

SIMULATION DE LA GENESE D'UNE DIVISION DU TRAVAIL AU SEIN D'UNE SOCIETE DE FOURMIS PONERINES : UN MODELE D'AUTO-ORGANISATION

**B. CORBARA¹, J.-L. DENEUBOURG², D. FRESNEAU¹, S. GOSS²,
J.-P. LACHAUD³ & A. PHAM-NGOC^{1,2}**

¹ *Laboratoire d'Ethologie et Sociobiologie (URA CNRS 667), Université Paris XIII, F-93430 Villetaneuse, France,* ² *Unit of Theoretical Behavioural Ecology, CP 231, Université Libre de Bruxelles, B-1050 Bruxelles, Belgique &* ³ *Centre de Recherche en Biologie du Comportement (URA CNRS 664), Université Paul Sabatier, F-31062 Toulouse Cédex, France*

Mots-clés: *Modélisation, division du travail, auto-organisation fonctionnelle, fourmis.*

Title: *Simulation of the genesis of a division of labor inside a ponerine ant society: a model of self-organization.*

Key words: *Modelisation, division of labor, functional self-organization, ants.*

INTRODUCTION

Chez de nombreuses espèces de fourmis, les sociétés se multiplient par fondation. A la fondatrice, seule au départ, viennent s'ajouter les ouvrières au fur et à mesure de l'évolution démographique de la société. Nous avons étudié ailleurs la mise en place de la division du travail au cours de cette auto-organisation sociale chez plusieurs espèces de fourmis de la sous-famille des Ponerinae (FRESNEAU & LACHAUD 1984; LACHAUD & FRESNEAU 1985, 1987; CORBARA et coll. 1987, 1991). Nous avons montré en particulier que, dès les premiers stades, une véritable répartition des tâches est observable et qu'elle obéit surtout à des contraintes environnementales. Ce n'est que progressivement que les ouvrières se répartissent le travail selon un schéma où l'âge est déterminant, tout en gardant d'importantes possibilités de régulation.

Il nous a semblé intéressant de tenter de reproduire, à l'aide d'un modèle mathématique, les premiers stades de l'évolution d'une société pour tester quelques paramètres déterminant la mise en place des profils comportementaux individuels.

METHODES

Le modèle mis au point, de conception voisine de celui présenté par THÉRAULAZ et coll. (1991) sur les sociétés de *Polistes*, repose sur un mécanisme d'apprentissage de tâches qui reprend certains points développés dans un modèle antérieur (DENEUBOURG et coll. 1987). Ce modèle est simple en ce qu'il ne considère que trois situations possibles pour une fourmi : elle soigne le couvain, elle fourrage ou elle est inactive. Les deux tâches de soins au couvain et de fourragement ont été choisies comme étant les deux pôles qui permettent au mieux de différencier les profils comportementaux individuels observés expérimentalement. Pour le modèle, l'inactivité est traitée au même titre que les soins et le fourragement. Le programme, tel qu'il est conçu, tient compte de la démographie réelle d'une société (en l'occurrence une fondation de *Neoponera apicalis*) jusqu'à l'émergence du dixième individu. Lorsqu'elles apparaissent au cours du déroulement de la simulation, les fourmis sont considérées comme identiques quant à leurs potentialités (en particulier la reine n'est pas différenciée des ouvrières); durant toute leur durée d'existence simulée elles obéissent au même algorithme comportemental.

A chaque moment de la simulation, tout individu est caractérisé par sa probabilité de s'engager dans l'une des deux tâches : soins aux larves ou fourragement. Cette probabilité est fonction de la demande générale pour cette tâche ("D") et du niveau d'intérêt (ou seuil de réponse "S") de l'individu qui est fonction

de l'expérience passée (et donc, d'une certaine manière, du niveau d'apprentissage pour une tâche donnée). Sur un plan plus formel, la décision d'accomplir une tâche est déterminée par la fonction de Fermi des deux variables "D" et "S". Quant une stimulation provenant du couvain déclenche, par exemple, une activité de soins au couvain chez la fourmi Fi, le seuil de réponse de Fi au même stimulus diminue d'une quantité Ca appelée "coefficient d'apprentissage". A l'opposé, si la fourmi Fj ne soigne pas le couvain pendant un temps t, son seuil de réponse au couvain augmente d'une quantité Co appelée "coefficient d'oubli". C'est essentiellement en faisant varier ces deux coefficients que l'on obtient des scénarios différents de simulation.

