmacologiques sur des toxines isolées ont été effectuées à ce jour. Mes travaux précédents effectués sur un panel de fourmis néotropicales, européennes et australiennes ont montré que les peptides représentent pourtant la classe prédominante de toxines rencontrées, et ceci est particulièrement le cas pour les venins des sous-familles Ponerinae, Ectatomminae, Myrmeciinae, Pseudomyrmecinae, Dorylinae, Paraponerinae, Amblyoponinae et Myrmicinae. De plus, la composition peptidique des venins est strictement spécifique, permettant ainsi d'identifier facilement et rapidement les espèces de fourmis bien que des variations de composition des venins semblent être expliquées par la provenance géographique des colonies. Cette étude extensive des peptides réalisée dans les venins de plus 100 espèces de fourmis a également révélé l'importante diversité structurale de ces toxines. Ces recherches m'ont ainsi permis de décrire une nouvelle famille structurale de toxines encore jamais décrite dans un venin animal, et d'entrevoir le potentiel applicatif de ces peptides pour le développement de molécules à visées thérapeutiques et insecticides.

Le faible nombre d'études effectuées sur les venins de fourmis est en partie attribuable à leur petite taille et donc à la faible quantité de venin récoltable. Récemment, les avancées technologiques dans le domaine de la biochimie analytique ainsi que l'avènement du séquençage nouvelle génération permettent désormais de contourner les problèmes inhérents aux faibles quantités de venin. L'approche intégrative dite « vénomique », qui combine des données issues d'analyses protéomique et transcriptomique, s'est en effet révélée très pertinente pour explorer la composition des venins des petits organismes venimeux. Cette approche « venomics » m'a permis de décrire en détail la diversité moléculaire des peptidomes des venins des fourmis *Tetramorium bicarinatum* et *Manica rubida*. La comparaison de ces venins a révélé des stratégies biochimiques différentes utilisées par ces deux espèces pour capturer les proies et pour se défendre contre les prédateurs. Dans un future proche, l'application de la méthodologie « venomics » à diverses espèces de fourmis appartenant à différentes sous-familles nous permettra d'avoir une vision globale de la diversification des venins chez les fourmis en lien avec l'écologie et la phylogénie.

Exploring the molecular diversity of ant venoms reveals conserved toxin precursors and distinctive mature peptides features among and within phylogenetic subfamilies

Valentine BARASSÉ, Axel TOUCHARD, Nathan TENE, Elsa BONNAFE, Michel TREILHOU

EA 7417, Laboratoire de Biochimie et Toxicologie des Substances Bioactives, INU Champollion, Université de Toulouse, Albi, France

The peptide toxins in the venoms of small invertebrates such as stinging ants have rarely been studied due to the limited amount of venom available per individual. Recently, comprehensive venom studies were conducted on three ants species: *Myrmecia gulosa*¹, *Odontomachus monticola*² and *Tetramorium bicarinatum*³. These venomics studies showed it is now possible to reveal the whole molecular diversity of peptide toxins in small venomous species including ants. Our research group have therefore embarked on the study of several phylogenetic subfamilies of ants in order to improve our understanding about peptide toxins diversification. Thus, we undertook venomic studies of the close related ant subfamilies, Pseudomyrmecinae and Myrmicinae since their venom composition is still poorly investigated despite their important ecological and specific diversity. The present study shows the venom peptidome characterization of three ant species exhibiting different ecologies: *Tetraponera aethiops* (Pseudomyrmecinae), *Tetramorium bicarinatum* (Myrmicinae) and *Manica rubida* (Myrmicinae). We used a venomics methodology including (i) peptidomics, in which the venom peptides are sequenced through a de novo mass spectrometry approach and Edman degradation and (ii) transcriptomics, based on the data mining of the sequenced transcriptome of the venom glands. Both *M. rubida* and *T. aethiops* venom peptidomes showed about ten peptide precursors while *T. bicarinatum* venom exhibited 37 peptides precursors. Interestingly, besides presenting high homology with those from *M. gulosa* and *O. monticola*, all of them could be classified into the precursors superfamilies described in the peptidome of *T. bicarinatum*. These toxin precursors encoded for mature peptides, which were mainly linear for *M. rubida* and *T. bicarinatum*, and dimeric for *T. aethiops*. Most of them were predicted to be membrane disruptors according to their sequences and structures. Altogether, those results provide the first comparison of molecular diversity between myrmicine and pseudomyrmecine ants venoms and novel insights into peptide toxin evolution. Future functional investigations of these novel peptides could link them to useful pharmacological properties with an eye toward drug discovery.

- (1) Robinson, S. D. et al. (2018) A comprehensive portrait of the venom of the giant red bull ant, *Myrmecia gulosa*, reveals a hyperdiverse hymenopteran toxin gene family. *Sci. Adv.* (2) Tani, N. et al. (2019) Mass Spectrometry Analysis and Biological Characterization of the Predatory Ant *Odontomachus monticola* Venom and Venom Sac Components. *Toxins (Basel)*.11,50. (3). Touchard, A. et al. (2018) Deciphering the molecular diversity of an ant venom peptidome through a venomics approach. *J. Proteome Res.*8b00452

Anatomical specialisations of the proventriculus in humivorous termites: its diversity and evolution in Apicotermitinae

Johanna ROMERO ARIAS¹, Clément CHEVALIER², Thomas BOURGUIGNON³, Yves ROISIN¹

¹ Evolutionary Biology & Ecology, Université libre de Bruxelles, Belgium

² Center for Microscopy and Molecular Imaging, Université libre de Bruxelles, Gosselies, Belgium

³ Evolutionary Genomics Unit, Okinawa Institute of Science & Technology Graduate University, Okinawa, Japan

Humivorous termites dominate the tropical forests and savannas. Among them, the subfamily Apicotermitinae (Termitidae) comprises taxa possessing soldiers, in Africa and Asia, and taxa without soldiers in Africa and the Neotropics. The latter group is widely diverse and represents more than a third of the total species richness in tropical forests. Due to the absence of soldiers in some groups, the taxonomic characters of workers have been important to distinguish genera and species. Two parts of the digestive tube have been widely used as diagnostic characters: the configuration of the mesenteric-proctodeal junction and the sclerotization of the enteric valve. By contrast, the proventriculus has been almost universally ignored by taxonomists because this organ has long been considered as vestigial in humivorous termites. However, we noticed that this structure does vary widely among genera and species. To investigate the phylogenetic relationships and the evolution of proventricular armature in Apicotermitinae, we used next generation sequencing tools and laser confocal microscopy in species from Africa and South America. The proventriculus consists of the pulvillar belt containing chitinous microstructures at different levels and with variable patterns. At the morphological level, four patterns of ornamentation are shown, as well as a differentiation between species according to their origin of collection. We discuss these results in the light of the relationships observed after the reconstruction of the species phylogeny.

The labral gland in termites: evolution and function

David SILLAM-DUSSÈS¹, Valeria PALMA-ONETTO^{1,2}, Jitka PFLEGEROVÁ³,
Rudy PLARRE⁴, Jiří SYNEK², Josef CVAČKA⁵, Thomas BOURGUIGNON^{2,6}, Jan
ŠOBOTNÍK²

¹ Laboratory of Experimental and Comparative Ethology, EA 4443, University Paris 13, Sorbonne Paris Cité, Villetaneuse, France

² Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

³ Institute of Entomology, Biology Centre, Academy of Sciences of the Czech Republic, České Budějovice, Czech Republic

⁴ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Germany

⁵ Institute of Organic Chemistry and Biochemistry of the Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic

⁶ Okinawa Institute of Science & Technology Graduate University, Okinawa, Japan

Termites are important contributors to ecosystem functioning. They are highly abundant in tropical and sub-tropical habitats, and represent an important resource for a wide range of predators. Their evolutionary success is driven largely by a life in populous colonies with a complex communication system controlled by a rich set of exocrine glands whose secretions are involved in many aspects of termite life. As many as 20 different exocrine organs are known to occur in termites. Among them, the labral gland has been largely understudied. We thus examined the structure of the labral gland in soldiers and workers of 28 species and imagoes of 33 species across all termite taxa, and in the *Cryptocercus* wood roach. The labral gland is present in all species, and comprises two secretory regions located on the ventral side of the labrum and the dorso-apical part of the hypopharynx, respectively. The epithelium of the gland consists of class 1 secretory cells with an abundance of smooth endoplasmic reticulum, and long microvilli with a channel inside, which releases secretion through a modified cuticle. Our observations suggest that the labral gland is involved in defensive communication after encounter with a non-nestmate.

Taxonomie intégrative de termites néotropicaux du groupe Subulitermes : délimitation des espèces sur base de critères morphologiques et d'analyses génétiques et chimiques

Nicolas KACZMAREK, Denis FOURNIER, Yves ROISIN

Evolutionary Biology & Ecology, Brussels, Belgium

Dans un contexte où il devient urgent d'évaluer la biodiversité à mesure que les taux d'extinction augmentent, de nombreuses espèces de termites demeurent difficiles à identifier par manque de critères fiables et spécifiques. Chez les termites, la délimitation des espèces repose le plus souvent sur des études morphologiques, des analyses chimiques ou encore des études phylogénétiques. Cependant, bien que ces trois méthodes soient complémentaires, elles sont rarement combinées et peuvent conduire à des critères d'identifications ambigus. Notre étude s'appuie sur la combinaison de ces trois méthodes pour réviser la taxonomie des espèces néotropicales du groupe Subulitermes. Ce groupe, qui comporte une quarantaine d'espèces aux Néotropiques, fait partie de la famille des Nasutitermitinae et constitue les « petits nasutes humivores » en opposition au groupe xyloophage des Nasutitermes. Les relations évolutives entre les différents taxons de cette famille n'ont pas encore été étudiées en détail et la monophylie du groupe Subulitermes reste encore à prouver. Notre démarche vise à déterminer les différentes espèces du groupe Subulitermes, sans a priori taxonomique, en se basant sur l'analyse du gène mitochondrial COII et en suivant les méthodes d'Automatic Barcode Gap Discovery (ABGD) et de Generalized Mixed Yule-Coalescent model (GMYC). Les délimitations obtenues à l'aide de ces outils ont été réévaluées à l'aide de données chémotaxonomiques issues de l'analyse des hydrocarbures cuticulaires des ouvriers et des composés de défense des soldats. Les espèces résultantes ont été soumises à des analyses morphologiques pour obtenir des critères simples d'identification. Pour les 150 nids qui ont été récoltés, principalement en Guyane française, 25 espèces ont pu être identifiées selon cette méthode. Les identifications réalisées a posteriori mettent également en évidence certaines synonymies, et révèlent des espèces jamais décrites. Nos résultats offrent ainsi des bases solides à la réalisation d'une clé stable, encore inexiste au niveau spécifique, et basée sur des critères fiables. De plus, les données obtenues remettent en cause la monophylie et les relations évolutives des genres du groupe Subulitermes.

