

COMMUNICATIONS ORALES

Biodiversité et fonctionnement des réseaux d'interactions plantes-pollinisateurs

I. Dajoz

ENS, rue d'Ulm 75006 Paris - UMR Bioemco , UPMC, Paris XII, IRD, CNRS, INRA

Comme toutes les autres catégories d'êtres vivants, les réseaux d'interactions plantes-pollinisateurs sont touchés par la crise actuelle de la biodiversité. Ces réseaux sont structurés de manière particulière, ce qui peut les rendre à la fois très résistants et très sensibles aux variations de leur biodiversité. Je présenterai les résultats d'une approche expérimentale visant à tester cette hypothèse. De nos jours, non seulement la diversité des insectes pollinisateurs mais également la densité de leurs populations sont en décroissance. Les causes de cette chute de densité sont multiples, et une question importante est de savoir quel est son impact sur le service écosystémique de pollinisation, notamment dans les agrosystèmes. Une approche expérimentale montre l'impact de variations de la densité des pollinisateurs sur la prérennité des communautés végétales.

Dynamique de la phéromone des butineuses dans la colonie d'abeilles *Apis mellifera*.

A. Maisonnasse¹, J.-C. Lenoir¹, D. Beslay¹, N. Boyer¹, E. Plettner², & Y. Le Conte¹

¹INRA, UMR 406 Abeilles et Environnement, Laboratoire Biologie et Protection de l'Abeille, Site Agroparc, 84914 Avignon, France

²Département of Chemistry, Simon Fraser University, 8888 University Drive, Burnaby, B. C. V5A 1S6, Canada

L'oléate d'éthyle (OE) est une molécule produite par les abeilles butineuses et par les abeilles les plus âgées. En présence de ce composé, les jeunes abeilles nourrices ralentissent leur « maturation comportementale » en retardant le moment où elles changent de tâches de nourrices à celles de butineuses. L'OE agit donc comme une phéromone modificatrice qui contrôle le temps passé à l'intérieur de la ruche par les nourrices et permet ainsi de réguler, en partie, l'équilibre actif entre le nombre de butineuse et de nourrices de la colonie. Nous travaillons actuellement sur la dynamique de cette molécule, pour mieux comprendre quel est son rôle dans l'autorégulation de la société d'abeilles. L'étude consiste au suivi, au cours du temps, du taux d'OE chez plusieurs acteurs de la colonie, et chez différentes races d'abeilles mellifères (*Apis mellifera mellifera*, *A. m. ligustica* et *A.m. sp*) qui montrent des développements comportementaux différents. Ces travaux ont permis de mettre en évidence une augmentation temporelle saisonnière du taux d'OE chez tous les individus de mai à août, suivi d'une forte diminution en septembre. Parmi les butineuses, celles spécialisées dans la collecte de nectar ont un taux d'OE plus important que celles récoltant du pollen. Ces résultats laissent supposer que la régulation de la maturation comportementale des nourrices est plus importante en juillet et en août, et que les butineuses de nectar en sont les acteurs principaux. Les différentes races d'abeilles présentent des taux d'OE similaires malgré des différences de maturation comportementales. Les nourrices de ces races montreraient donc une sensibilité différente à cette molécule. En perspective, tester l'effet d'une dérégulation, par des facteurs externes, de la dynamique de cette molécule sur le fonctionnement de la colonie, nous permettra de mieux comprendre le rôle de cette phéromone dans l'autorégulation des tâches effectuées par la colonie.

Etude de la signature chimique chez le frelon asiatique *Vespa velutina*

E. Darrouzet, L. Millerand, JP Christides, C. Villemant, AG Bagnères

Université de Tours, IRBI UMR CNRS 6035, parc de Grandmont, 37200 Tours - France.

Avant 2004, il n'existait en France qu'une seule espèce de frelon, le frelon commun ou *Vespa crabro*. Toutefois, depuis cette année fatidique, *Vespa crabro* n'est plus le seul frelon existant sur notre territoire. Une nouvelle espèce est dorénavant présente et pose de nombreux soucis tant du point de vue économique, social qu'en biodiversité. Des frelons asiatiques, du genre *Vespa velutina nigrithorax*, ont ainsi été observés dans le département du Lot-et-Garonne). Cette espèce invasive a été accidentellement introduite et s'est adaptée au climat local. *Vespa velutina* devrait petit à petit envahir le territoire français et les régions les plus chaudes d'Europe. Actuellement peu d'études scientifiques lui ont été consacrées. L'objectif de notre étude était donc de déterminer d'une part la signature chimique (profils et natures des hydrocarbures cuticulaires) de cette espèce sociale, et d'autre part déterminer l'existence ou non d'une différence inter-coloniale de cette signature chez les ouvrières. Plus de 50 molécules différentes ont été isolées dans le profil cuticulaire d'ouvrières de *V. velutina* par GC-FID ; nous avons identifié plus d'une trentaine d'hydrocarbures par GC-MS et avons montré l'existence d'une signature chimique coloniale. Ce dernier résultat reste à être confirmé par des analyses supplémentaires, mais il ouvre des perspectives d'études fort intéressantes, tant du point de vue écologie chimique que de la biologie de cette espèce.

Ontogenèse de la reconnaissance des œufs chez les reines de bourdons *Bombus terrestris*

YAGOUND Boris, CHALINE Nicolas

La production de mâles dans les colonies de bourdons *Bombus terrestris* est soumise à la fin du cycle colonial à une intense compétition entre la reine et les ouvrières par oophagies interposées. Cette lutte pour l'optimisation de la *fitness* nécessite que les individus puissent discriminer efficacement leurs propres œufs et les œufs des autres individus reproducteurs. En outre il existe des profils chimiques différents au niveau des composés de surface des œufs entre reines et ouvrières. Des études ont ainsi découvert l'existence de capacités de discrimination chez les reines uniquement, où une reconnaissance individuelle des œufs a été montrée, mécanisme qui semble se mettre en place durant les trois jours suivant la ponte. Une des hypothèses permettant d'expliquer le monopole de la reine sur la production de mâles est qu'elle pourrait apprendre les caractéristiques de ses œufs pendant la phase solitaire d'initiation de la colonie. Cette étude pose donc la question de l'ontogenèse de ce mécanisme de discrimination chez les reines. Il apparaît ainsi qu'un phénomène d'apprentissage est bien présent, bien que probablement dépendant aussi d'un patron préprogrammé ou d'une sensibilisation à sa propre odeur. Seuls ses propres œufs semblent pour la reine avoir les caractéristiques permettant de fixer le comportement d'oophagie différentielle, alors que dans le cas d'une familiarisation avec des œufs étrangers, une modification du patron de reconnaissance des œufs est suggérée.

Mots clés : apprentissage, *Bombus terrestris*, conflit reine-ouvrières, discrimination, ontogenèse, oophagie, reconnaissance.

Utilisation des repères visuels et odorants pour voyager par la fourmi *Myrmica sabuleti* : pourquoi et comment ?

Marie-Claire Cammaerts, Zoheir Rachidi

Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, CP 160/11, 50, Av. F. Roosevelt, 1050
Bruxelles, Belgique.

