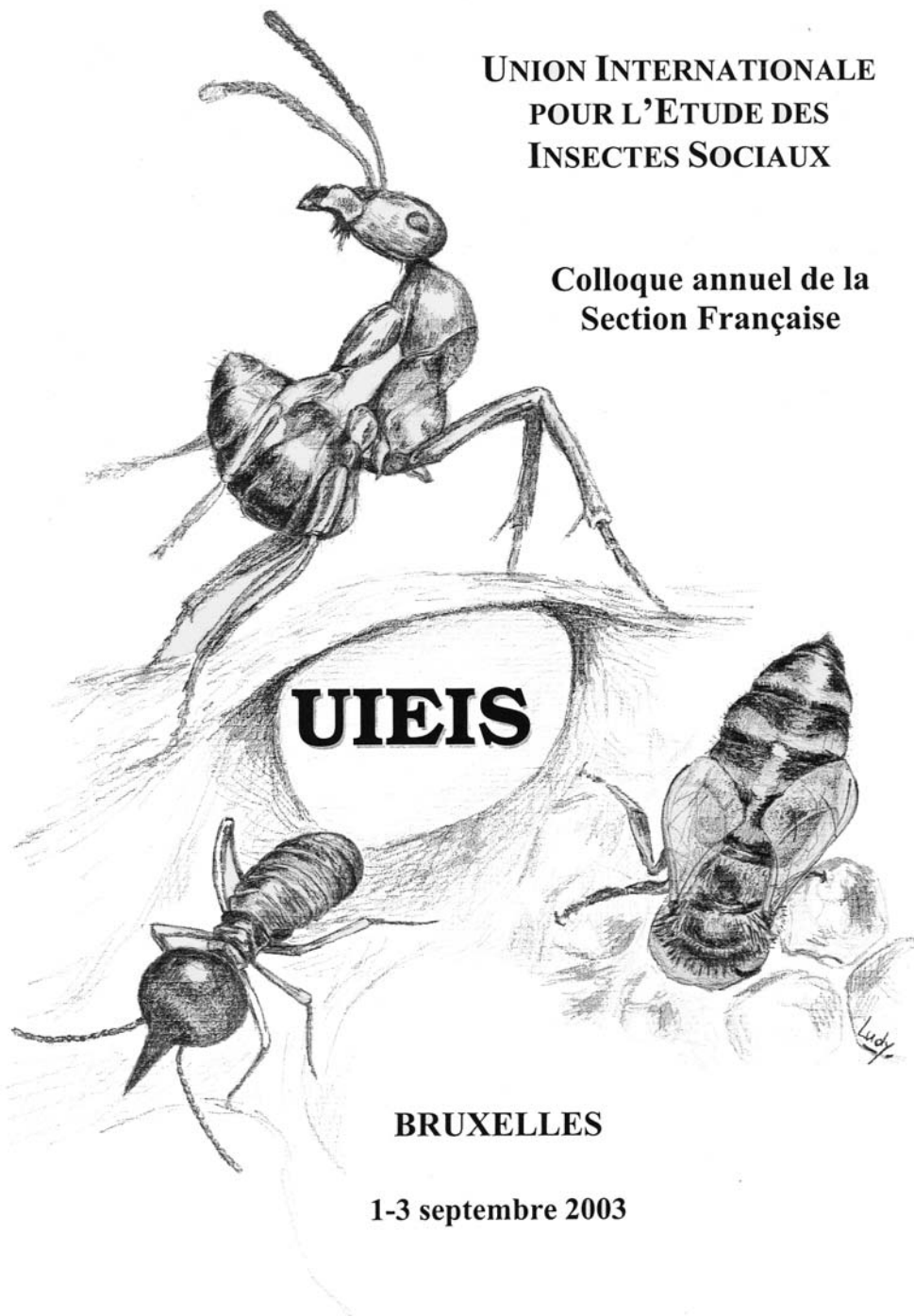


# Actes des Colloques Insectes Sociaux

Volume 16 (2004)