Révision du genre **Cubitermes** (Termitidae, Cubitermitinae)

Guy JOSENS, Jean DELIGNE

Département de Biologie des Organismes, Université Libre de Bruxelles, Belgique, et Musée Royal d'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique.

Les termitières construites par les *Cubitermes* ponctuent de nombreux paysages africains ; au fil du temps, environ 80 espèces, formes et variétés ont été décrites, généralement sans tenir compte de la variabilité intra-spécifique. Résultat : depuis près d'un siècle, plusieurs auteurs se sont plaints de l'état déplorable de la taxonomie du genre *Cubitermes*. Une révision partielle fut faite par Williams en 1966 pour les espèces d'Afrique orientale mais des milliers d'échantillons attendent dans les musées d'être identifiés. Suivant l'exemple de Sands (1972) dans sa révision des Apicotermitinae sans soldats et l'article de Bouillon & Vincke (1971), nous avons largement utilisé les valvules entériques des ouvriers pour démêler la taxonomie des *Cubitermes* ; cette révision s'appuie aussi sur le séquençage du cytochrome oxydase, sur les répartitions géographiques et sur quelques données écologiques (taxonomie intégrative). Après avoir examiné plus de 700 échantillons provenant de toute l'Afrique subtropicale, nous avons pu reconnaître neuf groupe d'espèces sur base de leur valvule entérique (Jосens & Deligne, 2019). Six de ces groupes possèdent une valvule simple et les trois autres des valvules armées de spatules. Ces subdivisions sont largement cohérentes avec les données des séquençages. Pour la suite de la révision au niveau spécifique, nous envisageons de subdiviser les *Cubitermes* en cinq (ou six) genres monophylétiques.

- Bouillon A. & Vincke P.P. 1971. Valvule entérique et révision du genre *Cubitermes* Wasmann. *Cubitermes bugeserae* sp. nov. (Isoptera, Termitidae). Revue de Zoologie et de Botanique Africaines 84 (3-4): 269-280
- Josens G. & Deligne J. 2019. Species groups in the genus *Cubitermes* (Isoptera: Termitidae) defined on the basis of enteric valve morphology. European Journal of Taxonomy 515: 1–72
- Sands W.A. 1972. The soldierless termites of Africa (Isoptera, Termitidae). Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology, Supplement 18: 1-244.

Mieux travailler sur six pattes : Refonte du thorax des ouvrières de fourmis suite à la perte des ailes

Christian PEETERS¹, Roberto A. KELLER², Adam KHALIFE¹, Georg FISCHER³, Evan P. ECONOMO³

¹ Sorbonne Université, CNRS, Institut d'Écologie et des Sciences de l'Environnement, Paris

² Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal

³ Okinawa Institute of Science and Technology (OIST), Onna, Japan

La formidable réussite écologique des fourmis est souvent attribuée aux avantages de la division du travail et de l'approvisionnement collectif. L'innovation des fourmis par rapport aux ancêtres guêpes est l'évolution d'une caste d'ouvrières sans ailes. Ces ouvrières sont capables de porter des objets lourds mais les bases morphologiques de leur force sont mal comprises. Nous avons testé l'hypothèse que la perte universelle du vol chez les ouvrières a permis des modifications musculo-squelettiques du thorax pour une meilleure performance pendant la quête de nourriture sur six pattes. Le vol chez les insectes requiert des muscles alaires considérables qui imposent une énorme contrainte sur le thorax. Avec la microtomographie et segmentation en 3D (Khalife et al. 2018), nous avons comparé les reines ailées et ouvrières dans un échantillon d'espèces couvrant la phylogénie des fourmis. Nos résultats montrent que l'absence des muscles des ailes a abouti à cinq changements thoraciques: i) fusion des sclérites articulés (essentiel au vol) en dispositif rigide pour ancrer les muscles de la tête, pattes et gastre; ii) altération de l'endosquelette impliqué dans le transfert du stress musculaire entre tête et pattes; iii) élongation des muscles externes du trochanter qui transmettent le poids du corps aux pattes; iv) augmentation importante des muscles du pétiole qui contrôlent la position du gastre; v) remaniement des muscles du prothorax qui soutiennent et bougent la tête. Nos données comparatives indiquent une cohérence des adaptations du thorax des ouvrières entre sous-familles de fourmis. Ainsi, plutôt qu'une simplification, c'est une refonte du thorax en un noyau puissant pour mieux intégrer tête, pattes et gastre. Ceci contraste avec des insectes solitaires sans ailes chez qui l'absence du central place foraging génère des pressions sélectives alternatives au niveau du thorax. Par exemple, chez les guêpes parasitoïdes *Mutillidae*, les femelles sont aptères et doivent pénétrer l'enveloppe durcie des pupes hôtes pour pondre, et les muscles du pétiole ont envahi la partie antérieure du thorax. Plus d'attention mérite d'être accordée aux innovations morphologiques des insectes sociaux en tant qu'individus, souvent négligées relatif aux comportements de groupe.

Khalife A, Keller R, Billen J, Hita Garcia F, Economo E & Peeters C (2018) Skeletomuscular adaptations of head and legs of *Melissotarsus* ants for tunnelling through living wood. Frontiers in Zoology 15: 30.

Miniaturisation et force physique chez les fourmis : comparaison du thorax entre ouvrières et soldats de *Carebara perpusilla*

Adam KHALIFE¹, Johan BILLEN², Evan ECONOMO³ & Christian PEETERS¹

¹ Institute of Ecology and Environmental Sciences (iEES), Sorbonne Université, Paris, France

² KU Leuven, Belgium

³ Okinawa Institute of Science and Technology (OIST), Okinawa, Japan

Les muscles des ailes occupent la majorité du thorax des Hyménoptères. Chez les ouvrières de fourmis, la perte des muscles alaires a permis la réorganisation des muscles de la tête, des pattes et du pétiole à l'intérieur du thorax, conférant aux fourmis leur force légendaire (Peeters et al. submitted*). De plus, l'absence de la contrainte du vol a permis une forte tendance à la miniaturisation. Chez les insectes en général, la miniaturisation implique une réduction des structures anatomiques et du répertoire comportemental. En combinant histologie, microtomographie et observations comportementales, nous avons étudié les adaptations du thorax d'ouvrières minuscules pour accomplir des tâches demandant de la force. Les ouvrières de *Carebara perpusilla* (Myrmicinae) sont parmi les plus petites connues, avec des reines deux fois plus grandes et des soldats de taille intermédiaire. Les soldats ont une énorme tête et un abdomen d'une taille similaire à celui des reines, lié à leur fonction de repletas (stockeurs de nourriture liquide). Le thorax des soldats doit donc posséder des muscles suffisants pour soutenir la tête et l'abdomen. Les ouvrières accomplissent les tâches classiques connues chez les fourmis, dont la construction du nid souterrain et l'approvisionnement. La reconstruction 3D des structures internes révèle que le processus de miniaturisation est contraint par le système nerveux et l'endosquelette. D'une part, les trois ganglions nerveux occupent une plus grande proportion du thorax chez les ouvrières que chez les soldats ; d'autre part, un pilier cuticulaire servant à arrimer des muscles s'élève presque jusqu'au plafond du prothorax chez les ouvrières, laissant peu d'espace aux structures dorsales comme l'oesophage et muscles de la tête. Ouvrières et soldats possèdent les mêmes muscles thoraciques mais le nombre, le diamètre et la longueur des fibres sont réduits chez l'ouvrière. La plus importante différence concerne un muscle indirect de la tête : le calcul de la physiological cross-sectional area (PCSA), qui intègre nombre, diamètre et angle des fibres, montre 4,6 fois moins de puissance chez les ouvrières. Nos résultats dévoilent des caractéristiques morphologiques liées à la miniaturisation des ouvrières et à la spécialisation des soldats, deux phénomènes à l'origine du succès évolutif des fourmis.

Peeters C, Keller R, Fischer G, Khalife A & Economo E. The evolutionary loss of flight enabled the remarkable strength of ant workers. Submitted

Cinématique de la locomotion lors du transport de charge chez la fourmi granivore *Messor barbarus* : influence de la taille des ouvrières et de la masse de la charge transportée

Hugo MERIENNE, Gérard LATIL, Pierre MORETTO, Vincent FOURCASSIÉ

Centre de Recherches sur la Cognition Animale, UMR CNRS 5169, Centre de Biologie Intégrative, Université de Toulouse, France.

