

**Sujet de thèse:** Mise en évidence et implication du continuum reine-ouvrière dans l'adaptation et l'évolution des fourmis face aux changements environnementaux.

**Directeur de thèse:**  
Mathieu Molet

mathieu.molet@upmc.fr

**Co-directeur(s) titulaire(s) HDR:**

Claudie Doums (Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité, UMR 7205)

**Co-directeur(s) non-titulaire(s) HDR:**

**Equipe:**

Interactions Sociales dans l'Evolution

**Publications récentes des directeurs de thèse avec leurs anciens doctorants:**

Londe S., Molet M., Fisher B.L., Monnin T. (2016) Reproductive and aggressive behaviours of queen/worker intercastes in the ant *Myrmica ruginodis* and caste evolution. *Animal Behaviour* 120: 67-76

Londe S., Monnin T., Cornette R., Debat V., Fisher B.L., Molet M. (2015) Phenotypic plasticity and modularity allow for the production of novel mosaic phenotypes in ants. *Evo Devo* 6: 36

Helft F., Doums C., Monnin T. (2016) No evidence of pre-copulatory mate choice by gynes in the facultatively parthenogenetic ant *Cataglyphis cursor*. *Insectes Sociaux* 63: 199-201

Helft F., Monnin T., Doums C. (2015) First Evidence of inclusive sexual selection in the ant *Cataglyphis cursor*: worker aggressions differentially affect male access to virgin queens. *Ethology* 121: 1-10

**Descriptif du sujet de thèse et méthodes envisagées:**

Face aux changements environnementaux, les populations peuvent se déplacer vers un habitat favorable ou s'adapter par plasticité phénotypique et/ou par adaptation génétique. La plasticité phénotypique est très forte chez les fourmis. Leurs colonies voient typiquement coexister une reine et des ouvrières. Ces deux castes sont considérées comme un des meilleurs exemples de polyphénisme, c'est-à-dire de réponse plastique discrète du développement à des variations environnementales continues. Les phénotypes très divergents et complémentaires de ces castes permettent une division des tâches efficace, clé du succès écologique des fourmis. Une autre caractéristique des fourmis est leur impressionnante biodiversité. Les 14000 espèces décrites occupent des habitats et traits très variés et ont des traits d'histoire de vie tout aussi divers, notamment en termes de régime alimentaire. Ceci est lié à des évolutions multiples et indépendantes de nouvelles castes telles que reines sans ailes ou soldats, ou de diversité discrète ou continue au sein de la caste ouvrière, qui ont donné accès à de nouvelles niches écologiques. Les origines développementale et évolutive de ces phénotypes restent mal connues, et leur évolution fréquente suggère des mécanismes facilitateurs.

L'objectif de cette thèse est d'explorer les mécanismes de plasticité phénotypique générateurs de diversité dans les colonies de fourmis, de quantifier les bénéfices de cette diversité sur le terrain et au laboratoire, et d'explorer la divergence de plasticité entre populations d'habitats différents pour discuter de leur potentiel évolutif. Les trois hypothèses que nous testerons sont : 1/ Reine et ouvrière sont deux extrêmes d'une norme de réaction continue et non un polyphénisme, et la discontinuité serait induite par l'environnement social (les ouvrières) ; 2/ Les intermédiaires entre reine et ouvrière (intercastes) peuvent apporter des bénéfices aux colonies et permettre l'évolution de nouvelles castes si l'environnement social permet de les exprimer; et 3/ La plasticité phénotypique et son contrôle social peuvent varier entre les populations et offrir une base à la sélection pour la production de nouveaux phénotypes et l'évolution de nouvelles castes.

Axe 1. Les reines et ouvrières sont classiquement décrites comme un polyphénisme. Or, notre précédent doctorant a montré qu'il existe en réalité un continuum de phénotypes adultes intermédiaires, les intercastes, rares et souvent reléguées au rang d'anomalies dans la littérature. Il est probable que leur rareté est causée par l'environnement discret fourni par les ouvrières nourrices aux larves (notamment la nourriture) afin de ne produire que des reines et des ouvrières. En élevant des larves au laboratoire sans ouvrières et en leur fournissant manuellement une nourriture de quantité variable et continue, elles pourraient se développer en intercastes. Ceci révélerait l'existence d'une norme de réaction continue et non d'un polyphénisme, et indiquerait que ce sont les ouvrières qui discrétisent l'environnement et produisent uniquement les phénotypes extrêmes de la norme de réaction.

Le modèle proposé est la fourmi *Myrmica ruginodis*, une espèce de Madagascar dont les larves peuvent se nourrir sans l'aide d'ouvrières, ce qui en fait un modèle adapté à l'élevage en conditions artificielles. Notre collaborateur Brian Fisher (California Academy of Sciences) a une équipe de terrain à Madagascar qui peut collecter et expédier les colonies.