Après avoir été différentiellement conditionnées à deux sigles visuels, les ouvrières de *Myrmica sabuleti* parcourent correctement un labyrinthe dûment jalonné de ces deux sigles. De même, après avoir subi un conditionnement différentiel à deux odeurs, elles négocient parfaitement un labyrinthe pourvu de ces deux odeurs. Conditionnées à la fois à deux sigles visuels et à deux odeurs, ces ouvrières parcourent correctement des labyrinthes où ces sigles visuels et odorants se succèdent, s'alternent ou s'additionnent. Quand les sigles visuels et odorants sont en contradiction (visuels corrects et odorants erronés ou l'inverse), les fourmis répondent préférentiellement aux odeurs. Elles cessent rapidement de répondre à des odeurs disposées erronément alors qu'elles continuent à suivre des sigles visuels mal positionnés. Pour comprendre cette manière d'agir, nous avons étudié le conditionnement (opérant) olfactif et visuel de *M. sabuleti*. Ces fourmis apprennent très vite une odeur ; elles l'oublient aussi très vite et complètement. Leurs facultés olfactives sont supérieures le soir, moindres le jour. Elles apprennent un sigle visuel plus lentement et après une période de latence. Elles l'oublient aussi plus lentement et après une phase de latence, mais elles ne l'oublient jamais complètement. Leurs facultés visuelles sont moindres le soir et supérieures le jour. Tout ceci explique leur manière d'utiliser des sigles visuels et odorants pour s'orienter. Par ailleurs, elles apprennent plusieurs odeurs en les mémorisant chacune séparément ; elles peuvent en apprendre ainsi une dizaine. Par contre, elles mémorisent plusieurs sigles visuels globalement. Des expériences complémentaires ont vérifié ce dernier point qui, de plus, corrobore nos précédents résultats sur la vision de nombre d'éléments par les ouvrières de *M. sabuleti*.

Une mauvaise nouvelle ...

Marie-Claire Cammaerts⁽¹⁾, Zoheir Rachidi⁽¹⁾, Philippe De Doncker⁽²⁾, François Bellens⁽²⁾

1-Université Libre de Bruxelles, 50, Av. F. Roosevelt, 1050 Bruxelles, Belgique., Faculté des Sciences, CP 160/11

2-Faculté des Sciences Appliquées, Service OPERA

Exposées à des ondes électromagnétiques (celle des GSM), les ouvrières de la fourmi *Myrmica sabuleti* n'ont jamais acquis de conditionnement olfactif ni visuel. Après une période de récupération, elles purent apprendre mais sans atteindre leur niveau habituel. A nouveau exposées aux ondes, ces fourmis conditionnées et maintenues en conditionnement, perdirent tout leur acquis, y compris visuel (dont il reste normalement 10%) en beaucoup moins de temps que lors d'un oubli normal.

Les sociétés soumises à ces expériences présentèrent divers symptômes : déplacements lents, hésitants des ouvrières; ataxie locomotrice ; diminution de l'alimentation ; arrêt des développements larvaires, nymphaux et imaginaires ; morts d'ouvrières.

Nous avons ensuite comparé la réponse d'une part d'ouvrières jamais soumises aux ondes et d'autre part des ouvrières précédemment exposées et ayant récupéré durant quatre mois, à la phéromone de piste, à la phéromone de marquage d'aire et à la phéromone d'alarme. Les différences furent insignifiantes. Deux mois plus tard, les fourmis précédemment exposées le furent de nouveau et leur réponse à leurs phéromones furent quantifiées dans ces conditions. Leur suivi de piste fut bien moindre : 3,0 arcs au lieu de 17,3. Leur réponse au marquage d'aire fut aussi plus faible : 2,04 ouvrières venaient sur l'aire marquée en 10 secondes au lieu de 3,43. Leur réponse à la phéromone d'alarme fut imparfaite : leur orientation vers une source de cette phéromone fut de 64,7 degré angulaire (NS) au lieu de 42,5 ($P < 0.001$).

En situation normale, le nombre d'ouvrières présentes sur un site à nourriture augmente de manière logistique ($n = 17$ ou 21 par exemple après 12 min), les premières fourrageuses rentrant aisément au nid et recrutant des congénères. Sous l'influence d'ondes électromagnétiques, le nombre d'ouvrières présentes sur un site à nourriture n'augmente que très lentement ($n = 6$ ou 2 par exemple après 12 min), les fourrageuses étant incapables de rentrer au nid et de recruter la moindre congénère.

Après cette seconde série d'expériences, les sociétés utilisées présentèrent le même syndrome qu'après la première série d'expériences, un syndrome similaire au CCD des abeilles.

Nous pensons que l'impact des ondes électromagnétique, révélé ici sur des sociétés de fourmis, existe aussi pour d'autres insectes. Nous proposons d'en protéger les insectes utiles (pollinisateurs...) et d'utiliser ces ondes pour lutter contre des insectes nuisibles (déprédateurs de denrées ...).

Comment les fourmis cherchent-elles ? Mise en évidence des stratégies de recherche par l'analyse numérique des trajectoires.

Arnold Fertin et Vincent Fourcassié

Le comportement intermittent pour la recherche de nourriture a été mis en évidence pour de nombreuses espèces d'animaux, et les durées relatives des phases de recherche et de déplacement sont variées. Ces dernières années, les stratégies de recherches ont été principalement fondées sur les vols de Lévy. Cependant ce type de modèle a été remis en question, car il peut être confondu avec des marches aléatoires browniennes. De plus, les stratégies de Lévy optimise l'efficacité de recherche de cibles cachées, mais seulement dans le cas où les cibles sont régénérées au même endroit. Pour contourner ces problèmes, un modèle a été développé par Bénichou *et al.* (2006), qui combine des phases de recherche à faible vitesse et des phases de déplacement rapide durant lesquelles l'animal ne peut pas détecter sa cible.

C'est ce paradigme que nous avons appliqué expérimentalement à la recherche de cibles cryptiques (*i.e.* une proie) par les fourmis. Les fourmis offrent une grande variété de régimes alimentaires et d'équipements sensoriels, ce qui en fait un excellent modèle pour tester concrètement les stratégies de recherche théoriques. La recherche de proies a été filmée dans des conditions d'éclairage variables pour des espèces de fourmis ayant des équipements visuels différents, nous permettant ainsi de jouer sur l'accessibilité de la proie. Le modèle de stratégie intermittente prédit que :

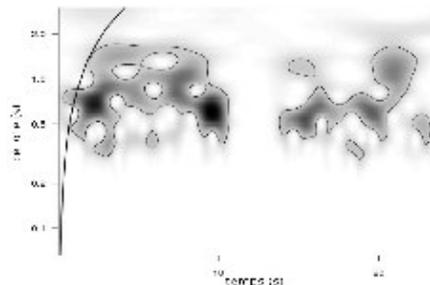
- 1) les fourmis visuelles devraient utiliser une recherche moins intermittente que les fourmis utilisant le sens tactile;
- 2) les fourmis visuelles devraient augmenter l'intermittence de leur recherche lorsque l'éclairage décroît.

Afin de vérifier ces hypothèses il est nécessaire de traiter les séries temporelles constituant le trajet. Segmenter la trajectoire d'un animal en unité fonctionnelle de base constitue un enjeu majeur et mal défini en écologie du mouvement (Nathan *et al.*, 2009). Nous proposons donc une méthode originale pour effectuer ce travail de segmentation. Cette méthodologie utilise la décomposition en ondelette de la cinématique de la fourmi. La trajectoire peut ainsi être représentée dans un espace temps-fréquence, où il est possible de la séquencer sans modèle à priori ni critères arbitraires (voir figure ci-dessous). De plus, la transformation en ondelette continue permet de caractériser chaque unité composant la trajectoire, puis de classer ces unités.

Références :

Bénichou *et al.* (2006) Phys. Rev. E **74**, 201021-201024.

Nathan *et al.* (2009) PNAS **105**, 19052-19059.



Réaction des ouvrières et des reines de *Lasius niger* aux zones explorées par des ouvrières. Les hydrocarbures cuticulaires sont-ils impliqués ?