Les fourmis sont réputées pour leur capacité à transporter des charges pouvant peser plusieurs fois leur propre masse. Cependant, les mécanismes leur permettant de maintenir leur équilibre lors du transport de ces charges sont relativement peu connus. Notre travail a consisté à étudier la cinématique de la locomotion (sans charge et avec charge) chez des ouvrières de la fourmi granivore *Messor barbarus* Linnaeus 1767. Cette espèce se caractérise par un polymorphisme continu de la caste ouvrière assez étendu, la masse corporelle des individus pouvant aller de 1,5 à 40 mg. De plus, ce polymorphisme est caractérisé par des relations allométriques : les grosses ouvrières (major) ne sont pas de simples agrandissements des petites ouvrières (minor) mais elles ont, relativement à leur taille, des têtes beaucoup plus grosses et des pattes plus courtes. Cette allométrie pourrait déplacer le centre de masse des fourmis et avoir des conséquences importantes sur le maintien de leur équilibre lors de la locomotion. Elle pourrait aussi expliquer pourquoi les ouvrières minor sont capables de porter des charges relativement plus lourdes que les ouvrières major (Bernadou et al., 2016). Pour tester cette hypothèse, nous avons comparé la cinématique de la locomotion chez des ouvrières de différentes tailles se déplaçant d'abord sans charge, puis avec des charges de masses variables. Nos résultats montrent que lors de la locomotion sans charge, les ouvrières major sont moins statiquement stables que les ouvrières minor. Toutefois, elles sont capables de compenser en partie ce déséquilibre en ajustant leur pattern locomoteur. Lors du transport de charge en revanche, nous n'avons trouvé aucune influence de la taille de la fourmi sur la cinématique de la locomotion. Il semblerait que l'effet d'échelle (variation du ratio surface/volume) soit suffisant pour expliquer les différences dans les capacités de transport observées pour les fourmis de différentes tailles. Par ailleurs, l'analyse cinématique montre que les fourmis chargées, quelle que soit leur masse, sont régulièrement en instabilité statique et maintiennent leur équilibre en s'accrochant au sol avec leurs pattes arrières.

Évolution et corrélats de la taille et du polymorphisme de la caste ouvrière chez les fourmis du genre *Cataglyphis*

Nathan LECOCQ DE PLETINCX, Serge ARON

Evolutionary Biology & Ecology, Université libre de Bruxelles, Belgium

Chez les insectes sociaux, l'existence de variations dans la taille des ouvrières est une innovation évolutive majeure supposée améliorer la division du travail au sein des sociétés. La taille est non seulement un caractère individuel, mais également un trait colonial. Par conséquent, la taille moyenne des ouvrières et sa variabilité sont soumises à de nombreuses pressions évolutives. Au niveau proximal, la taille des ouvrières peut être affectée par des facteurs intrinsèques (héritables, développementaux, environnement social) et extrinsèques (environnement abiotique, utilisation des ressources, ennemis naturels). Les fourmis appartenant au genre *Cataglyphis* offrent une opportunité unique pour étudier l'évolution et les corrélats de la taille et du polymorphisme de la caste ouvrière. Ce genre montre une grande variation spécifique du polymorphisme des ouvrières. De plus, les espèces de *Cataglyphis* font face à des environnements variables et sont caractérisées par une forte diversité de structures sociales, de modes de reproduction et d'effectifs des sociétés. Nous présentons une analyse comparative du polymorphisme de la caste ouvrière dans un contexte phylogénétique, et de son association avec les conditions écologiques, la structure sociale et l'effectif des sociétés, chez 15 espèces du genre *Cataglyphis*.

Look at that body-shaking: social disturbance triggers vibratory behavior of termites

Fanny RUHLAND, Marion MOULIN, Marina CHOPPIN, Joël MEUNIER,
Christophe LUCAS

CNRS UMR7261 Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, Tours, France

In insect societies, workers have a central role in colony functioning as they take care of reproductives and brood. Thus, several studies highlighted that the direct or indirect presence of reproductives shape several biological traits of workers, like their physiology and behavior. However, very few investigations took an interest into the influence of social composition at a short-term scale on workers' behavior, while it could inform us how rapidly a colony can respond to social disturbance. Here we investigate, in the subterranean termite *Reticulitermes flavipes*, if a vibratory behavior displayed by workers and previously described as an alarm behavior (called body-shaking) is influenced by a 24 hours' modification of social composition: presence/absence of reproductives and/or eggs. Because in this species colonial fusion is frequent, with several reproductives originating from different colonies, we also tested if the presence of unrelated reproductives/eggs influence the vibratory behavior of workers. Our results show that after 24 hours, the presence/absence of both reproductives and/or eggs enhance workers' body-shaking while their colony of origin do not influence this behavior. This study brings new insight into the opened recognition system of *R. flavipes*, but also new cues in the understanding of how insect societies react to social composition disturbance with the potential role of the overlooked vibratory behaviors.

Effets débilitants d'un nouvel insecticide avec rechute sévère plusieurs jours après exposition - Perturbation de l'homéostasie calcique neuromusculaire des abeilles et effets topiques différentiels

Claude COLLET^{1,2}, Aklesso KADALA^{1,2}, Mercédès CHARRETON^{1,2}, Pierre CHARNET³

¹ INRA, UR406 Abeilles et Environnement, Toxicologie Environnementale, Avignon, France

² UMT PRADE, Protection des Abeilles dans l'Environnement, Avignon, France

³ IBMM UMR 5247, Université de Montpellier, France.

La Commission Européenne a approuvé l'utilisation du chlorantraniliprole, premier insecticide de la classe des diamides anthraniliques, en dépit les lacunes soulevées par l'EFSA dans le 'projet de rapport d'évaluation' (DAR) concernant ses effets potentiels sur les pollinisateurs. Le couplage des approches *in vitro* et des approches comportementales permet aujourd'hui de combler en partie ces lacunes. Nous avons montré que le chlorantraniliprole induisait l'ouverture anarchique de canaux ioniques (les récepteurs à la ryanodine, RyR), qui sont responsables de la libération de calcium dans le cytoplasme des cellules musculaires d'abeille, provoquant ainsi leur contraction. Il bloque également les flux calciques au travers de canaux calciques voltage-dépendant membranaires (CaV) responsables de l'activité électrique des cellules musculaires et des neurones. Après exposition à une dose sublétale aigüe (dose unique appliquée de manière topique sur le thorax dorsal), il induit des effets débilitants qui se traduisent notamment par des déficits locomoteurs durables (plus de 24h). Malgré une relative rémission à 48h, les abeilles présentent les signes d'une rechute sévère 7 jours après exposition. La dose qui était sublétale par contact sur le thorax produit toutefois une forte mortalité sur d'autres parties du corps, posant la question de la validité des tests OCDE classiques pour évaluer cette nouvelle classe d'insecticides. Cette molécule est déjà très largement utilisée en France ainsi que l'attestent les statistiques de ventes de substances actives insecticides/acaricides. En 2016, le chlorantraniliprole a été vendu à hauteur de ~18 tonnes, ce qui était respectivement ~1.7, 2, 3 et 7 fois plus que la pymetrozine, l'indoxacarbe, le fenoxyacarbe et l'emamectine (blockbusters des familles des pyridines, oxadiazines, carbamates et avermectines). Il était également vendu respectivement ~15, 10, et 9 fois moins que l'imidaclopride, la cyperméthrine et le chlorpyriphos-ethyl ('blockbusters' des insecticides néonicotinoïdes, pyréthrinoïdes et organophosphorés). A la lumière de nos résultats, les conséquences de l'exposition à cette molécule devront faire l'objet de la plus grande 'phytopharmacovigilance'. L'anticipation des symptômes sublétaux par des méthodes de toxicologie *in vitro* devrait dans le futur contribuer à éviter une identification trop tardive des effets non-intentionnels.

Financé par l'Agence Nationale de la Recherche – ANR13-BSV7-0010 Bee Channels.

Effet d'expositions chroniques à des pesticides lors du développement larvaire et adulte sur la physiologie et les traits d'histoire de vie de l'abeille domestique

Anaïs GARNIER^{1,2}, Elliott RAMPNOUX², Carole MOREAU-VAUZELLE², Stéphane GRATEAU², Colombe CHEVALLEREAU², Daniel RABOTEAU², Pierrick AUPINEL², Freddie-Jeanne RICHARD¹

¹ Laboratoire Ecologie Evolution Symbiose, UMR CNRS 7267, team Ecologie, Evolution, Symbiose, Université de Poitiers, France

² INRA Magneraud, UE APIS, Surgères, France

L'abeille domestique (*Apis mellifera*) a une importance capitale en agronomie en pollinisant de nombreuses espèces végétales cultivées. Le déclin des populations d'abeilles reste toujours difficile à expliquer et complexe. Les pesticides ont un impact probablement sous-estimé, notamment en raison de leurs effets sublétaux qui sont encore mal évalués. En effet, différentes études montrent que les aliments stockés dans la ruche, pollen et de nectar, sont fréquemment contaminés par des pesticides. L'objectif de notre étude est d'identifier les effets de deux pesticides, le boscalid et le sulfoxaflor ainsi que leur co-exposition à des doses sublétales, suite à une exposition larvaire, sur les traits d'histoire de vie des ouvrières. Les concentrations choisies correspondent aux doses observées en milieu naturel. L'exposition aux pesticides s'effectue au cours du développement larvaire, *in vitro*, et pour certains individus également durant les premiers jours après l'émergence. Les mortalités sont observées à tous les stades de développement. Les ouvrières sont marquées avec des puces RFID (Radio Frequency IDentification) puis introduites dans la ruche afin de mesurer leurs activités et plus particulièrement la fréquence des vols, leur durée, leur durée de vie, en fonction de l'exposition aux pesticides.