UNION INTERNATIONALE  
POUR L'ÉTUDE DES  
INSECTES SOCIAUX

Colloque annuel de la  
Section Française



BRUXELLES

1-3 septembre 2003

Dessin : Ludivine de Menten

## APPRENTISSAGE DE ROUTES ET ORIENTATION SPATIALE CHEZ UN INSECTE SUR UN SUPPORT EN TROIS DIMENSIONS

par Nadège Roche-Labarbe, Guy Beugnon, Jean-Paul Lachaud

UMR CNRS 5169 Centre de Recherches sur la Cognition Animale, Université Paul Sabatier, 118 rte de Narbonne, F-31062 Toulouse Cedex 4 ; ✉ : [nroche@cict.fr](mailto:nroche@cict.fr) ; [lachaud@cict.fr](mailto:lachaud@cict.fr)

### Introduction

De nombreux travaux ont mis en évidence chez diverses espèces de fourmis des capacités cognitives importantes, utilisées pour retrouver des sites familiers (Collett & Collett, 2002). Les deux types de stratégies visuelles les mieux décrites sont l'utilisation de repères célestes lors de l'intégration de trajets (Collett & Collett, 2000), et l'utilisation de repères terrestres lors de la navigation sur des routes familières (Pastergue-Ruiz et coll., 1995 ; Graham & Collett, 2002). Toutefois, la plupart de ces travaux ont été effectués sur des espèces terricoles, et proposaient aux individus des dispositifs en deux dimensions.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'orientation d'une fourmi arboricole néotropicale (*Ectatomma tuberculatum*), sur son support complexe en trois dimensions, afin de développer l'analyse des modalités d'orientation, apparemment spécifiques au milieu arboricole, décrites chez deux espèces de *Formica* (Fourcassié & Beugnon, 1988 ; Beugnon & Fourcassié, 1988). Le milieu arboricole présente, en effet, deux caractéristiques principales : la composante verticale de déplacement, et l'obligation, pour effectuer un trajet d'un point à un autre, de suivre les détours imposés par la position et les connexions des branches.

L'objectif de ces travaux est, à terme, de comparer les capacités cognitives développées par les fourmis selon qu'elles évoluent dans un environnement bi- ou tri-dimensionnel.

### I. Premier dispositif

#### **Matériel et méthodes**

L'objectif de notre premier dispositif expérimental a été de mettre en évidence la fixation ou le suivi régulier de trajets arboricoles individuels par les fourrageuses (phénomène préalablement suggéré par des observations de terrain), mais aussi d'obtenir des indications sur la dynamique de fixation de ces trajets. Nous avons donc reproduit en laboratoire des conditions de déplacement et de récolte arboricoles similaires à celles que rencontrent ces ouvrières dans leur milieu naturel.

Le nid a été placé dans une arène close contenant 3 arbres artificiels en bois, connectés entre eux par l'extrémité de certaines branches. D'autres extrémités supportaient des tubes Eppendorf contenant soit du miel soit plusieurs morceaux de grillons (*Gryllus assimilis*) fraîchement tués. Seules les ouvrières marquées individuellement pouvaient accéder aux arbres par l'intermédiaire d'un dispositif permettant de les filtrer. L'ensemble du dispositif n'étant pas isolé du reste de la pièce, il était entouré d'un "décor" visuel formé d'étagères, paillasses, affiches, etc. ainsi que de l'observateur lui-même, situé toujours au même endroit. Cette pièce disposait d'une fenêtre occupant un mur entier qui suffisait à éclairer l'ensemble tout en fournissant une photopériode naturelle. Durant toute la période

d'observation, tous les déplacements arboricoles de chaque individu marqué ont été notés et chronométrés, et tous les sites alimentaires où il y a eu prélèvement de nourriture ont été relevés.