Axe 2. Les bénéfices apportés aux colonies par la production d'intercastes n'ont jamais été quantifiés, si ce n'est au laboratoire sur *Myrmica ruginodis* par notre précédent doctorant. Axe 2a. En collectant des colonies d'une population de fourmis produisant des intercastes dans la nature et en les élevant au laboratoire, nous pourrions mesurer leur fonction dans les colonies par des approches d'éthologie et de dissections. Axe 2b. En réimplantant des colonies manipulées sur le terrain, nous pourrions mesurer le différentiel de succès reproducteur entre colonies avec ou sans intercastes.

Le modèle proposé est la petite (1mm) fourmi *Temnothorax nylanderi*, répandue en Europe occidentale et formant de petites colonies (<200 ouvrières) facilement manipulables et pour laquelle nous avons récemment découvert une population produisant des intercastes à forte fréquence.

Axe 3. Le degré de plasticité phénotypique au sein des colonies pourrait permettre l'évolution de nouvelles castes et sous-castes. Nous collecterions des colonies de différentes populations d'habitats distincts et connues pour produire ou pas des intercastes. Nous les élèverions au laboratoire en jardin commun sous deux régimes environnementaux différents afin de quantifier les différences phénotypiques des individus produits sous les deux régimes. Nous prédisons que les populations à intercastes ont des colonies qui contrôlent moins fortement le développement des ouvrières (effet limité de l'environnement social).

**Stratégie de publication:**

A l'issue d'une période consacrée à l'appropriation du projet, l'axe 1 pourra être mené en parallèle de l'axe 2, assurant une possibilité de publication relativement tôt dans le déroulement de la thèse. L'axe 3 sera réalisé ensuite. Quatre publications dans des domaines scientifiques différents pourront être produites : evo-devo pour l'axe 1, écologie comportementale et écologie évolutive pour l'axe 2,

écologie évolutive pour l'axe 3, assurant ainsi une visibilité pluridisciplinaire au doctorant. En fonction du temps disponible, des perspectives à l'un de ces trois axes pourront mener à un axe 4 en évo-dévo (déterminisme des castes) ou en écologie (manipulation de l'environnement social) et une publication complémentaire. Des participations à des congrès permettront au doctorant d'établir un réseau dès la première année de thèse.

### **Réorientation possible du sujet si échecs:**

Axe 1. Nous avons des années d'expertise dans l'élevage de *Myrmica*. L'élevage manuel de larves a été testé, et bien qu'une forte mortalité soit observée, les résultats sont encourageants. Ces élevages avaient été réalisés en milieu non stérile, ce qui ne sera plus le cas. En cas d'échec nous élèverons les larves non plus seules mais avec des ouvrières par intermittence, avec sur-nourrissage manuel.

Axe 2. Le risque d'échec est négligeable ; *T. nylanderi* est facile à récolter et à élever au laboratoire. Nous avons déjà récolté des colonies d'une population de Bordeaux chez qui la présence d'intercastes est fréquente.

Axe 3. Le risque d'échec est nul ; nous savons collecter des colonies de *T. nylanderi* en ville et en forêt et nous avons réalisé avec succès plusieurs expériences d'élevages en conditions contrôlées au laboratoire.

### **Faisabilité sur 3 ans (échancier):**

Année 1

- aut. : biblio, axe 1 réception et élevage des *Myrmica*
- hiv. : axe 1 manip larves
- print. : axe 1 fin manip larves et analyses, axe 2a récolte et comportement *Temnothorax*
- été : axe 1 rédaction, congrès international de l'IUSSI

Année 2

- aut. : axe 2a analyse et rédaction
- hiv. : axe 2b récolte *Temnothorax* manip et réimplantation dans la nature
- print. : axe 3 récolte *Temnothorax* et élevage au laboratoire
- été : axe 2b récupération colonies et analyses, axe 3 récupération ouvrières, congrès international ESEB

Année 3

- aut. : axe 2b rédaction
- hiv. : axe 3 analyse et rédaction, possibilité de débiter un axe 4 selon les résultats obtenus
- print. : début rédaction manuscrit, fin axe 4
- été : rédaction manuscrit, préparation soutenance, congrès international de l'IUSSI si possible

### **Profil du candidat recherché:**

Le candidat doit être titulaire d'un Master 2 en écologie et disposer de solides connaissances en évolution. Il doit justifier d'une expérience pratique au travers de stages en écologie. Aucune expérience particulière sur le modèle insectes sociaux n'est demandée. Un bon niveau en anglais rédactionnel est apprécié ainsi qu'un intérêt pour les analyses statistiques.