Cédric Devigne¹ et Jean-Christophe de Biseau²

¹Laboratoire Environnement & Santé – FLST / ICL - 41 rue du Port, 59046 Lille, France – cedric.devigne@icl-lille.fr

²Université Libre de Bruxelles, Service d'Eco-Ethologie Evolutive-CP160/12, 50 Av. F. Roosevelt, 1050 Bruxelles, Belgique -

Le rôle essentiel des hydrocarbures cuticulaires dans la reconnaissance des congénères est abondamment mentionné dans la littérature myrmécologique. Au contraire, leur rôle dans le marquage de l'environnement est beaucoup moins étudié. Chez la fourmi *Lasius niger*, il a été supposé que des hydrocarbures sont déposés passivement sur le sol pendant que les ouvrières marchent. Nos analyses ainsi que de récentes analyses chimiques (Lenoir et al, 2009) ont apporté une première confirmation à cette hypothèse. Au cours d'expériences de laboratoire, l'extraction de papiers filtres marqués pendant 40 heures par 20 ouvrières montrent la présence d'hydrocarbures similaires à ceux observés sur les profils cuticulaires des ouvrières. Afin de tester le rôle possible de ces hydrocarbures dans le marquage de l'environnement par les ouvrières, des expériences de choix binaires ont été réalisés sur des ouvrières mais également sur des reines collectées juste après le vol nuptial. Dans ces tests, les ouvrières avaient le choix entre des papiers filtres non marqués, des papiers filtres marqués par des congénères ou bien des papiers filtres marqués par les ouvrières d'une colonie étrangère. Les reines avaient le choix entre des papiers filtres non marqués ou des papiers filtres marqués par les ouvrières d'une colonie étrangère. Les résultats montrent que les ouvrières différencient et s'orientent vers des papiers marqués plutôt que vers des papiers non marqués mais qu'elles ne font pas de différences entre les types de marquage. Au contraire, les reines ne montrent aucune préférence pour les papiers marqués ou les papiers non marqués. Le rôle des hydrocarbures cuticulaires dans l'évaluation de l'environnement sera discuté.

Lenoir, A. Depickère, S., Devers, S., Christidès, J-P. & Detrain, C. 2009. Hydrocarbons in the Ant *Lasius niger*: From the Cuticle to the Nest and Home Range Marking. *Journal of Chemical Ecology*. DOI 10.1007/s10886-009-9669-6

***Linepithema humile* : Une nouvelle supercolonie en Europe ?**

Laurence Berville^{ac*}, Olivier Blight^b, Marielle Renucci^a, Alain Tirard^a,
Jérôme Orgeas^b, Erick Provost^a

^a IMEP-CNRS, UMR 6116 & IRD 193, Université Paul Cézanne, Bâtiment Villemin, Domaine du Petit Arbois, Avenue Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 04 - France

^b Université Paul Cézanne, IMEP-CNRS, UMR 6116 & IRD 193, Bâtiment Villemin, Domaine du Petit Arbois, Avenue Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 04 - France

^c Univ. François Rabelais, BP. 4103, 37041 Tours Cedex 1, France.

La fourmi d'Argentine (*Linepithema humile*, Mayr), s'étend depuis près d'un siècle dans les régions du globe à climat méditerranéen. Le potentiel de monopolisation de l'espace et des ressources par la fourmi d'Argentine s'appuie sur une stratégie démographique et une organisation sociale particulière. D'après Giraud *et al.* (2002), en situation d'envahissement en Europe, cette espèce montre une tendance à ne former qu'une supercolonie de plusieurs millions d'individus, dans laquelle il n'y a pas de lutte fratricide (unicolonialité). Compte tenu de l'importance du phénomène d'envahissement en région PACA, notre objectif a été d'étudier et de corrélérer le comportement d'agressivité et les signatures chimiques d'ouvrière localisés sur 20 sites répartis en région Provence - Côte d'Azur, en Corse ainsi qu'en Espagne. Nous avons ainsi mis en évidence l'existence de 4 groupes : le groupe 1 comprenant notre témoin de la supercolonie principale en Espagne, une large part du littoral Corse, et les sites de Théoule, Anthéor, Porquerolles et Fréjus en Provence-Côte d'Azur. Notre second groupe est un nouveau groupe, comprenant les sites de Calvi et Cannelle en Corse, ainsi que les sites de Ceyreste, Les Embiez et Danio (sur le littoral de la région PACA). Le 3^e groupe n'est constitué que de Giens, qui est significativement différent de la supercolonie Catalane, mais pas des deux autres groupes. Il pourrait constituer un front entre les groupes 1 et 2. Le 4^e groupe compte seulement le témoin de la supercolonie Catalane en Espagne. L'agression systématique des individus du site de Caldes d'Estrac face aux individus des autres sites ainsi que le taux élevé de mortalité qui s'ensuit d'une part, les fortes différences autant qualitatives que quantitatives (proportions) des profils d'hydrocarbures cuticulaires d'autre part, tendent à illustrer un éventuel début de spéciation. Les sites de Cannelle, Calvi, Ceyreste, Danio et Embiez pourraient alors former une nouvelle supercolonie. À moins qu'il ne faille revoir la définition de la notion d'unicolonialité ?

Mots clés: Tests d'agressivité, *Linepithema humile*, Supercolonie, Unicolonialité, Insectes sociaux, Espèce Invasive, Comportement, Hydrocarbures Cuticulaires, Reconnaissance, Fourmi d'Argentine.

Giraud, T. J., Pedersen S. & L. Keller (2002). Evolution of supercolonies: The Argentine ants of southern Europe. *P. N. A. S.*, (99: 6075-6079).

Sélection d'un chemin préférentiel pour le dépôt de cadavre chez *Myrmica rubra*

Diez Lise, Detrain Claire

Université Libre de Bruxelles, Service d'Ecologie Sociale, 50 Av. F. Roosevelt, 1050 Bruxelles, Belgique

Le rejet des déchets et des cadavres est un moyen pour les insectes sociaux d'éviter la propagation des pathogènes au sein du nid. En laboratoire, on observe chez plusieurs espèces de fourmis l'existence d'agrégats de cadavres. La formation de ces « cimetières » est rendue possible par des phénomènes amplifiants tels que l'augmentation de la probabilité de dépôt d'un cadavre avec la taille de l'agrégat rencontré par l'ouvrière. (Theraulaz et al., 2002). En conditions naturelles, le regroupement de cadavres a déjà été observé chez *Atta colombica* (Hart et al., 2002) et *Acromyrmex lobicornis* (Ballari et al., 2007) : il présente certains avantages comme celui de pouvoir isoler cette source potentielle d'infection – par un choix des sites en contrebas et sous le vent – des autres activités des ouvrières comme le fourragement. Les facteurs amplifiants qui permettraient ce regroupement peuvent être la mémoire spatiale de certaines ouvrières spécialistes dans le transport de déchets ou encore la présence d'une piste nécrophorique. En conditions contrôlées, nous avons utilisés des fourmilières de *Myrmica rubra* artificiellement fournies en cadavres pour tester l'existence de tels phénomènes amplifiants. A la sortie du nid, les fourmis se trouvaient face à un pont à deux branches au bout desquelles elles déposaient le cadavre. Il semble qu'il y ait une spécialisation quant au transport des cadavres : $19 \pm 3 \%$ des ouvrières ont effectué au moins deux trajets, participant à $39 \pm 7 \%$ des transports effectués lors des manipulations. Ces ouvrières sélectionnent significativement l'une des deux branches lors du déplacement du cadavre. Au contraire les fourmis se déplaçant sans cadavres se sont réparties équitablement entre les deux branches. Il existe donc des facteurs amplifiants qui dirigeraient les transporteuses vers un site particulier. La mémoire peut-être un de ces facteurs. La contribution des fourmis ayant effectué de nombreux trajets a été analysée. La présence d'une piste « nécrophorique » laissée par les ouvrières ou due à l'odeur des cadavres est aussi envisagée. Ces phénomènes restent à étudier en milieu naturel. Couplée à un choix de sites particuliers pour le dépôt de cadavres comme c'est le cas chez les fourmis champignonnistes, cette sélection d'un « chemin nécrophorique » serait un moyen d'évacuer rapidement des déchets et d'éviter la dissémination de pathogènes au sein de la colonie.