Alteration of survival and oxidative balance induced by subchronic exposure of overwintered honeybees to insecticide, fungicide and herbicide combinations

Hanine ALMASRI, Elisa PAL, Daiana Antonia TAVARES, Deborah SENE, Marianne COUSIN, Sylvie TCHAMITCHIAN, Jean-Luc BRUNET, Luc BELZUNCES

INRA, UR 406 Abeilles & Environnement, Avignon, France

Honeybees are exposed during their foraging activities to a large variety of pollutants including pesticides. Overwintered honeybees are, as a result, subjected to chronic sublethal exposures of pesticide mixtures. To explore the impact of different pesticide combinations on winter honeybee survival, we chronically exposed adult overwintered honeybees during 16 days to low concentrations (0.01, 0.1, 1 and 10 µg/L) of imidacloprid (neonicotinoid insecticide), difenoconazole (triazole fungicide) and glyphosate (amino-phosphonate glycine herbicide) alone or in binary and ternary mixtures. The survival rates and food consumption were recorded daily. In order to measure the impact on oxidative balance, we measured the activity of six enzymes involved in the antioxidative defenses in the honeybee's head, midgut and abdomen and oxidative stress damages by quantifying midgut lipid and protein oxidation accompanied with midgut histological analysis. Mortality rates suggest that the effects on bees are not dose dependent; the concentration of 0.1 µg/L induces the highest mortality rates, followed by the concentrations of 1 and 10 µg/L. In addition, pesticide mixtures have higher impact than pesticides alone. These effects vary according to the combinations and the concentrations: An additive effect was observed with the insecticide-fungicide mixture at 0.01 and 0.1 µg/L and at 0.01 and 10 µg/L for the ternary mixture, whereas a synergistic effect occurs with the ternary mixture at 0.1 µg/L and 1 µg/L and the insecticide-herbicide mixture at 1 and 10 µg/L. The lipid and protein oxidation at 0.1 µg/L and the physiological markers at 1 µg/L reveal a disruption of oxidative balance at both concentrations with an increase at 1 µg/L of the activities of glutathione-S-transferase, glutathione reductase and glutathione peroxidase in the head, and of the superoxide dismutase, Glucose-6-phosphate dehydrogenase and glutathione-S-transferase in the midgut. Conversely, a decrease is observed for superoxide dismutase in the head and catalase in the midgut. These results suggest that these three types of agrochemicals with different mode of actions may have common molecular targets in honeybees, leading, when combined, to greater alterations and drastic honeybee mortality.

Effects of metallic trace-elements on honey bee behavior: from the colony to the brain

Coline MONCHANIN^{1,2}, Andrew B. BARRON², Jean-Marc DEVAUD¹, Mathieu LIHOREAU¹

¹ Centre de Recherches sur la Cognition Animale, Centre de Biologie Intégrative, CNRS, Université Paul Sabatier, Toulouse, France

² Cognitive Neuroethology group, Macquarie University, Sydney, Australia

Pollinators, such as honey bees, provide a vital ecological and economical service. A range of stressors has been identified as threats to pollinators (pesticides, parasites, malnutrition, etc) but there are still some fundamental gaps in our understanding of their effects, either alone or combined (Klein et al., 2017). Metallic trace-elements are ubiquitous contaminants of the environment that bees collect when foraging for pollen, nectar or water, but also in the air during flight. These pollutants accumulate in the body of bees and in the hive products. Recent studies have shown that heavy metals contamination affects bee behavior (Søvik et al., 2015) and survival (Hladun et al., 2013). We aim at studying the effects of heavy metals, in interaction with other stressors, at levels ranging from the colony to the individual. Here we tested whether bees can detect metals in their food and avoid consuming contaminated food. We exposed for three days cohorts of bees to sucrose solutions containing metallic trace-elements. Our results show that lead (Pb), zinc (Zn) and arsenic (As) are indeed detected by sensory organs, and induce behavioral responses indicating that bees evaluated them negatively. Bees perceive and adjust their behavior to avoid ingesting solutions with high concentrations of zinc and lead and prevent intoxication. However, bees seem unable to avoid ingesting foods containing realistic doses of lead, zinc and arsenic. This implies that metallic environmental pollution presents a sizeable hazard to foraging bees. Our current experiments will test whether these heavy metals impact on learning tasks that are important for foraging: if so, heavy metals could reduce foraging efficiency and eventually jeopardize the whole colony.

Effets d'insecticides et acaricides sur la dynamique des colonies d'abeilles

Théotime COLIN

Department of Biological Sciences, Macquarie University, Sydney, NSW, Australia

Les pertes de colonies d'abeilles (*Apis mellifera*) ont augmenté de manière significative durant les deux dernières décennies, mettant à mal les entreprises apicoles et les cultures qui dépendent des insectes pour la pollinisation. Les pesticides néonicotinoïdes sont parmi les principaux suspects, mais la littérature à leur sujet est incohérente et les effets d'autres traitements utilisés par les apiculteurs pour contrôler un acarien parasite de l'abeille (*Varroa destructor*) sont encore mal compris. Afin de déterminer les mécanismes et conséquences de ces différents pesticides pour les colonies d'abeilles et leurs éventuelles interactions, nous avons réparti des colonies en Australie et aux États-Unis et les avons exposées à deux de ces pesticides. Nous avons exposé des colonies au néonicotinoïde imidacloprid ou à l'acaricide thymol, seul ou en combinaison, et laissées d'autres sans traitement. Nous avons mesuré les effets des traitements sur la production de couvain, d'abeilles et de miel à l'aide de nouvelles méthodes (Colin et al. 2018). Nos résultats montrent que l'effet de l'imidacloprid dépend de l'environnement et que le thymol peut affecter négativement les colonies d'abeilles (Colin et al. 2019a). Nous avons ensuite équipé des abeilles provenant de ruches exposées à l'imidacloprid avec des puces RFID pour suivre leurs allées et venues à l'entrée de la ruche. Nos résultats montrent que l'imidacloprid encourage les abeilles à fourrager lorsqu'elles sont plus jeunes, ce qui pourrait expliquer certaines interactions entre ce pesticide et l'environnement. Enfin, nous avons gelé une portion du couvain des colonies traitées au thymol pour mesurer les performances hygiéniques de ces abeilles. Nos résultats indiquent que le thymol accélère le retrait du couvain mort, mais la littérature suggère qu'il affecte aussi les larves saines ou encourage leur retrait de la colonie (Colin et al. 2019b).

- Colin T, Bruce J, Meikle WG & Barron AB. 2018. The development of honey bee colonies assessed using a new semi-automated brood counting method: CombCount. PLoS one, 13(10), p.e0205816.
- Colin T, Meikle WG, Paten AM & Barron AB. 2019a. Long-term dynamics of honey bee colonies following exposure to chemical stress. Science of The Total Environment, 667, pp.660-670
- Colin T, Lim MY, Quarrell SR, Allen GR & Barron AB. 2019b. Effects of thymol on European honey bee hygienic behaviour. Apidologie, 50(20), pp.141–152.

Population and colony genetic structure of two remnant Spanish populations of the Mediterranean ant *Cataglyphis pilliscapa*

Claudie DOUMS¹, Pascaline CHIFFLET-BELLE¹, Maeva DAGUET¹, Irène VILLALTA², Raphael BOULAY^{2†}

¹ EPHE, Université PSL, Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité, MNHN, Paris, France

² Institut de recherche sur la Biologie de l'Insecte, Université de Tours, France

Ants of the genus *Cataglyphis* display a remarkable degree of variation in life-history traits and reproductive strategies between species, making them an excellent model system for comparative studies. In the cursor group, species can vary in their way they use sexual and thelytokous reproduction. In *C. pilliscapa* from the South of France, the queen maximizes the transmission of her genes by producing new gynes (gynes) asexually while simultaneously maintaining a genetically diverse workforce via the sexual production of workers¹. In two other related species, hybridogenesis has been recently found (Kuhn et al. submitted). All workers are sexually produced by two parents from different genetic origins and are hybridogens, whereas sexual forms (gynes and males) are produced by queens through parthenogenesis. In this study we present the first data on two populations of *C. pilliscapa* found in an isolated area closed to Madrid in Spain to infer (i) the level of differentiation of these populations to the other populations from the South of France and (ii) its socio genetic organisation and the occurrence of thelytoky. For the population genetic study, we collected a single worker per colony from 60 colonies originating from two populations that we analysed for both microsatellite and mitochondrial markers. For the socio-genetic study, we collected 118 workers from 13 colonies as well as 7 gynes found in two colonies that we genotyped with microsatellite makers. We also measured the size of all workers. The genetic differentiation between these two populations and those from *C. pilliscapa* was high and similar to what is found between species in this group (Eyer et al. submitted), suggesting that the two populations from this area correspond to a new genetic lineage. Worker size was also significantly lower than those of *C. pilliscapa*. Moreover, colonies from these two populations exhibits a low level of polyandry. We found no evidence of thelytokous reproduction by queens as the gynes were all produced by sexual reproduction. Our results underline the variability of reproductive strategies exhibited within the cursor group, and we discuss the new findings in light of the available biological and phylogenetic information of *Cataglyphis* genus.

¹ Pearcy, M., Aron, S., Doums, C., & Keller, L. (2004). Conditional use of sex and parthenogenesis for worker and queen production in ants. *Science*, 306.

Evolution répétée de l'hybridogenèse sociale chez les fourmis *Cataglyphis*

Alexandre KUHN¹, Hugo DARRAS^{1,2}, Omid PAKNIA³, Serge ARON¹

¹ Evolutionary Biology and Ecology, Université Libre de Bruxelles, Belgium

² Department of Ecology and Evolution, Biophore, UNIL Sorge, University of Lausanne, Switzerland

³ ITZ, Ecology and Evolution, TiHo Hannover, Germany

Plusieurs espèces de fourmis du désert appartenant au genre *Cataglyphis* sont caractérisées par un mode de reproduction remarquable appelé hybridogenèse sociale. Dans les populations hybridogènes, deux lignées génétiques distinctes coexistent, et les ouvrières sont systématiquement issues de l'accouplement entre partenaires de lignées différentes ; en revanche, les reines et les mâles sont produits de façon asexuée par parthénogenèse. De cette façon, les ouvrières sont toutes des hybrides entre les deux lignées tandis que les individus reproducteurs ont un génome exclusif à une lignée. Pour déterminer la distribution de cette stratégie de reproduction au sein du genre, nous avons caractérisé le système reproducteur de 11 espèces supplémentaires de *Cataglyphis*. Nos résultats révèlent cinq nouveaux cas d'hybridogenèse sociale. Des analyses phylogénétiques, basées sur ces espèces et sur toutes les espèces de *Cataglyphis* pour lesquels le système reproducteur a été précédemment étudié, indiquent que ce système reproducteur aurait évolué plusieurs fois indépendamment au sein du genre.