## Résultats

### Fixation de trajets de récolte

Nous avons considéré un trajet individuel comme "fixé" à partir du premier trajet effectué sans erreur vers la source de récolte de l'individu concerné, et ceci sous réserve que ce trajet ait été ensuite maintenu pendant au moins 5 passages. Sur les 28 fourmis observées sur une période de 3 mois, 25 ont fixé au moins un trajet individuel de récolte de nourriture : 17 en ont fixé un seul, 8 en ont fixé entre 2 et 4. Au total 36 trajets fixés ont été enregistrés.

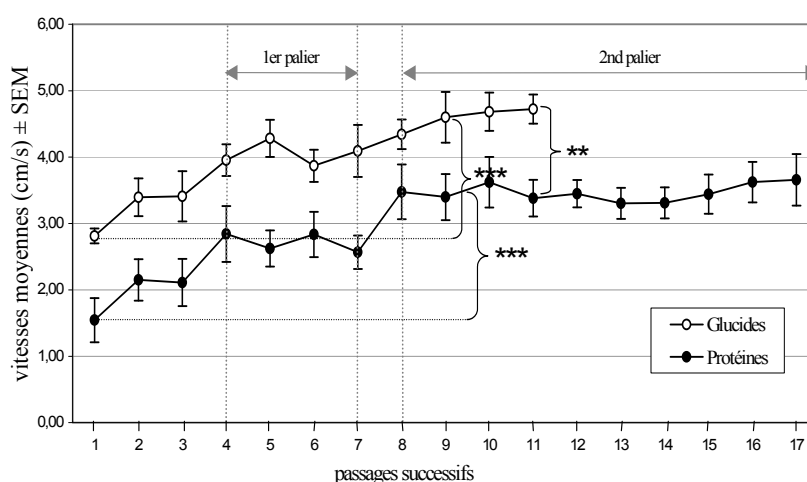
Pour qu'un trajet fixé selon nos critères puisse être considéré comme un véritable trajet préférentiel de récolte, il fallait qu'il soit également plus fréquemment employé que tout autre trajet. Un indice de fidélité au trajet fixé "IF" (IF = nombre de trajets effectués identiques au trajet fixé / nombre total de trajets effectués) a été calculé pour les fourmis ayant fixé un trajet unique. Cet IF est compris entre 0,91 et 1 pour environ 70 % des fourmis testées, et entre 0,60 et 0,90 dans les autres cas.

Pour chaque trajet fixé nous avons également relevé un paramètre que nous avons appelé "permanence", et qui correspondait au nombre de jours écoulés entre la fixation du trajet et la dernière fois où il a été effectué (suite à la mort de l'individu ou au changement de trajet fixé). Ces permanences sont comprises entre 3 et 24 jours. La plupart (75% des trajets vers une source glucidique et 91% de ceux vers une source protéique) ont une permanence comprise entre 5 et 14 jours.

### Performance de fixation et dynamique d'amélioration

La grande majorité des trajets observés dans notre dispositif (75% de l'ensemble des 36 trajets fixés enregistrés) ont été fixés en 1 seul essai. Nous avons effectué une ANOVA en mesure répétée sur les vitesses d'exécution successives des trajets fixés par chaque individu, avec en variable de classement le type de source de nourriture et en mesure répétée la vitesse d'exécution du trajet. La première mesure est celle du premier passage effectué sans erreur. Cette analyse fait apparaître les informations suivantes, que l'on peut voir également sur le graphique des moyennes (cf. Figure 1).

Figure 1. Amélioration des vitesses moyennes d'exécution des trajets lors des passages successifs, selon la nature de la source de récolte.



- Il y a une augmentation hautement significative ( $p < 0,0001$ ) de la vitesse d'exécution des trajets au fur et à mesure des répétitions, quel que soit le type de source associée aux trajets.

- A nombre de répétitions égal, la vitesse est toujours significativement plus élevée ( $p < 0,01$ ) sur les trajets dirigés vers des glucides que sur ceux dirigés vers des protéines.

- L'amélioration de la vitesse d'exécution suit un schéma similaire quel que soit le type de source (pas d'interaction significative entre le type de source et l'effet des répétitions au seuil 5%).