BALLARI, S., FARJI-BRENER, A.G. & TADEY, M. 2007. "Waste management in the leaf-cutting ant *Acromyrmex lobicornis* : Division of Labour, Aggressive Behaviour, and Location of External Refuse Dumps." *Journal of Insect Behavior* 20 (1): 87-98.

HART, A. G. & RATNIEKS F. L. W. 2002. "Waste management in the leaf-cutting ant *Atta colombica*." *Behavioral Ecology* 13 (2) : 224-231.

THERAULAZ, G., E. BONABEAU, et al. (2002). "Spatial patterns in ant colonies." *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99: 9645-9649.

Etude des communautés de fourmis le long d'un gradient altitudinal dans le massif Pyrénéen

Bernadou, A.^{1,2}, Espadaler, X.², Céréghino, R.³ & Fourcassié, V.¹

¹ Centre de Recherches sur la Cognition Animale, CNRS UMR 5169, Université de Toulouse, 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse Cedex 4, France

² Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra, Espagne

³ EcoLab, CNRS UMR 5245, Université de Toulouse, 118 Route de Narbonne, F-31062 Toulouse Cedex 4, France

La chaîne pyrénéenne constitue du fait de sa situation géographique, à l'interface des climats d'influence atlantique et méditerranéenne, une zone de grand intérêt pour les biologistes. Or, paradoxalement, la faune myrmécologique de ce massif a été jusqu'à présent assez peu étudiée, aussi bien pour le versant sud que pour le versant nord. Les dernières études sur les fourmis du massif pyrénéen remontent à plus d'une vingtaine d'années (Sommer & Cagniant, 1988a, 1988b). Ceci nous a donc poussé à mener un travail sur les communautés de fourmis le long d'un gradient altitudinal dans le massif Pyrénéen.

Nous avons procédé pendant trois étés successifs à des échantillonnages standardisés de fourmis dans deux vallées Pyrénéennes, la vallée du Madriu en Andorre et la vallée de la Pique en France, en privilégiant différents types de milieux : prairies naturelles, pâturages, forêts de feuillus et de conifères, zones d'éboulis, zones de basses et hautes altitudes... Les fourmis ont été collectées au moyen de deux méthodes d'échantillonnages et d'un protocole standardisé utilisé en milieu tropical ("Ants of the Leaf Litter", Agosti *et coll.*, 2000). Dans un premier temps nous avons cherché à estimer le nombre d'espèces sur les différents sites étudiés au moyen de courbes de raréfaction et d'estimateurs de richesse spécifique. Dans un deuxième temps, des indices de diversité et d'équitabilité ont été utilisés afin de caractériser les assemblages et les structures d'espèces le long de gradients altitudinaux afin de mettre éventuellement en évidence l'existence d'espèces dominantes. Nous nous sommes également intéressés au rôle des facteurs environnementaux sur la distribution spatiale et la richesse spécifique en fourmis au niveau des différents sites visités.

Références bibliographiques:

Agosti, D., Majer, J.D., Alonso, L.E. & Schultz, T.R. (2000). ANTS – Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institution press, Washington and London.

Sommer, F. & Cagniant, H. 1988a. Étude des peuplements de fourmis des Albères Orientales (Pyrénées-Orientales, France) (Seconde partie). *Vie et Milieu*, 38, 321-329.

Sommer, F. & Cagniant, H. 1988b. Peuplements de fourmis des Albères Orientales (Pyrénées-Orientales, France) (Première partie). *Vie et Milieu*, 38, 189-200.

Les fourmis, indicateurs de pollution ?

Alain Lenoir¹, Séverine Devers¹, Jean-Philippe Christidès¹ et Frédéric Montigny²

¹ IRBI, Institut de Recherche sur la Biologie de l’Insecte, UMR CNRS 6035, Faculté des Sciences

² Plateau d’analyse chimique, Faculté de Pharmacie
Université François Rabelais, Parc de Grandmont, 37200 TOURS

Les esters de phtalates sont utilisés dans de très nombreux produits manufacturés comme les cosmétiques, shampoings, savons, lubrifiants, pesticides et peintures. Ils sont aussi mélangés aux plastiques pour les rendre plus souples et moins cassants, par exemple dans les chlorures de polyvinyl. Plusieurs phtalates ont été identifiés et classés comme perturbateurs endocriniens (EDC : Endocrine Disruptive Chemicals) à cause de leur activité oestrogénique et anti-androgénique. Ces phtalates ne sont pas chimiquement liés très solidement au plastique, ils sont libérés facilement par exemple dans les fours micro-ondes ou quand le plastique vieillit. Ils migrent dans l’eau ou la nourriture qui est en contact direct.

Chez les insectes sociaux, il est maintenant bien connu que les hydrocarbures cuticulaires servent à la reconnaissance coloniale en plus de leur rôle protecteur contre la dessiccation. On trouve des phtalates dans toutes les chromatographies, mais les chercheurs se sont contentés pour l’instant de les éliminer de leurs analyses en les considérant comme contaminant.

Nous avons entrepris de mesurer le taux de contamination des fourmis par les phtalates et autres contaminants comme le squalène et l’oléamide. Nous présenterons les premiers résultats qui montrent que la cuticule des fourmis capte toutes ces substances à des concentrations importantes. Les fourmis collectées directement dans la nature ont aussi ces phtalates. Quelles en sont les conséquences sur les fourmis ?

ASB and CSM-BGBD: towards a universal sampling protocol for soil biotas at forest margins in the humid tropics

David Bignell

School of Biological and Chemical Sciences, Queen Mary, University of London, London, UK E1 4NS. D.bignell@qmul.ac.uk

Below-ground biotas in the humid tropics are often dominated by earthworms and social insects, the latter including termites and ants, but also include important functional groups comprised of smaller invertebrates and of microorganisms. This paper reviews the development of rapid methods for the simultaneous inventory of such biotas, to document the (hypothesized) loss of soil biodiversity associated with deforestation and agricultural intensification at forest margins. Eight categories of organisms are addressed, each of which corresponds to a major functional group considered important or essential to soil function. An accurate inventory of soil organisms can assist in ecosystem management and help to sustain agricultural production. The advantages and disadvantages of transect-based and grid-based sampling methods are discussed, illustrated by published protocols ranging from the original “TSBF transect”, through versions developed for the Alternatives to Slash-and-Burn Project (ASB) to the final schemes (with variants) adopted by the Conservation and Sustainable Management of Below-ground Biodiversity project (CSM-BGBD). Newly developed sampling protocols are 1) inclusive, i.e. designed to sample all eight biotic groups in the same field exercise; 2) spatially scaled, i.e. provide biodiversity data at site, locality, landscape and regional levels, and link the data to land-use and land-cover and 3) statistically robust as shown by a partial randomization of plot locations for sampling.

Index items: soil biodiversity, deforestation, agricultural intensification, sampling schemes, functional groups, sampling replication.