Sélection sexuelle et isolement reproducteur chez les fourmis *Cataglyphis cursor* et *C. piliscapa*

Basile FINAND¹, Raphaël CORNETTE¹, Thibaud MONNIN², Claudie DOUMS^{1,3}

¹ UMR 7205 Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité, MNHN, CNRS, EPHE, Sorbonne Université, Paris, France

² Institute of Ecology and Environmental Sciences, Sorbonne Université, Université Paris Est Créteil, CNRS, INRA, IRD, Paris, France

³ Ecole Pratique des Hautes Etudes, PSL University, Paris, France

La sélection sexuelle a été peu étudiée chez les hyménoptères sociaux, et jamais dans un contexte de spéciation. Pourtant, la discrimination d'espèces cryptiques d'insecte repose souvent sur la morphologie de l'appareil génital, suggérant l'importance de la sélection sexuelle dans l'isolement reproducteur. Par ailleurs, l'engagement à vie entre partenaires observé chez les hyménoptères sociaux devrait rendre la femelle particulièrement sélective. C'est notamment le cas lorsque les accouplements ont lieu au sol, à l'entrée des nids, sous la protection des ouvrières (Cronin et al 2011), et la sélection sexuelle peut en effet exister chez *C. cursor*, une fourmi polyandre chez laquelle les ouvrières ont un rôle dans le choix des partenaires (Helft et al 2015). Dans cette espèce la faible dispersion des reines (à pied) entraîne une très forte différenciation génétique des populations même à de très faibles distances, et une étude génétique et chimique a confirmé la présence de deux espèces de part et d'autre du Rhône (*C. cursor* et *C. piliscapa*, souvent non distinguées et appelées *C. cursor* dans la littérature) mais aussi de deux groupes génétiquement différenciés au sein de chacune des deux espèces (Eyer et al soumis). Afin d'évaluer l'importance de la sélection sexuelle dans le processus d'isolement reproducteur chez *C. cursor* et *C. piliscapa*, deux approches ont été utilisées : la morphométrie géométrique pour analyser des différences de conformation des pièces génitales entre les deux espèces, ainsi qu'entre les groupes au sein de chaque espèce, et les comportements reproducteurs. Cette deuxième approche a consisté à mettre en compétition pour l'accès à la reproduction, en présence et en absence d'ouvrières, deux mâles d'origines différentes afin d'évaluer (i) si en absence d'ouvrières l'attriance et l'acceptation des mâles par les jeunes reines diffèrent selon leur origine et (ii) si les ouvrières agressent différemment les mâles selon leur origine. Si une différentiation chimique et/ou morphologique au niveau des génitalia existe entre les groupes ou espèces, nous prédisons que (i) les mâles d'un même groupe devraient être plus attirés et acceptés par les femelles de leur propre groupe et que (ii) les ouvrières devraient agresser plus le mâle le plus éloigné génétiquement. Une telle agression différentielle serait une première démonstration du rôle potentiel des ouvrières dans les processus d'isolement reproducteur et de spéciation.

Multiple mating and sexual selection in the context of interspecific hybridization between two ant species

Marion CORDONNIER^{1,2}, Gilles ESCARGUEL¹, Adeline DUMET¹, Bernard KAUFMANN¹

¹ UMR5023 LEHNA, CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, France

² UMR8079 ESE, CNRS, Université Paris Sud, France

Climate change, urbanization and biological invasions are among the greatest current threats to biodiversity. These anthropogenic impacts have created new opportunities for hybridization between previously allopatric species which have moved and met, as it happened recently for the cryptic species of ants *Tetramorium immigrans* and *T. caespitum*. Indeed, previous studies suggested that *T. immigrans* spreads outside its native range as a response of climatic and urban factors, inducing a new contact with *T. caespitum*. We evidence here that following this event these species can hybridize, leading to fertile hybrid offspring. Such introgression is revealed both by backcross detection based on nuclear microsatellite loci and by mitochondrial-nuclear discordance based on comparison with mitochondrial DNA (Cytochrome Oxidase I). The analyses reveal a monogyne/polyandrous mating system relatively uncommon in ants. Hybrid queens, but no hybrid fathers, could be deduced from workers' genotypes, suggesting that the haploid sex could be sterile or inviable. In some colonies, hybridization and multiple mating allow the simultaneous production of hybrid and nonhybrid offspring. Although rare, these situations hint at asymmetrical contributions to offspring in favor of heterospecific vs. conspecific males. Such a study of polyandry within a hybrid zone is unprecedented in ants and opens the opportunity to investigate the selective processes involved in the maintenance of hybridization.

A spatially-explicit model sheds new light on the evolution of ant reproductive strategies

Isaac PLANAS-SITJÀ¹, Thibaud MONNIN², Nicolas LOEUILLE², Adam L. CRONIN¹

¹ Systematic Zoology Laboratory, Tokyo Metropolitan University, Japan

² UMR 7618, Institute of Ecology and Environmental Sciences of Paris, Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 6, France

Organisms face the well-known trade-off between offspring number and size. The costs and benefits of more and smaller, or fewer and larger, offspring are likely to be environmentally contingent. For instance, increased offspring size is thought to influence competitive ability and survival, while increasing offspring number provides additional chances of colonisation. This relationship is also likely to be further complicated by links between offspring size and dispersal ability, as offspring size can be positively (for active dispersal) or negatively (for passive dispersal) associated with dispersal distance. Offspring investment strategies can therefore have strong implications for species distribution and expansion capacity, and we might expect evolution of different strategies – or polymorphisms of two or more strategies – to arise in different environments. Ants are excellent subjects to study the ecology and evolution of reproductive strategies, as they generally employ two markedly different strategies: production a high number of solitary winged queen or production of small number of queens that leave the reproductive colony to establish a new colony aided by workers. The first strategy involves a high mortality rate but queens can travel great distance, while the second one increases the survival rate of the new colony but severely reduces dispersal distance. These are two examples of extreme strategies, although many intermediate strategies can exist, and it remains unclear under which selective pressures these various alternatives may arise. To explore these questions, we developed a spatially explicit model to study the coevolution of reproductive traits in ant colonies. Specifically, we explore the relationship between reproductive investment and size of offspring in environments of differing quality and distribution of resources. I discuss how this approach generates new insights on the trade-off between dispersal and competitive abilities and the factors underlying the evolution of different strategies.

Posters

Royal matchmaking: ant workers promote outbreeding by their sexual sisters by transporting them to alien nests

Mathilde VIDAL, Jürgen HEINZE

Institute of Zoology, University of Regensburg, Germany

Courtship and mating are typically associated with costs and risks and females are therefore expected to mate only with one or a few males. Nevertheless, female multiple mating (polyandry) is a common phenomenon in animals. In Hymenoptera, polyandry might be beneficial because it increases the genetic diversity of the queen's offspring, thus improving division of labour and increasing pathogen resistance. Furthermore, multiple mating may counterbalance the negative effects of eventual sib-mating. Colonies of the ant *Cardiocondyla elegans* from Southern France obligatorily contain only a single fertile queen (monogyny) and several wingless males. Mating occurs within the nest between brothers and sisters, but to promote additional outbreeding workers may transfer their female sexual sisters into alien colonies. In summer workers have been observed carrying female sexuals over several meters and dumping them into the entrances of other nests. It appears that sexuals are not randomly exported but transferred only to a subset of the locally available colonies. In order to understand which parameters workers use to select particular colonies we evaluate the relatedness between workers and the female sexuals they carried, their relatedness to the source and receiver colony, and the population structure.

Brood recognition and embryo development in ants

Arthur DE FOUCHIER¹, Sarah QUEMIN¹, Chloé LEROY¹, Abderrahman KHILA²,
Patrizia D'ETTORRE¹

¹ Laboratory of Experimental and Comparative Ethology, University of Paris 13,
Sorbonne Paris Cité, Villejuif, France

² Institut de Génomique Fonctionnelle de Lyon, CNRS, Ecole Normale Supérieure de
Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, France

Cooperative brood care is a defining feature of insect societies. It is through the care of their queens' offspring that workers maximize their fitness indirectly, without reproducing themselves. As such, recognition of brood that is suitable to care is critical for workers, especially in species that are subject to colony emigration or social parasitism. In some ant species, workers adopt brood from other colonies or closely related species. This counter-intuitive observation is explainable by the fact that adult workers emerging from adopted brood become productive members of the colony. Other species do not accept foreign brood, but systematic studies on brood discrimination in ants are lacking. There are two distinct modes of embryo development in ants: one similar to that of other insects, the other includes the formation of large extra-embryonic cells. We hypothesize that these large extra-embryonic cells might produce recognition cues. To test whether there is a link between the mode of embryo development and recognition capacities, we performed brood retrieval experiments in a variety of ant species using a common protocol and focusing on early brood stages. Preliminary results showed that *Aphaenogaster senilis* workers reject hetero-specific brood and behave differently when facing homo and hetero-colonial larvae. To investigate the cues used by workers to discriminate between larvae, we analysed the chemical profile of eggs, extra-embryonic cells and larvae.

The evolution of the chemical signature in a social wasp

Pauline FORNAIRON¹, Guénaël CABANES², Anne-Geneviève BAGNÈRES³,
Maria Cristina LORENZI¹

¹ Laboratoire d’Ethologie Expérimentale et Comparée, Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, Villetaneuse, France

² Laboratoire d’Informatique de Paris-Nord, Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, Villetaneuse, France

³ Centre d’Écologie Fonctionnelle et Évolutive UMR 5175, CNRS, Univ. Montpellier, Univ. Paul Valery Montpellier 3, EPHE, France

Recognition cues are critical in group-living organisms, as they are crucial to defend the integrity of the group itself. Crozier’s paradox states that recognition cues are polymorphic even if selection is expected to operate against polymorphism because distinctive individuals are rejected more often than individuals bearing the most common cues. In social insects, the colony recognition cues are represented by the cuticular chemical signature, which is polymorphic. However, there is little information about whether polymorphism is maintained across generations. In this study, we expected that the part of the chemical signature responsible for nestmate recognition should become more homogeneous across generations, unless other selections operate to maintain polymorphism. We measured the amount of variations in the chemical signatures of foundresses of *Polistes biglumis*, a social wasp of the Alpine mountains, using data collected at different time points across 20 years, which correspond to 20 generations. We found an increase in the variation of the relative proportions of branched alkanes across years, which can be interpreted as an increase in the polymorphism of the part of the chemical signature mostly responsible for nestmate recognition. In contrast, linear alkanes did not show the same pattern, which was expected as they are relatively less involved in nestmate recognition processes. Our results suggest that selection maintained and even increased polymorphism of recognition cues in the *P. biglumis* population. As the study population is parasitized by the social parasite *Polistes atrimandibularis*, the increased variation of recognition cues might be a result of the evolutionary arms race in the recognition system between the host and the parasite: as the parasite mimics the chemical signature of the host, the host is selected for distinctiveness in recognition cues.