La performance semble donc être optimale après 8 à 9 passages sur un trajet fixé dans nos conditions, c'est-à-dire des trajets de 77 cm de long comportant 3 choix directionnels. Des comparaisons a posteriori par un test de Newman-Keuls ont permis de faire apparaître deux paliers significatifs (au risque 5%) dans l'amélioration des vitesses d'exécution des trajets, quelle que soit la nature de leur source : un premier palier du 4<sup>ème</sup> au 7<sup>ème</sup> passage, puis un second après le 8<sup>ème</sup> passage.

## Discussion

Les résultats mettent en évidence la capacité des ouvrières pourvoyeuses d'*E. tuberculatum* à fixer individuellement des trajets de récolte préférentiels, auxquels elles restent très fidèles pendant plusieurs jours. Ce phénomène, qui existe également chez d'autres espèces, permet probablement d'optimiser les sorties des ouvrières, en assurant une récolte maximale avec un minimum de risques (Hölldobler & Wilson, 1990, pp. 385-387). De plus la fixation de ces trajets est extrêmement rapide, généralement en un seul essai, même s'il est vrai que notre dispositif est beaucoup plus simple que la réalité.

A nombre de passages égal, la vitesse moyenne d'exécution des trajets vers une source glucidique est toujours significativement plus élevée que vers une source protéique, bien que par ailleurs l'évolution de ces vitesses se fasse de façon identique. Il pourrait s'agir ici d'une adaptation à la stabilité spatiale des sources dans la nature, plus élevée pour les glucides (nectaires extra-floraux par exemple) que pour les protéines (proies mobiles).

Après la fixation d'un trajet, on note une amélioration significative de la performance en termes de vitesse d'exécution des trajets au cours des passages successifs. Cette amélioration se fait en deux étapes, la performance devenant optimale après 9 passages environ. Les deux paliers observés pourraient correspondre à un changement de stratégie d'orientation lié à l'expérience de l'individu, de chimique à visuelle, comme cela a été décrit chez *Paraponera clavata* (Harrison et coll., 1988). Comme nous ne souhaitons pas travailler sur l'orientation chimique, afin d'éviter ce biais éventuel nous avons effectué divers tests préliminaires sur les ouvrières expérimentées (ayant effectué plus de 10 passages sur leur trajet) destinés à déterminer les repères qu'elles utilisaient : les résultats semblent indiquer que la vue du grand repère fortement contrasté que constituaient les montants foncés de la fenêtre sur le fond clair du ciel ait été nécessaire et suffisante pour permettre l'orientation des ouvrières expérimentées.