How to describe termite mounds ? Visual tools, the network approach, the resulting descriptors and their potential application to understand the biology of the mounds

Christian Jost¹, Andrea Perna², Sergi Valverde³, Fabien Picarougne⁴, Guy Theraulaz¹

1 Centre de Recherches sur la Cognition Animale, CNRS-UMR 5169, Université Paul Sabatier, Bât 4R3, 31062 Toulouse cedex 09

2 Institut des systèmes complexes Paris Ile-de-France, 57 rue Lhomond, 75005 Paris

3 Complex Systems Lab (ICREA-UPF), Par de Recerca Biomedica Barcelona (PRBB), Dr. Aiguader 88, Planta 4, D-491, E-08003 Barcelona, Spain

4 Laboratoire d'informatique de Nantes-Atlantique, UMR 6241, Polytech'Nantes, Site de la Chantrerie, rue Christian Pauc, BP 50609, 44306 Nantes cedex 3

Termite mounds are still a riddle in many aspects, be it their ecological function or the behavioural mechanisms involved in their construction. One of the obstacles is the problem of their mapping and their quantitative description. We present an approach based on the scanning of the termite nests with X-ray tomography that is a non-destructive method to reconstruct the 3-dimensional structure of the nests. These scans permitted the development of computer tools to explore the nests by virtually visiting them with 3D vision. Beyond this visual application (that is mostly used to find potential patterns in these architectures) we use a network approach to quantify these patterns more precisely. We apply the recent technique of motif analysis (Itzkovitz & Alon, 2005) to the nests of several african termite species in order to compare their network structures. Potential applications to the study of the underlying behavioural mechanisms and functional analysis are discussed.

References:

Itzkovitz, S & Alon, U. Subgraphs and network motifs in geometric networks. *Physical Review E* 71, 026117 (2005). DOI: 10.1103/PhysRevE.71.026117

Résistance aux pathogènes chez *Reticulitermes flavipes* : Interactions entre différents mécanismes de défense

Thomas Chouvenc¹, Nan-Yao Su¹

¹University of Florida, Department of Entomology and Nematology, Ft. Lauderdale Research and Education Center, 33314 College Ave, Davie FL, USA.

Dans le but de mettre au point une méthode de lutte alternative à l'utilisation abusive de pesticides, la lutte biologique contre les termites à importance économique a suscité de nombreux travaux au cours des 40 dernières années. Cependant, malgré de nombreuses études encourageantes en laboratoire, aucune expérience sur le terrain, sur des colonies de termites souterrains n'a été concluante. Cette étude se propose d'identifier les différents mécanismes de défense contre les pathogènes chez les termites et d'analyser leur interaction au sein de la colonie afin de comprendre l'échec de cette méthode de lutte.

Reticulitermes flavipes a reçu différentes doses du champignon pathogène *Metarhizium anisopliae* et une étude histologique a été menée afin de comprendre ces mécanismes, à l'échelle de la colonie, à l'échelle de l'individu, et à l'échelle cellulaire. Cette méthode a permis de mettre en évidence que *R. flavipes* possède une réaction hémocytaire adaptée à l'invasion cuticulaire de *M. anisopliae*. Au point de pénétration du pathogène, quelques d'hémocytes sont recrutés et un granulome mélanisé se forme pour encapsuler le parasite. Cependant, l'augmentation de la dose du champignon entraîne une mortalité élevée et il est apparu qu'individuellement, un termite ne peut encapsuler au même moment qu'un nombre limité de conidia au niveau cuticulaire.

L'interaction sociale apparaît comme importante afin de réduire les chances d'infection au sein de la colonie. Le grooming, comportement de toilettage entre différents individus, est identifié comme mécanisme clé dans la survie de la colonie, en réduisant constamment la pression des pathogènes dans le groupe. Une majorité des conidia de *M. anisopliae* se retrouve rapidement dans le tube digestif des individus ayant participé au grooming, et une quantité très faible de conidia reste attachée à la cuticule des individus inoculés. L'examen histologique montre que les conidia n'ont pas la capacité de germer une fois passé dans le tube digestif.

Nous émettons l'hypothèse que, parmi les nombreux autres mécanismes de défense actuellement identifiés chez les termites, le grooming, l'activité antifongique du tube digestif, et la réaction hémocytaire, agissent de manière synergétique afin de réduire les chances d'infection au niveau de l'individu, et d'empêcher une épizootie au niveau de la colonie chez *Reticulitermes flavipes*.

Phéromones de piste chez les termites et phylogénie

David Sillam-Dussès

Institute of Organic Chemistry and Biochemistry, Flemingovo náměstí 2, 166 10 Prague 6, République Tchèque

Nos connaissances sur la nature des phéromones de piste des termites étaient très incomplètes jusqu'à la fin du XX^{ème} siècle. Ces phéromones sont maintenant connues chez plus de 60 espèces de termites réparties dans l'ensemble des familles de termites (sauf chez les Serritermitidae), avec pour but de décrire leur évolution chimique. Elles ont été identifiées par SPME, GC-MS, GC-FTIR ou GC-EAD, puis synthétisées et testées pour leur activité biologique en tests de suivi de piste en champ libre ou en labyrinthe.

Chez le termite considéré comme le plus primitif, *Mastotermes darwiniensi* seul représentant des Mastotermitidae, et chez les Termopsidae Porotermitinae et Stolotermitinae, la phéromone de piste est le (*E*)-2,6,10-triméthylundéca-5,9-dien-1-ol. Cependant, chez un autre Termopsidae, *Zootermopsis* (sous-famille des Termopsinae), la phéromone de piste est différente et il s'agit du 4,6-diméthyl-dodécane. Chez les Hodotermitidae, il s'agit d'un alcool en C18 en cours d'identification. Le (*Z*)-dodéc-3-en-1-ol (dodécénol) a été identifié chez tous les Kalotermitidae étudiés. Chez les Heterotermitinae, Coptotermitinae, et Rhinotermitinae appartenant à la famille des Rhinotermitidae, la phéromone de piste est le (3*Z*,6*Z*,8*E*)-dodéca-3,6,8-trien-1-ol (dodécatriénol). Cependant, dans une autre sous-famille des Rhinotermitidae, les Prohrinotermitinae, le composé majeur est le néocembrene, alors que le dodécatriénol n'est qu'un composé mineur de la phéromone de piste à deux composés.

Chez les Termitidae Macrotermitinae, plusieurs composés ont été identifiés comme phéromone de piste: le dodécénol, le (*Z,Z*)-dodéca-3,6-dien-1-ol ou le dodécatriénol selon les espèces. Chez les Termitinae et les Syntermitinae, la phéromone de piste est le dodécatriénol, alors que les Nasutitermitinae possèdent un mélange de dodécatriénol et de néocembrene.

Ces résultats montrent que les termites se caractérisent par une grande parcimonie phéromonale. Il est intéressant de noter l'étroite relation qui unit le termite le plus primitif *Mastotermes darwiniensis* et certains Termopsidae, ainsi que la nette séparation entre les phéromones des termites ancestraux Mastotermitidae, Termopsidae et Hodotermitidae, et les phéromones des termites plus avancés Kalotermitidae, Rhinotermitidae et Termitidae. D'autre part, la nature des phéromones de piste permet de confirmer l'originalité de la sous-famille des Prohrinotermitinae parmi les Rhinotermitidae, et de séparer les Syntermitinae des Nasutitermitinae.

Les actinomycètes symbiontes du tube digestif de termites Termitidae

T. Lefebvre

IBIOS UMR Bioemco Centre IRD France Nord 32 avenue H. Varagnat 93140 Bondy

La structure des communautés actinobactériennes de la panse de 9 espèces de *Nasutitermes* ont été comparées à différentes échelles par la méthode de “Nested PCR – DGGE” et analysées par différentes stratégies de culture microbiologique. Les résultats montrent que les termites maintiennent dans leur intestin une microflore actinobactérienne stable, quel que soit le traitement alimentaire ou l'origine géographique de la colonie. Les séquences d'ADNr 16s détectées en DGGE à partir de l'intestin des termites ont été analysées phylogénétiquement. La plupart d'entre elles sont incluses dans des lignées spécifiques aux termites tandis que les autres semblent être des formes opportunistes. Au contraire, par la culture, peu de souches sont réellement associées aux termites, illustrant une faible représentativité donnée par la diversité des cultivables.