Plasticité du comportement grégaire chez les larves de Diptères nécrophages

Quentin FOUCHÉ, Valery HEDOUIN, Damien CHARABIDZE

Univ. Lille, CHU Lille, EA 7367, Unité de Taphonomie Médico-Légale, Lille, France

Le grégarisme est un mode de vie sociale observé chez de nombreuses espèces animales. Cette tendance des individus à se regrouper, qui résulte d'attractions inter-individuelles, a été abondamment étudiée chez plusieurs modèles d'insectes, notamment à travers les mécanismes de choix collectifs et d'auto-organisation. Chez les Diptères nécrophages, les larves réagissent aux traces laissées par leurs congénères et forment des groupes pouvant contenir des milliers d'individus et plusieurs espèces. Ces groupes génèrent un dégagement de chaleur et concentrent les enzymes d'exodigestion des larves, ce qui a pour effet d'accélérer leur développement (effet Allee). Toutefois, les mécanismes régulant ces agrégations larvaires sont encore méconnus. L'objectif de cette étude est de caractériser la plasticité de l'agrégation des larves, en se focalisant sur la réponse aux variations de l'abondance bactérienne dans la nourriture (un facteur pouvant affecter le développement larvaire) en fonction du nombre de larves et de la quantité de nourriture disponible. Dans un test de choix présentant 2 parcelles de nourriture décomposée depuis 0 et 7 jours, la distribution de 40 larves (*Lucilia sericata*) a été photographiée toutes les 2 minutes pendant 48 heures et analysée avec le logiciel ImageJ. L'expérience a été répétée en triplant le nombre de larves et l'aire des parcelles. Les résultats ont montré (1) une agrégation significative des larves sur la parcelle fraîche durant les 30 premières heures, (2) des patterns variables de choix collectifs après 30 heures, (3) la disparition de l'agrégation pour les groupes de 40 larves lorsque la taille des parcelles était augmentée et (4) son rétablissement pour les groupes de 120 larves. Ces résultats démontrent un léger effet répulsif de la décomposition anaérobiose sur les larves, amplifié par l'effet du groupe uniquement lorsque la densité larvaire est suffisamment élevée pour contrebalancer les préférences individuelles. Des analyses utilisant la modélisation permettraient de déterminer plus en détail les facteurs responsables des variations comportementales observées.

Is *Apis mellifera* capable of improving their defensive behaviour in response to *Vespa velutina* predation?

Célia BORDIER¹, Olivier BONNARD¹, Karine MONCEAU², Denis THIERY¹

¹ INRA, UMR 1065 Santé et Agroécologie du Vignoble, Villenarve d'Ornon, France

² CNRS UMR 7372 Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, Université de La Rochelle, Villiers-en-bois, France

Following its introduction a decade ago, the yellow-legged hornet, *Vespa velutina*, has been spreading through Europe. This invasive predator preys on the honeybees, *Apis mellifera*. A high predation pressure can result in a colony collapse. In the current context of colony decline, the presence of *V. velutina* is a main concern, in France and several neighboring countries. Therefore, a new European project opened on the conservation of Atlantic pollination services and control of this invasive species. The predation pressures on colonies is not homogeneous within a particular apiary and uncorrelated to honeybee colony strength, suggesting a specific behavioural response of colonies. To date, *A. mellifera* did not develop efficient defensive behaviour contrary to *Apis ceranae*. Some colonies can be more prone at defending themselves against this predator, but there is a need to understand how hornets choose their prey. Therefore, as a part of the European project Arc Atlantic POSITIVE, our main objective is to better understand the defensive behaviour of different honeybee strains (buckfast, Caucasian, black) and to assess the relation between the defensive behaviour developed by each against the predator pressure of *V. velutina*. For that purpose, behavioural traits like aggressiveness or the ability of the colony to recruit enough guards are quantified across the season of predation. Colony characteristics (brood development, resources available in the colony, temperature, weight), as well as individual parameters (immunocompetence, physiology) will also be determined. Taken together, these data will be important to propose new pest management directions for beekeepers and open perspectives for honeybee livestock selection.

Lethal and sublethal synergistic effects of chemical mixture and pesticide-nutrition interactions on bees

Simone TOSI¹, James C. NIEH²

¹ Epidemiology Unit, ANSES (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety) Animal Health Lab, Maisons-Alfort, France

² Section of Ecology, Behavior, and Evolution; Division of Biological Sciences; University of California San Diego, USA

Bees are exposed to multiple stressors simultaneously, such as pesticides (including chemical mixtures of multiple active ingredients), nutrition deficiencies, and diseases. Combined exposure to multiple stressors can cause interactive effects, amplifying the risk if the two agents (i.e. two pesticides) interact synergistically altering animal survival and behaviour. However, research and regulatory pesticide Risk Assessment (RA) generally investigates the risks posed by only one agent at the time (i.e. one pesticide), and mainly addresses effects on animal survival. The difference between the complexity of real-world situations (i.e. exposure to multiple stressors affecting survival and behaviour) and the simplified experimental (RA) scenario can lead to uncertainties in conclusions about bee health. Thus, we investigated the synergistic effects of a chemical mixture on animal survival and behaviour, and tested if pesticide-nutritional stresses can cause synergism on the honey bee. Our first experiment demonstrated that the combination of field-realistic exposure to two major stressors for bees, pesticides and poor nutrition, can synergistically impair bee health. We also showed that these stresses, combined, reduced both glucose and trehalose concentration in bee hemolymph and food consumption. In a second experiment, we demonstrated that combined exposure to a novel insecticide (flupyradifurone, Sivanto®) and a common fungicide (propiconazole) synergistically increased bee abnormal behaviours and mortality. The synergistic interactions of stressors on bee health should be further investigated, as they likely contribute to alterations of bee health.

Méthodes d'élevage de reine permettant l'exposition du couvain royale à des pesticides

Florian BASTIN^{1,2}, Stephane GRATEAU², Pierrick AUPINEL², Freddie-Jeanne RICHARD¹

¹ Laboratoire Ecologie Evolution Symbiose, UMR CNRS 7267, team Ecologie, Evolution, Symbiose, Université de Poitiers, France

² INRA Magneraud, UE Apis, Surgères, France

L'abeille domestique, *Apis mellifera*, est l'insecte ayant la plus grande valeur économique dans le domaine de l'agroalimentaire. En effet son rôle de pollinisatrices pour de nombreux fruits, légumes et cultures céréalières, joue un rôle crucial dans la production mondiale de ces denrées alimentaires. Depuis quelques années, les populations d'abeilles subissent un déclin alarmant. Ce déclin est attribué à de nombreux facteurs, parmi lesquelles l'expansion des pesticides dans les cultures. De nombreuses méthodes et techniques sont apparues pour évaluer l'effet des pesticides sur la mortalité des abeilles, ainsi que des effets sublétaux sur le comportement, la physiologie et la neurobiologie des abeilles. Cependant ces études se sont principalement focalisées sur les ouvrières et très peu se sont intéressées aux reines. La reine a le monopole de la reproduction et assure ainsi la production des ouvrières. En permanence dans la ruche, elle est principalement exposée aux pesticides via son alimentation au cours de son développement et à l'état adulte. L'étude des conséquences de la présence des pesticides dans l'environnement sur la mortalité, le comportement et la capacité de reproduction des reines nous semble donc particulièrement important à prendre en considération. Malgré l'importance indéniable de la reine, aucun test toxicologique n'est reconnu à ce jour pour évaluer l'effet d'une exposition à l'état larvaire sur les futures reines. Au laboratoire nous nous sommes intéressé à développer des méthodes d'élevage de reine permettant l'exposition au pesticide à l'état larvaire et son contrôle. Nous présenterons les différents paramètres pour obtenir des reines en laboratoire à partir de protocoles entièrement *In Vitro* à des protocoles mixtes *In Vivo-In Vitro* et discuterons des différentes méthodes.

A new assay of *Varroa destructor* rearing in laboratory conditions

Vincent PIOU, Angélique VETILLARD

Laboratoire Evolution et Diversité Biologique, INU Champollion, Albi, France

The acarian ectoparasite *Varroa destructor* is one of the leading causes of honey bee colony losses worldwide. Being able to fully rear the parasite in laboratory conditions is a challenge that requires a deep comprehension of its developmental cycle. An important part of our current knowledge on the *Varroa*-honey bee interactions emerged from such rearing of mites in semi natural or laboratory conditions. The method using gelatin capsules developed by our team allowed the transfer of the whole parasite cycle to study the mite under controlled conditions. Yet, our protocol remains to be improved by studying the parameters susceptible to optimize the reproductive success and by developing a rearing method over several generations. As the number of mites in a cell is known to impact the number of mated daughters, the effect of the infestation level of bee larvae was investigated in laboratory conditions. The presence of a second mite in the cell improved the reproductive parameters of the parasite measured in our study. This observation would in fact be a consequence of the higher proportion of cell with one foundress alive when two foundresses infested the cell. The daughters were used in a subsequent rearing and the oviposition and development of the offspring were close to the first generation. However, many of the females from the second generation died before the completion of their first reproductive cycle. Linking it with previous results on the vitellogenin genes expression, we hypothesized that the new females obtained in our rearing are fertile but lack the energy necessary to survive the reproduction.