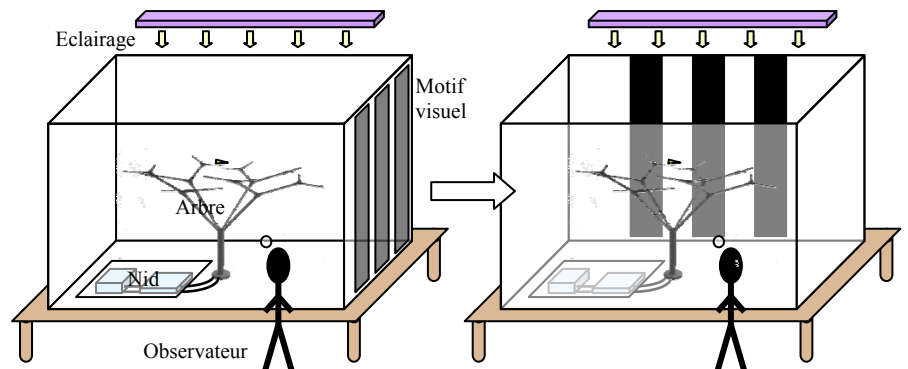
## II. Second dispositif

### **Matériel et méthodes**

L'objectif de ce second dispositif était de mettre en évidence la capacité des ouvrières expérimentées d'*E. tuberculatum* à se rappeler un trajet de récolte sur la seule base de la position, par rapport à l'arbre, d'un motif à fort contraste lumineux. Le dispositif globalement similaire à celui de la première expérience, disposait d'une arène ne contenant qu'un seul arbre, à 4 branches, placé au centre de l'aire de déplacement et ne portant qu'une source alimentaire. Le nid et le dispositif de filtrage permettant l'accès à l'arbre étaient recouverts de papier identique à celui qui tapisse le sol de l'arène, et l'ensemble était isolé visuellement du reste de la pièce d'expérience par du tissu blanc épais. La lumière était artificielle et homogène. Seul un repère visuel était fourni : 3 bandes verticales de tissu noir sur un côté du dispositif. Après que chaque ouvrière marquée ait effectué 16 passages sur le trajet menant à la source, le motif "bandes

noires" a été déplacé de 90° antihoraires, sur le côté adjacent à celui qu'il occupait pendant l'apprentissage. Si les ouvrières expérimentées s'orientent grâce à la position du motif, on s'attend à une rotation antihoraire du trajet à 90°, sur la branche adjacente à celle qui porte la source de nourriture (cf. Figure 2).

Figure 2. Schéma de la manipulation réalisée sur le second dispositif expérimental.



## Résultats

La 17<sup>ème</sup> sortie de chaque fourmi sur le dispositif, après rotation antihoraire de 90° du repère visuel, a donné lieu au résultat attendu : les 10 individus testés ont effectué un trajet identique au trajet qui menait à la source durant l'entraînement, mais avec une rotation antihoraire de 90° de l'ensemble du parcours.

## Discussion

Nos résultats démontrent l'utilisation prépondérante, dans nos conditions expérimentales, d'un grand repère visuel à fort contraste lumineux, situé dans le champ visuel frontal et latéral, par les ouvrières expérimentées pour s'orienter sur l'arbre en direction de leur source de nourriture. L'originalité de la situation proposée aux fourmis par le biais de ce second dispositif est le fait qu'un seul repère visuel suffise éventuellement à donner l'information nécessaire à l'orientation de la fourmi à chaque point de choix. Il sera intéressant de déterminer de quelle façon les fourmis utilisent un repère unique pour effectuer une série de choix successifs : l'une de nos hypothèses est qu'elles puissent mémoriser le déplacement du motif sur la surface rétinienne lors du fourragement, puis réitérer le comportement moteur adéquat permettant de reproduire un déplacement du motif sur la surface rétinienne identique à celui mis en mémoire.

## Références

Beugnon, G., Fourcassié, V., 1988. How do red wood ants orient when foraging in a three dimensional system? II. Field experiments. *Ins. soc.*, 35 : 106-124.

Collett, M., Collett, T.S., 2000. How do insects use path integration for their navigation? *Biol. Cybern.*, 83 : 245-259.

Collett, T.S., Collett, M., 2002. Memory use in insect visual navigation. *Nature Rev. Neurosc.*, 3 : 542-552.

Fourcassié, V., Beugnon, G., 1988. How do red wood ants orient during diurnal and nocturnal foraging in a three dimensional system? I. Laboratory experiments. *Ins. soc.*, 35 : 92-105.

Graham, P., Collett, T.S., 2002. View-based navigation in insects: how wood ants (*Formica rufa* L.) look at and are guided by extended landmarks. *J. Exp. Biol.*, 205 : 2499-2509.

Harrison, J.M., Fewell, J.H., Stiller, T.M., Breed, M.D., 1988. Effects of experience on use of orientation cues in the giant tropical ant. *Anim. Behav.*, 37 : 869-871.

Hölldobler, B., Wilson, E.O., 1990. *The Ants*. Harvard University Press, Cambridge, USA. 732 pp.

Pastergue-Ruiz, I., Beugnon, G., Lachaud, J.-P., 1995. Can the ant *Cataglyphis cursor* (Hymenoptera: Formicidae) encode global landmark-landmark relationships in addition to isolated landmark-goal relationships? *J. Insect Behav.*, 8 : 115-132.