Les recherches se sont alors focalisées sur les populations de *Propionibacteriaceae* associées à l'intestin des termites. De nouvelles amorces spécifiques ont été définies puis utilisées pour réaliser une analyse phylogénétique à partir de diverses espèces de termites. Les séquences de propionibactéries ont été détectées chez tous les termites étudiés. Elles forment un groupe exclusif et monophylétique, divergent de tous les autres genres connus. Les relations évolutives entre les deux partenaires de l'association biologique ont finalement été discutées.

Mots clés: termite, *Nasutitermes*, microflore intestinale, actinobactéries, associations spécifiques, nested PCR, DGGE, PW-PCR, stratégie d'isolement en culture.

Dynamique évolutive des protozoaires Oxymonades intestinaux chez les *Reticulitermes* (Isoptera : Rhinotermitidae)

Sylvain GUYOT, Lise-Marie GENTY, Anne-Geneviève BAGNERES & Franck DEDEINE

Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (UMR CNRS 6035) Faculté des Sciences, 37 200 TOURS

Depuis les travaux de Cleveland (1923), de nombreuses études ont cherché à déterminer les interactions symbiotiques existantes entre les termites et leurs protozoaires intestinaux. Il est aujourd'hui avéré que ces microorganismes sont essentiels à la digestion de la lignocellulose, et l'acquisition de ces symbiotes explique en partie le succès écologique et évolutif des termites (Inoue et al. 2000). L'analyse comparative des communautés de flagellés montre que le nombre et l'identité des espèces de flagellés varient de manière importante entre familles, ainsi qu'entre genres de termites de même famille. Ces observations suggèrent que les communautés de flagellés se sont modifiées fortement au cours de la diversification des termites. Cependant, l'histoire évolutive des associations termites – flagellés reste encore peu connue.

L'étude présentée aujourd'hui se focalise sur les flagellés appartenant à l'ordre des Oxymonades (phylum des Preaxostyla) chez les termites xylophages du genre *Reticulitermes*. Deux genres d'Oxymonades ont été décrits chez les *Reticulitermes*, le genre *Pyrrsonympha* et le genre *Dinenympha* (Stingl & Brune 2003). Les associations symbiotiques qu'établissent ces microorganismes avec les *Reticulitermes* constituent un modèle d'étude particulièrement intéressant pour trois raisons : (i) les genres *Pyrrsonympha* et *Dinenympha* sont présents presque exclusivement chez les *Reticulitermes*, (ii) ils sont présents chez toutes les espèces étudiées à ce jour et (iii) ils atteignent d'importante densité de population dans les panses. Ces trois caractéristiques suggèrent que ces flagellés pourraient jouer un rôle important pour la physiologie nutritionnelle de leurs hôtes.

Nous avons étudié la diversité morphologique et moléculaire des flagellés Oxymonades isolés à partir de sept colonies de *Reticulitermes* appartenant à six espèces différentes. L'observation en microscopie a révélé une importante diversité de « morphotypes » aussi bien au sein du genre *Pyrrsonympha* que du genre *Dinenympha*. Une seule espèce hôte peut abriter plusieurs morphotypes. Certains morphotypes sont présents chez plusieurs espèces hôtes, alors que d'autres semblent plus spécifiques. Le séquençage de la petite sous unité ribosomique (ARNr 18S) nous a permis d'obtenir les séquences correspondant à chacun des morphotypes (i.e., ribotypes). Les données moléculaires obtenues montrent que l'observation microscopique seule ne permet pas d'appréhender la diversité spécifique des Oxymonades. Enfin, les analyses phylogénétiques suggèrent que l'histoire évolutive des associations Oxymonades – *Reticulitermes* est extrêmement complexe, se caractérisant par des événements de co-spéciations, des pertes de flagellés, et des transferts de flagellés entre espèces hôtes.

Cleveland L. R. (1923) Symbiosis between termites and their intestinal protozoa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 9 : 424-28.

Inoue T, Kitade O, Yoshimura T, Yamaoka J (2000) Symbiotic associations with protists. In : *Termites : Evolution Sociality, Symbiosis, Ecology* (eds Abe T, Bignell DE, Higashi M), pp. 275-288. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Stingl U, Brune A (2003) Phylogenetic diversity and whole-cell hybridization of oxymonad flagellates from the hindgut of the wood-feeding lower termite *Reticulitermes flavipes*. *Protist*, 154 : 147-155.

High occurrence of colonies with multiple reproductives in an introduced population of the subterranean termite *R. flavipes*.

Perdereau E., Bagnères A.-G., Dupont S. and Dedeine F*.

Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte UMR CNRS 6035, Université de Tours, Faculté des Sciences, Parc de Grandmont, 37200 Tours, France

The presence of multiple queens and/or kings unrelated within colonies go contrary to sociobiological theories which assume that insect societies are closed to preserve the cooperative behavior. Although social organization and breeding system are difficult to study in subterranean termites, we shown another example of sociality paradox in the first case of fusion observed in introduced termite population of *R. flavipes* (also called *R. santonensis*) in Oleron Island (France). Analyses using microsatellite markers identified a total of 13 colonies including 9 extended-family and 4 mixed-family colonies. The 9 extended-family colonies contained numerous related secondary reproductives and some were spatially expansive, extending up to 200 linear meters. The mixed-family colonies included individuals with more than 4 alleles at one or more loci, indicating the presence of more than two unrelated reproductives. This conclusion was supported by *F*-statistics and relatedness analyses from worker genotypes ($F_{IC} = 0.098$ and $r = 0.177$). The mixed-family colonies undoubtedly resulted from fusion of two or more colonies into a single colony. Analyzes using mitochondrial DNA marker showed always a single mitochondrial haplotype per colony. Chemical analyses of cuticular hydrocarbons indicate a homogeneous chemical profile in French populations in comparison to American populations. These findings suggest. that French populations differed from native populations with regard to social organization but the factors allowing the fusion process stay blurred.

Keywords: cuticular hydrocarbons, introduced populations, Isoptera, colony fusion, microsatellite markers.

Reproduction sexuée et parthénogenèse chez la fourmi folle *Paratrechina longicornis*

Morgan Pearcy¹, Michael Goodisman² et Laurent Keller¹

¹ Département d'Ecologie et Evolution, Université de Lausanne (UNIL), 1015 Dorigny, Suisse.

² School of Biology, The Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia 30332, U.S.A.

Le succès évolutif de la reproduction sexuée a longtemps été considéré comme un paradoxe dans la mesure où les individus ne transmettent que la moitié de leur génome à leur descendance. Chez les fourmis, plusieurs études récentes ont mis à jour des stratégies de reproduction surprenantes permettant aux reines de tirer parti des avantages de la reproduction sexuée tout en maximisant la proportion de gènes transmise à la descendance. Ainsi, au sein des colonies de *Cataglyphis cursor*, une espèce strictement monogyne, les gynes (futures reines) sont produites par parthénogenèse alors que les ouvrières sont issues d'une reproduction sexuée classique (Pearcy *et al.*, 2004). Une stratégie de reproduction semblable a été décrite chez la petite fourmi de feu, *Wasmannia auropunctata*. Chez cette espèce, les sexués sont des clones de leur parent respectif : si les gynes sont produites par parthénogenèse, les mâles, eux, héritent exclusivement du génome paternel (Fournier *et al.*, 2005).