Effet de lisière sur une communauté de termites : Transects d'échantillonnage et isotopes stables

Pavel BABCZENKO¹, Camille LEGRAND¹, Nicolas KACKMAREK¹, Simon HELLEMANS¹, Gilles LEPOINT², Yves ROISIN¹

¹ Evolutionary Biology & Ecology, Université libre de Bruxelles, Belgium

² Laboratory of Oceanology-MARE, FOCUS UR, University of Liège, Belgium

Les conditions physiques et biotiques au niveau de la lisière sont un facteur de stress amplifié par la fragmentation des forêts. En Guyane, une tranchée dans la forêt permet le passage de la ligne à haute tension qui achemine l'électricité depuis le barrage de Petit Saut. L'impact de l'effet de lisière produit par cette tranchée a été étudié sur un groupe d'arthropodes très important en région tropicale, les termites. Des études précédentes suggèrent que la composition de la communauté est le principal paramètre impacté. Près de la lisière, l'abondance de bois mort profiterait aux xylophages, alors que les conditions abiotiques plus sévères seraient défavorables aux humivores. Ces différentes réponses ont été étudiées par l'échantillonnage des termites sur 4 lignes de 25 quadrats de 5m², situées à 10m, 30m, 60m et 100m de la lisière. Les termitières présentes le long de ces lignes ont aussi été échantillonnées, mesurées et leur support relevé. Les espèces ont été identifiées et leur régime alimentaire quantifié par l'analyse des isotopes stables de l'azote et du carbone, $\delta^{15}\text{N}$ étant représentatif du niveau de dégradation de la matière organique et $\delta^{13}\text{C}$ de son origine, en particulier pour différencier les plantes en C3 des plantes en C4 (herbacées) que l'on retrouve dans la tranchée. L'abondance et la proportion relative des termites humivores et le nombre de nids habités diminuent significativement en s'éloignant de la lisière. On observe une tendance inverse pour la proportion de nids associés aux palmiers. Les autres paramètres n'ont pas présenté de tendance significative avec la distance. Les premiers résultats de l'analyse isotopique suggèrent que les deux ratios ont tendance à augmenter pour certains taxa en s'approchant de la lisière, et pour l'ensemble de la communauté quand on considère $\delta^{15}\text{N}$. L'inverse est cependant observé pour le $\delta^{13}\text{C}$ d'une espèce, *Silvestritermes heyeri*. L'analyse isotopique du carbone semble indiquer que la matière organique d'origine herbacée pénètre dans la forêt jusqu'à une distance minimale de 60 m et est assimilée par les termites. L'analyse de l'azote nous montre un taux de dégradation supérieur à proximité de la lisière, qui correspond à une plus grande abondance des humivores. Contrairement à l'hypothèse de départ, la composition de la communauté ne varie pas significativement avec la distance, et les termites humivores ne semblent pas impactés négativement par les conditions de la lisière.

Uncorrelated optic flow's invariants controlling altitude in honeybees: a new experimental setup

Aimie BERGER DAUXERE, Gilles MONTAGNE, Julien R. SERRES

Aix Marseille Univ, CNRS, ISM, Marseille, France

Movement of an observer through a static environment generates a retinal pattern of optic flow specifying the self-motion direction. In the honeybee *Apis mellifera*, ability to navigate along tunnels solely on basis of optic flow has been largely investigated [1-3]. But what component of this optic flow is actually relevant in the regulation of honeybees' altitude? Two specific optical invariants should be considered: optical scrolling speed and splay angle's rate of change generated by base lines. We are designing a new paradigm, in which these two optical invariants could be uncorrelated, individually suppressed or distorted. Our flight tunnel (220-cm long, 71-cm high and 25-cm wide) is textured with parallel red stripes on the four surfaces oriented perpendicularly to the direction of flight. This pattern provides to a flying insect an optical scrolling speed. The floor pattern can be replaced by a uniform white one to remove the ventral optical scrolling speed. The right wall consists of an insect netting lined with the same pattern allowing trajectories' record at a 100Hz acquisition frequency with a Dalsa Génie HM640 camera . The splay angle formed by base lines can be changed when a bee travels along the tunnel by two motorized carbon sticks. Sticks' speed is controlled by a brushless motor, coupled to a two-way metric worm with two rotating carriages driving sticks orientation. When a honeybee flies through the flight tunnel, mobile sticks could converge or diverge, providing bees the illusion they will be going up or down, respectively. By filming their 2D trajectory in the vertical plane, we will be able to assess whether they use or not each optical invariant to control their altitude. We hypothesize the splay angle's rate of change is an optical invariant used by honeybees *Apis mellifera* to control its altitude, as pilots do in a similar situation.

1. G. Portelli, J.R Serres and F. Ruffier (2017) Altitude control in honeybees : joint vision-based learning and guidance, *Scientific Reports* (7) 9231
2. J.R Serres and F. Ruffier (2017) Optic flow-based collision-free strategies: From insects to robots, *Arthropod structure & development* (46) 5, 703-717
3. M.V Srinivasan (2011) Visual control of navigation in insects and its relevance for robotics, *Current Opinion in Neurobiology* (24) 4, 535-543

Response to risk-reward trade-off during foraging in desert ants

Swetashree KOLAY¹, Xim CERDA², Raphael BOULAY^{3†}, Patrizia d'ETTORRE¹

¹ Laboratoire d'Ethologie Experimentale et Comparée, Université Paris 13, Villetaneuse, France

² Estación Biológica de Donana, CSIC, Sevilla, Spain

³ Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, Université de Tours, France

Animal personality or consistent differences in behaviour among conspecifics is ubiquitous and has important ecological implications. Variation in personality is thought to be functionally related to variation in cognitive style which is defined as the way in which individuals acquire, evaluate or act on information. This is, in turn, related to a risk-reward trade-off where the level of expression of a behavioural trait may bring in more rewards but at the cost of higher risks. Desert ants regularly encounter thermal stress in the form of high temperatures. Foragers have to spend considerable periods of time outside the nest where they are exposed to very high temperatures. Exposure to such conditions for prolonged periods may reduce the locomotor abilities of individuals and cause desiccation. However, there are species that exploit periods of high temperature to avoid heat-intolerant predators and competitors. High temperature is therefore one of the major risk factors that these ants encounter every time they exit the nest. Variation in thermal tolerance among individuals and colonies may modulate their adaptive potential. Foraging resources are often ephemeral. Further, multiple food sources may be present simultaneously. The ability to exploit profitable resources successfully has significant implications for colony survival and fitness. We assessed the response of *Aphaenogaster senilis* colonies with variations in thermal tolerance to a trade-off between quality and quantity of food sources and the distance of the food sources from the nest. Risk-prone and risk-averse colonies in terms of thermal tolerance were identified and each colony was provided with two food sources simultaneously. These food sources varied in quality, quantity and distance from the nest. These trials were repeated at different temperatures to understand the effect of thermal stress on the foraging ability of each colony. The efficiency of resource exploitation of colonies and the rewards obtained under these different conditions will be discussed. Evaluating the strategies adopted by social insect colonies and how this affects task efficiency will give us an insight into the adaptability of species to extreme conditions.

What makes a good tool user in ants?

Garyk ROELANDT¹, István MAAK², Patrizia D'ETTORRE¹

¹ Laboratory of Experimental and Comparative Ethology, University of Paris 13, Sorbonne Paris Cite, Villejuif, France

² Laboratory of Social & Myrmecophilous Insects, Museum and Institute of Zoology, Warsaw, Poland

Tool use is widespread not only in humans but also in many other *animal* species, both vertebrates and invertebrates. In ants, some species, such as *Aphaenogaster senilis*, do not have a distensible crop and they cannot transport large amounts of liquid food inside their bodies. Therefore, workers soak tools (debris) into liquid food to collect and bring it to their nest. Recent studies have shown that tool use in these ants is not a fixed behaviour: they use tools in a flexible way by being able to select the most efficient ones to fulfil their task (Maák et al. 2017). In previous studies, it was observed that not all foraging ants use tools, only a fraction of them. Consistent individual differences in levels of behavioral expression, that is, frequency, duration, or intensity of a given behavior (personality differences) have been shown in ants, both at the colony and individual level. We therefore hypothesized that personality traits might influence tool use. The aim of this study was to investigate the possible link between a tool use task and two personality tests: open-field and reaction to a prey. These personality tests were performed individually and repeated twice. The results of both tests showed individual variability and consistency over time, characteristics of personality traits. For the tool use task, sub-colonies of 20 ants were tested. Only a small fraction of workers performed tool use. These workers were characterized by high level of risk-taking in the open field test and high reactivity to the prey. In general, tool users were significantly different from non-tool users with respect to their personality traits, therefore these can predict whether a worker will be a tool user or not. The link between individual personality and tool use in this species of social insect may help to understand the organization of social life within the colony and to highlight the importance of inter-individual differences in the expression of behaviour.

Maák I., Lőrinczi G., Lequinquis P., Módra G., Bovet B., Call J., d'Etterre P. (2017). Tool selection during foraging in two species of funnel ants. *Animal Behaviour*, 123, 207-216.