RESULTATS ET DISCUSSION

Nos premiers résultats montrent que le modèle est capable de générer une organisation dans laquelle apparaît une répartition des tâches entre membres du groupe social.

Pour les 10 premiers stades de la genèse sociale, les profils comportementaux individuels obtenus permettent de construire des sociogrammes comparables à ceux de sociétés naturelles. Par contre, il n'a pas été possible dans l'état actuel du modèle et en jouant seulement sur les coefficients d'apprentissage et d'oubli, de générer un phénomène analogue au polyéthisme d'âge, les fourmis réelles, contrairement aux fourmis simulées, obéissant à un algorithme comportemental variant au cours du temps. L'illusion d'une spécialisation en fonction de l'âge et donc d'un polyéthisme d'âge peut toutefois être simulée, au moins partiellement, en jouant également sur l'asynchronie des dates d'émergence des ouvrières (DENEUBOURG et coll. 1987).

En l'absence de tout échange d'information directe entre les individus, le simple jeu d'interactions locales entre fourmis simulées et leur environnement (ce dernier s'exprimant ici par le biais de la demande en soins au couvain et en fourragement) permet donc l'émergence d'une structure sociale. Des mécanismes analogues d'auto-organisation fonctionnelle (THÉRAULAZ et coll. 1991) sont sans doute mis en jeu lorsqu'il y a apparition d'une répartition du travail dans des sociétés artificielles formées d'individus de même âge et ayant une expérience comparable, comme cela a été mis en évidence chez la ponéridine *Ectatomma ruidum* (CORBARA, en préparation).

REFERENCES

- CORBARA B., FRESNEAU D., LACHAUD J.-P. & LECLERC Y., 1991. - Evolution de la structure sociale des jeunes sociétés d'*Ectatomma ruidum* et de *Neoponera apicalis* (Formicidae, Ponerinae). *Actes Coll. Insectes Sociaux*, 7, 189-194.
- CORBARA B., LACHAUD J.-P. & FRESNEAU D., 1987. - The genesis of the society: a natural model of social regulation. In: *Chemistry and Biology of Social Insects*. J. Eder, H. Rembold (eds.), pp. 128, Verlag J. Peperny, München.
- DENEUBOURG J.-L., GOSS S., PASTEELS J.M., FRESNEAU D. & LACHAUD J.-P., 1987. - Self-organization mechanisms in ant societies (II): Learning during foraging and division of labor. In: *From Individual to Collective Behavior in Social Insects*. J.M. Pasteels, J.-L. Deneubourg (eds.), *Experientia Suppl.*, 54, pp. 177-196, Birkhäuser Verlag, Basel.
- FRESNEAU D. & LACHAUD J.-P., 1984. - Résultats préliminaires sur l'ontogenèse d'une société d'*Ectatomma tuberculatum* (Hym., Formicidae). In: *Processus d'Acquisition Précoce. Les Communications*. A. de Haro, X. Espadaler (eds.), pp. 437-444, Publ. Universitat Autònoma de Barcelona et S.F.E.C.A., Barcelona.
- LACHAUD J.-P. & FRESNEAU D., 1985. - Les premières étapes de l'ontogenèse de la société chez *Ectatomma tuberculatum* et *Neoponera villosa* (Hym. Form. Ponerinae). *Actes Coll. Insectes Sociaux*, 2, 195-202.
- LACHAUD J.-P. & FRESNEAU D., 1987. - Social regulation in ponerine ants. In: *From Individual to Collective Behavior in Social Insects*. J.M. Pasteels, J.-L. Deneubourg (eds.), *Experientia Suppl.*, 54, pp. 197-218, Birkhäuser Verlag, Basel.
- THÉRAULAZ G., GOSS S., GERVET J. & DENEUBOURG J.-L., 1991. - Task differentiation in *Polistes* wasp colonies: a model for self-organizing groups of robots. In: *From Animals to Animats*. J.A. Meyer, S.W. Wilson (eds.), Bradford Books, MIT-Press, Cambridge, sous presse.