Des analyses génétiques préliminaires sur les populations de la fourmi folle (*Paratrechina longicornis*) ont suggéré un système de reproduction similaire à celui de la petite fourmi de feu. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons élevé des reines en laboratoire en isolement (une seule reine par fragment de colonie). Après 2 mois d'isolement, nous avons prélevé la reine et sa progéniture (ouvrières, gynes et mâles) et comparé le génotype de chaque reine avec celui de sa descendance. Nos données montrent que, conformément à notre hypothèse, les ouvrières sont issues d'une reproduction sexuée classique, alors que les gynes et les mâles sont génétiquement identiques à la reine ou au mâle avec lequel elle s'est accouplée, respectivement.

Les accouplements en laboratoire au sein de chaque colonie ont permis d'élever une seconde génération de reines fécondées, et le génotype de leur descendance fut également déterminé. Les analyses génétiques ont montré que, grâce à cette stratégie de reproduction particulière, les colonies de *P. longicornis* sont capables de conserver la structure génétique de leur colonie indéfiniment, et ce sans encourir les coûts liés à la consanguinité. Cette stratégie de reproduction pourrait être un atout déterminant dans le caractère invasif de cette espèce.

Les stridulations des différentes castes de deux espèces du complexe *Pachycondyla apicalis* (Formicidae : Ponerinae) et leur implication lors du comportement sexuel.

FERREIRA, Ronara S.¹; CROS, Emilie¹; RYBAK, Fanny²; FRESNEAU, Dominique¹;

1 Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée (LEEC), Université Paris XIII, 93430, Villetaneuse, France.

2 Laboratoire de Neurobiologie de l'Apprentissage, de la Mémoire et de la Communication (NAMC), UMR CNRS 8620, Université Paris Sud, 91405, Orsay Cedex, France.

Bien que la production de son par un organe stridulatoire soit connue chez de très nombreuses espèces de fourmis, les caractéristiques acoustiques et les fonctions de ces signaux demeurent jusqu'à présent très peu étudiées. Dans cette perspective nous avons analysé les stridulations émises par les différentes castes (mâles, gynes, ouvrières) de deux espèces sympatriques et phylogénétiquement proches, *Pachycondyla apicalis* et de *P. verenae* afin de savoir s'il existe une spécificité des signaux selon la caste et l'espèce d'appartenance. Nous avons également étudié le comportement sexuel de *P. apicalis* pour savoir si les signaux acoustiques y sont impliqués. Les analyses acoustiques montrent que les signaux produits diffèrent entre les trois castes chez *P. verenae* et entre mâles et ouvrières chez *P. apicalis*. Les stridulations des trois castes diffèrent en fonction de l'espèce. L'utilisation de stridulation a été observée chez les gynes quand celles-ci, après s'être accouplées, refusent les assauts d'autres mâles qui tentent encore de s'accoupler. Dans ce contexte, ces signaux pourraient indiquer la non-réceptivité de ces femelles. Les stridulations n'ont pas été observées chez les mâles pendant le comportement sexuel.

Mots-clefs: stridulation, fourmis, castes, analyses acoustiques, accouplement.

* Supported by the Programme AlBan, the European Union Programme of High Level Scholarships for Latin America, scholarship n° E06D101212BR.

Rôle des microgynes dans la stratégie de reproduction d'*Ectatomma ruidum*

Lenoir Jean-Christophe¹, Alejandro Nettel Hernanz², Jean-Paul Lachaud^{3,4} et Chantal Poteaux¹

1-Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée (LEEC), 99 avenue Jean-Baptiste Clément, 93430 Villetaneuse.

2-Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Tuxtla, Mexico.

3-Centre de Recherches sur la Cognition Animale, UMR 5169, Bât IVR3, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 09.

4-El Colegio de la Frontera Sur, Apdo Postal 36, Tapachula 30700, Chiapas, Mexico.

Chez les fourmis polygynes, les femelles reproductrices peuvent présenter un polymorphisme de taille avec des femelles de grande taille appelées macrogynes et des femelles de taille réduite nommées microgynes. Deux hypothèses ont été émises pour expliquer la présence de microgynes dans les sociétés de fourmis : 1) les microgynes seraient des parasites sociaux, intra- ou interspécifiques ; 2) Les microgynes correspondraient à une stratégie alternative de reproduction, moins coûteuse et diversifiant les capacités de dispersion des femelles ailées (Lachaud *et al.* 1999b).

Chez les Ectatomminae, seules deux espèces proches présentent des microgynes : *Ectatomma tuberculatum* et *E. ruidum*. Il a récemment été montré que la forme microgyne présente chez *E. tuberculatum* correspond en fait à une espèce différente, *E. parasiticum* (Feitosa *et al.* 2008) pratiquant l'inquilinisme (Hora *et al.* 2001; 2005; 2007). Bien que proches phylogénétiquement, les reines d'*E. ruidum* présentent un polymorphisme de taille qui ne correspond pas à du parasitisme mais à une stratégie alternative de reproduction de l'espèce. Les microgynes sont issues d'œufs pondus aussi bien par des macrogynes que par des microgynes, et elles pondent elles-mêmes des œufs pouvant donner des macrogynes, des microgynes ou des ouvrières (observations comportementales et étude génétique mitochondriale). De plus, la polygynie, facultative chez *E. ruidum* (Lachaud *et al.* 1999a), se solde généralement par une monogynie fonctionnelle (Cadena *et al.* 2001). L'inhibition de la reproduction semble la plus prononcée lorsque macro- et microgynes coexistent et s'exerce, malgré l'absence de comportements agressifs, en défaveur des microgynes.

Nous avons développé des marqueurs microsatellites spécifiques d'*E. ruidum* afin d'étudier la structure socio-génétique et la dispersion à petite échelle de ces colonies. Nous espérons ainsi pouvoir mieux comprendre comment se réalise le partage de la reproduction entre reines et quelle est la fonction biologique des microgynes dans cette espèce.

Cadena A, Pérez-Lachaud G, Schatz B, Lachaud J-P (2001) Inhibition de la ponte dans les sociétés polygynes de *Ectatomma ruidum* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae). *Actes des Colloques Insectes Sociaux*, **14**, 87-93.

Feitosa RM, Hora RR, Delabie JHC, Valenzuela J, Fresneau D (2008) A new social parasite in the ant genus *Ectatomma* F. Smith (Hymenoptera, Formicidae, Ectatomminae). *Zootaxa*, **1713**, 47-52.

Hora RR, Doums C, Poteaux C, Fénéron R, Valenzuela J, Heinze J, Fresneau D (2005) Small queens in the ant *Ectatomma tuberculatum*: a new case of social parasitism. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **59**, 285-292.

Hora RR, Fénéron R, Valenzuela J, Favila ME, Fresneau D (2001) Queen-size dimorphism in the ant *Ectatomma tuberculatum* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). *Sociobiology*, **38**, 407-420.

Hora RR, Poteaux C, Doums C, Fresneau D, Fénéron R (2007) Egg cannibalism in a facultative polygynous ant: conflict for reproduction or strategy to survive? *Ethology*, **113**, 909-916.

Lachaud J-P, Cadena A, Pérez-Lachaud G, Schatz B (1999a) Polygynie et stratégies reproductrices chez une ponerine néotropicale, *Ectatomma ruidum*, *Actes des Colloques Insectes Sociaux*, **12**, 53-59.

Lachaud J-P, Cadena A, Schatz B, Pérez-Lachaud G, Ibarra-Núñez G (1999b) Queen dimorphism and reproductive capacity in the ponerine ant, *Ectatomma ruidum* Roger. *Oecologia*, **120**, 515-523.

Reproduction par fission des colonies chez la fourmi *Cataglyphis cursor*

Thibaud MONNIN

Laboratoire Écologie & Évolution CNRS UMR 7625, Université Pierre et Marie Curie, 7 quai St Bernard,
Bâtiment A 7^{ème} étage – Case 237, 75 252 Paris Cedex 05, Contrôle

La fondation d'une nouvelle colonie est un événement critique, les jeunes colonies subissant une forte mortalité alors même que leur survie détermine le succès reproducteur des membres de la colonie mère. Nous avons étudié la fondation des colonies par fission chez la fourmi *Cataglyphis cursor*.