Liste des participants

Alaux Cédric, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
cedric.alaux@inra.fr

Almasri Hanine, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
hanine.almasri@inra.fr

Angulo Elena, Estacion Biologica Donana CSIC, Seville, Espagne.
angulo@ebd.csic.es

Babczenko Pavel, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.
pbabczen@ulb.ac.be

Bagneres Anne-Geneviève, CEFE UMR CNRS - UM - UPVM - IRD - EPHE, Montpellier, France. ag.bagneres@cefe.cnrs.fr

Barascou Léna, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
lena.barascou@inra.fr

Barassé Valentine, EA 7417 BTSB - INU Champollion, Albi, France.
valentine.barasse@gmail.com

Beaurepaire Alexis, University of Bern, Bern, Suisse.
alexis.beaurepaire@vetsuisse.unibe.ch

Belzunces Luc, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
luc.belzunces@inra.fr

Berger Dauxère Aimie, Institut des Sciences du Mouvement, Marseille, France.
aimie.berger-dauxere@univ-amu.fr

Bertelsmeier Cléo, University of Lausanne, Lausanne, Suisse.
cleo.bertelsmeier@unil.ch

Beslay Dominique, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
dominique.beslay@inra.fr

Blanchard Solène, Unité d'Ecologie Sociale, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique. solene.b86@gmail.com

Blight Olivier, IMBE - Avignon université, Avignon, France. olivier.blight@imbe.fr

Bonnafe Elsa, Institut National Universitaire Champollion - EA BTSB, Albi, France.
elsa.bonnafe@univ-jfc.fr

Bordier Celia, INRA, UMR 1065 Save, Villenave d'Ornon, France.
celia.bordier@inra.fr

Cerda Xim, Estacion Biologica Donana CSIC, Seville, Espagne. xim@ebd.csic.es

Charreton Mercedes, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
mercedes.charreton@inra.fr

Chauvet Caroline, IRSEA, Apt, France. c.chauvet@group-irsea.com

Colin Théotime, Macquarie University, Macquarie Park, Australie.
theotime.colin@gmail.com

Collet Claude, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
claude.collet@inra.fr

Cordonnier Marion, ESE – UMR CNRS 8079, Paris, France.
marion.cordonnier@hotmail.fr

d'Etorre Patrizia, LEEC, Université Paris 13, Villetaneuse, France.
dettorre@leec.univ-paris13.fr

Dalmon Anne, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
anne.dalmon@inra.fr

De Almeida Tania, IMBE, France. tania.almeida@outlook.fr

de Fouchier Arthur, Université Paris 13, Villetaneuse, France.
arthurdefouchier@gmail.com

Decourtey Axel, ITSAP-Institut de l'Abeille, Avignon, France.
axel.decourtey@itsap.asso.fr

Desclos le Peley Victor, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
victor.desclos-le-peley@inra.fr

Di Pasquale Garance, IRSEA, Apt, France. g.dipasquale@group-irsea.com

Dievart Virginie, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
virginie.dievart@inra.fr

Doums Claudie, Institut de Systématique, Biodiversité, Evolution, Paris, France.
claudie.doums@ephe.psl.eu

Dubois Thibault, CNRS CRCA, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
thibault.dubois@univ-tlse3.fr

Fichaux Mélanie, UMR Ecofog, France. fichaux.mel@gmail.com

Finand Basile, UMR 7205 Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité, Paris, France.
finand.basile@gmail.com

Fornairon Pauline, LEEC, Université Paris 13, Villetaneuse, France.
p.fornairon@gmail.com

Fouché Quentin, Unité de Taphonomie Médico-Légale (UTML - EA 7367, Univ. Lille, CHU Lille), Lille, France. quentin.fouche@gmail.com

Fourcassie Vincent, CNRS CRCA, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
vincent.fourcassie@univ-tlse3.fr

Frangjian Florian, IRSEA, Apt, France. f.frangjian@group-irsea.com

Fujioka Haruna, University of Tokyo, Tokyo, Japon. fujioka.ha@gmail.com

Garnier Anaïs, INRA Le Magneraud, Surgère, France. anais.garnier.53@hotmail.fr

Gergonne Damien, Université Paul-Sabatier (UT3) - Toulouse, Saint-Orens de Gameville, France. gergonne.damien@gmail.com

Gippet Jérôme, DEE - Université de Lausanne, Lausanne, Suisse.
jerome.gippet@unil.ch

Gomez-Moracho Tamara, CNRS CRCA, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
tamara.gomez@univ-tlse3.fr

Guerry Coralie, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
Coralie.guerry@inra.fr

Guillet Bertrand, IRSEA, Apt, France. b.guillet@group-irsea.com

Hellemans Simon, Université libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.
simon.hellemans@gmail.com

Henry Mickaël, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
mickael.henry@inra.fr

Honorio Romain, iEES - Paris, Paris, France. romainhonorio@yahoo.fr

Jacquier Lauren, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement, Paris, France.
lauren.jacquier@gmail.com

Jeanson Raphaël, CNRS CRCA, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
raphael.jeanson@univ-tlse3.fr

Josens Guy, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique. gjosens@ulb.ac.be

Kaczmarek Nicolas, Evolutionary Biology, Belgique. nickaczmar@gmail.com

Kadala Aklesso, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
pyabaloaklesso.kadala@inra.fr

Kaufmann Bernard, Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne, France.
bernard.kaufmann@univ-lyon1.fr

Khalife Adam, CNRS UMR7618 Institut d'Ecologie et Sciences de l'Environnement,
Paris, France. adam.khalife@upmc.fr

Kheloufi Abdenour, Université de Batna 2, Algérie, Batna, Algérie.
abdenour.kheloufi@yahoo.fr

Kolay Swetashree, Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée, Villetaneuse,
France. swetashree85@yahoo.co.in

Kraus Stéphane, CNRS CRCA, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
stephane.kraus@univ-tlse3.fr

Kuhn Alexandre, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.
alexkuhn89@gmail.com

Lalanne Josette, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.
gjosens@ulb.ac.be

Lecocq de Pletincx Nathan, Université libre de Bruxelles, Belgique.
nathan.lecocq.de.pletincx@ulb.ac.be

Le Conte Yves, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France. yves.le-
conte@inra.fr

Legrand Camille, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.
camillezoe.legrand@orange.fr

Lenoir Alain, Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, Tours, France.
alain.loenir@univ-tours.fr

Lihoreau Mathieu, CNRS CRCA, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
mathieu.lihoreau@univ-tlse3.fr

Lorenzi Maria-Cristina, LEEC, Université Paris 13, Villetaneuse, France.
cristina.lorenzi@leec.univ-paris13.fr

Lucas Christophe, Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UMR 7261,
Université de Tours, Tours, France. christophe.lucas@univ-tours.fr

Marque Manon, CNRS CRCA, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
manon.marque@univ-tlse3.fr

Meunier Joël, Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UMR 7261,
Université de Tours, Tours, France. joel.meunier@univ-tours.fr

Monchanin Coline, CNRS CRCA, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
coline.monchanin@univ-tlse3.fr

Mondet Fanny, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
fanny.mondet@inra.fr

Monnin Thibaud, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement, Paris,
France. thibaud.monnin@sorbonne-universite.fr

Mouillard-Lample Léo, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
leo.mouillard-lample@inra.fr

Peeters Christian, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement, Paris,
France. christian.peeters@upmc.fr

Pereira Hugo, Université Libre de Bruxelles - Service d'écologie sociale, Bruxelles,
Belgique. hugo.pereira@ulb.ac.be

Perez Rémy, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique. rperez@ulb.ac.be

Peruzzi Mathilde, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
mathilde.peruzzi@inra.fr

Piou Vincent, Institut National Universitaire Champollion - Laboratoire EDB, Albi,
France. vincentpiou@live.fr

Pioz Maryline, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
maryline.pioz@inra.fr

Piqueret Baptiste, Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée, Villetaneuse,
France. baptiste.piqueret@leec.univ-paris13.fr

Planas-Sitjà Isaac, Tokyo Metropolitan University, Tokyo, Japon.
iplanass@protonmail.com

Reyes Maritza, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France. maritza-regina.reyes-carreno@inra.fr

Richard Freddie-Jeanne, Université de Poitiers, Poitiers, France.
freddie.jeanne.richard@univ-poitiers.fr

Riva Clémence, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
clemence.riva@inra.fr

Rodet Guy, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
guy.rodet@inra.fr

Roelandt Garyk, Université Paris 13, Bruxelles, Belgique. galora14@gmail.com

Roisin Yves, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique. yroisin@ulb.ac.be

Romero Arias Johanna, Evolution Biologique et Ecologie, ULB, Bruxelles, Belgique.
joromero@ulb.ac.be

Romiguier Jonathan, CNRS, Montpellier, France.
jonathan.romiguier@umontpellier.fr

Rottier Emilien, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
Emilien.rottier@inra.fr

Roy Virginie , CNRS IEES PARIS UMR7618, Créteil, France. roy@u-pec.fr

Ruhland Fanny, Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UMR 7261,
Université de Tours, Tours, France. fannyruhland@gmail.com

Sené Déborah, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
deborah.sene@inra.fr

Sillam-Dussès David, Université Paris 13, Villetaneuse, France. sillamduesses@univ-paris13.fr

Thiery Denis, INRA, UMR 1065 Save, Bordeaux, France. denis.thiery@inra.fr

Tison Léa, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
lea.tison@gmail.com

Tosi Simone, ANSES, France. tosi.biology@gmail.com

Touchard Axel, Institut National Universitaire Champollion, Albi, France.
axel.touchard2@gmail.com

Vaes Oscar, Université Libre de Bruxelles - Service d'écologie sociale, Bruxelles,
Belgique. oscavaes@ulb.ac.be

Valette Agathe, INRA, UR Abeilles et Environnement, Avignon, France.
Agathe.valette@inra.fr

Van Meyel Sophie, Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UMR 7261,
Université de Tours, Tours, France. sophie.van.meyel@gmail.com

Vidal Mathilde, University of Regensburg, Insitut of Zoology Department of Zoology
, Regensburg, Allemagne. mathilde-vidal@live.fr

Vogelweith Fanny, M2I BIO CONTROL, Parnac, France. fanny.vogelweith@m2i-
lifesciences.com

Weyna Arthur, Université de Montpellier, Montpellier, France.
arthur.weyna@umontpellier.fr

Excursion

Après le repas du jeudi midi (29 août), un bus partira d'Avignon (place St Lazare, juste en face de l'université) en direction des Baux de Provence pour visiter son château, le village et les carrières de Lumières.

Un temps libre sera accordé aux Baux de Provence jusqu'à 17h.

- **Visite du château et du village des Baux-de-Provence (de 14h30 à 17h)**

Une visite libre du château est prévue à partir de 14h30 ainsi qu'un temps libre pour flâner dans les rues de ce village provençal.

- **Visite des Carrières de Lumières (de 17h à 18h)**

Ancienne carrière avec spectacles multimédia artistiques et projection de célèbres tableaux mis en musique. Cette année l'exposition sera sur les thèmes Van Gogh ainsi que Japon Rêvé.

Le retour en bus à Avignon se fera à 18h.

Banquet

Le dîner de Gala aura lieu le jeudi soir (29 août) au restaurant "Le Bercail" situé au bord du Rhône sur l'île de la Barthelasse.



Université d'Avignon Campus Hannah Arendt Amphithéâtre AT06

Partenaires et sponsors