La fondation par fission est relativement peu étudiée, alors même qu'elle existe chez de nombreux hyménoptères sociaux. Lors de la fission la reine quitte la colonie mère accompagnée d'ouvrières, ce qui contraste avec la fondation indépendante où la reine est seule jusqu'à ce que les premières ouvrières émergent. La fission augmente donc très fortement la survie des jeunes colonies, mais limite aussi leur dispersion puisque les ouvrières de fourmis sont aptères. De plus, la fission est coûteuse pour la colonie mère qui doit investir de nombreuses ouvrières dans la jeune colonie.

Nous avons étudié la fission dans une population de *C. cursor* à Argelès-sur-mer. 280 colonies ont été suivies pendant six semaines. Nous avons estimé la proportion de colonies qui fissionnent en notant la présence de mâles sexuellement actifs à l'entrée des nids. 22 colonies qui ont fissionné ont été suivies en détail. Ces colonies ont produit $3,95 \pm 2,28$ propagules (de 1 à 9 propagules) qui ont dispersé de 1 à 30 mètres.

**Contrôle royal de la reproduction sexuée et asexuée chez les fourmis
désertiques du genre *Cataglyphis***

S. Aron

Utilisation facultative de la parthénogenèse thélytoque pour la production de sexuées chez la fourmi *Cataglyphis cursor*

Claudie Doums

E.P.H.E. - Laboratoire Ecologie & Evolution CNRS UMR 7625, Université Pierre et Marie Curie, 7 Quai St-Bernard, 75005 Paris

Chez les insectes sociaux, la parthénogenèse thélytoque (production uni-parentale de femelles) est présente chez quelques espèces de fourmis, abeilles et termites, qui constituent des modèles de choix pour étudier les bénéfices et coûts de la reproduction sexuée et asexuée. Selon les espèces, la parthénogenèse est utilisée par la caste reine ou ouvrière. La fourmi *Cataglyphis cursor*, représente une espèce originale car les deux castes, reines et ouvrières, sont capables d'utiliser la parthénogenèse thélytoque. En condition de laboratoire et en absence de la reine, les ouvrières sont capables de produire de nouvelles reines et ouvrières (Cagniant 1979). Dans une population du sud de la France, Percy et al. (2004) ont montré que la reine utilise la parthénogenèse thélytoque pour la production des nouvelles reines (gynes) mais s'accouple avec plusieurs mâles (4-8) et utilise la reproduction sexuée pour produire les ouvrières. La reine augmente ainsi la transmission de ses gènes par les gynes, tout en conservant une forte diversité génétique dans la colonie (chez les ouvrières). Cependant, le type de parthénogenèse utilisé conduit à une diminution du taux d'hétérozygotie d'une génération à l'autre et donc à une augmentation de la consanguinité des reines. Paradoxalement, le niveau de consanguinité des reines dans la population étudiée était plus élevé que celui attendu avec un taux de parthénogenèse aussi élevé, laissant suggérer que la production des gynes par reproduction sexuée était peut être plus fréquente que ce qui avait été observé (Percy et al. 2006).

Dans ce travail, nous avons étudié deux autres populations de *Cataglyphis cursor* afin d'évaluer l'importance de la reproduction sexuée et asexuée lors de la production des gynes. Au moment de la production des sexués (fin mai 2007), 18 colonies contenant au moins deux reproductrices (et donc ayant produit au moins une gyne) ont été récoltées. Après dissection des 237 reproductrices et de leur analyse génétique sur 12 marqueurs microsatellites, nous avons observé dans les deux populations un taux de parthénogenèse thélytoque de 51,5 %. Ce taux était similaire dans les deux populations (Argelès : 48,5% ; St Cyprien : 53,6%). En revanche, une forte variation a été mise en évidence entre les colonies avec 10 colonies ne produisant que des gynes clonales et 4 colonies que des gynes issues de reproduction sexuée. Les quatre autres colonies présentaient un mélange des deux modes de reproduction.

Pour les six colonies ayant produit plus de 5 gynes par reproduction sexuée, nous avons analysé génétiquement 510 ouvrières afin de déterminer précisément la distribution des lignées paternelles chez les ouvrières et la comparer à celle des gynes. Le nombre efficace de pères étaient similaire chez les gynes ($k_e = 4,35$) et ouvrières ($k_e = 5,9$) (test Wilcoxon, $p = 0,17$). Dans deux colonies sur six, la distribution des lignées paternelles était significativement différente entre ouvrières et gynes. Différentes hypothèses seront émises pour expliquer ces résultats. Le rôle respectif des ouvrières et des reines dans la production des gynes issues de reproduction sexuée sera également discuté.

Cagniant H (1979) Insecte Sociaux 26:51-60

Percy M, Aron S, Doums C, Keller L (2004) Science 306:25-28

Percy M, Hardy O, Aron S (2006) Heredity 96:377-382

Analyse comparative des stratégies de reproduction au sein du genre *Cataglyphis*

Laurianne Leniaud et Serge Aron

Université Libre de Bruxelles, Service d'Eco-Ethologie Evolutive-CP160/12, 50 Av. F. Roosevelt, 1050
Bruxelles, Belgique.

Les Hyménoptères sociaux représentent le paradigme de la vie coopérative dans le règne animal. Ceci repose en grande partie sur leur organisation sociale caractérisée par une division des activités reproductrices entre des individus fertiles – les reines et les mâles - et des ouvrières généralement stériles, qui assurent l'ensemble des tâches nécessaires. Le concept de la sélection de la parentèle reste l'explication la plus probable pour justifier cet altruisme de reproduction. Cette théorie soutient que les individus peuvent accroître leur succès reproductif en transmettant des copies de leurs gènes indirectement, en favorisant la reproduction d'individus apparentés. Les coefficients de corrélation génétique entre les membres d'une société ont par conséquent une importance capitale. La polygynie (plusieurs femelles reproductrices) et la polyandrie (plusieurs accouplements par reine) sont les deux facteurs principaux qui vont réduire fortement les coefficients de corrélation génétiques et, par conséquent, le succès reproductif indirect dont jouissent les ouvrières. Contrairement à la polygynie, la polyandrie est un phénomène rare chez les Hyménoptères sociaux et, lorsqu'elle s'observe, la fréquence des accouplements reste faible.

Le genre de fourmis *Cataglyphis* regroupe une centaine d'espèces et, l'on retrouve au sein de ce genre des espèces monogynes et polygynes. Bien que les *Cataglyphis* aient fait l'objet de nombreuses études comportementales, leur organisation sociale et leurs stratégies reproductrices restent encore méconnues. Seule l'espèce *C. cursor* a fait l'objet d'analyses génétiques détaillées. Les résultats de ces études révèlent une stratégie de reproduction remarquable par au moins 2 caractères : un taux de polyandrie parmi les plus élevés (i) et l'utilisation conditionnelle de la reproduction sexuée et asexuée (parthénogenèse) par les reines pour la production des individus de la caste stérile et reproductrice (ii).

Notre étude a pour objet l'analyse comparative des stratégies de reproduction de différentes espèces de fourmis appartenant au genre *Cataglyphis*. Nous avons analysé la structure socio-génétique de différentes espèces types et, déterminé les taux de polygynie et de polyandrie ainsi que leurs influences sur la structure génétique des sociétés. Les résultats obtenus sont replacés dans une perspective évolutive afin de préciser quand la polygynie, la polyandrie et la thélytoquie (associée à l'utilisation conditionnelle du sexe) sont apparues au cours de l'évolution des *Cataglyphis*.