

APPRENTISSAGE DE L'ORIENTATION VISUELLE AU COURS DU FOURAGEMENT CHEZ *POLYRHACHIS LABORIOSA* (F. SMITH) (HYMENOPTERA : FORMICIDAE)

MERCIER J.L., DELALANDE C. & BONIN F.

IRBI, UFR Sciences et Techniques, Parc de Grandmont, Université de Tours, 37200 Tours.

Résumé : La stratégie de récolte utilisée par la fourmi *Polyrhachis laboriosa* varie entre un fourragement solitaire et un fourragement avec recrutement de groupe sans leader en fonction de la taille de la source rencontrée (Mercier & Lenoir, 1999a). Aucun marquage de piste n'est effectué par l'ouvrière recruteuse lors du premier aller-retour entre une source de taille importante et le nid. L'ouvrière se comporte comme si elle apprenait visuellement le chemin source-nid dans un milieu 3D complexe avant de marquer une piste. De même, cette fourmi a montré des capacités d'apprentissage d'utilisation du saut lors de la récolte alimentaire (Mercier & Lenoir, 1999b). Ce comportement présuppose l'utilisation de repères visuels dans l'orientation. Nous montrons ici que *P. laboriosa* peut aussi apprendre à utiliser des repères visuels simples pour localiser une source de nourriture.

Mots-clés : *Polyrhachis laboriosa*, fourragement, apprentissage, repères visuels, orientation.

Summary: Learning of visual cues for orientation during foraging in *Polyrhachis laboriosa* (Hymenoptera: Formicidae)

The foraging strategy of *Polyrhachis laboriosa* varies from individual foraging to group recruitment without a leader as a function of the size of the food-source (Mercier & Lenoir, 1999a). No marking behaviour occurs during the first way to go back from the source to the nest. The forager acts just as if it learns the way to go to the source before initiating a chemical recruitment. In the same way, this ant has shown capacities in learning to jump during foraging (Mercier & Lenoir, 1999b). This behaviour implies the use of visual cues for orientation. We show here that *P. laboriosa* is able to learn simple visual cues for orienting towards a food-source.

Key words: *Polyrhachis laboriosa*, foraging, learning, visual cues, orientation.

INTRODUCTION

Les différents indices utilisés par les fourmis pour s'orienter dans le milieu sont variés. Parmi ceux-ci, on peut citer l'utilisation de repères visuels proximaux et distaux (Schatz et coll., 1999). Chez la fourmi *Polyrhachis laboriosa*, espèce tropicale arboricole, la découverte de sources alimentaires se fait de manière individuelle dans un milieu 3D très complexe que constitue le feuillage d'un arbre. L'exploitation des sources de petite taille se fait individuellement, sans aucun marquage chimique. Si la taille de la source est impor-

tante, un recrutement chimique intervient par marquage de piste entre le nid et la source (Mercier & Lenoir, 1999a). Ce marquage chimique est progressif et permet d'orienter, dans un premier temps, des congénères vers la source. Il est cependant transitoire et rapidement remplacé par une orientation individuelle des fourrageuses. De plus, les ouvrières de *P. laboriosa* sont capables d'apprendre à sauter pour atteindre une source de nourriture (Mercier & Lenoir, 1999b). Un tel comportement laisse supposer l'utilisation par cette espèce de repères visuels pour s'orienter dans le milieu. Nous avons donc voulu vérifier que *P. laboriosa* est capable d'apprendre à se diriger vers une source de nourriture en utilisant des repères proximaux.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Dispositif expérimental

Inspiré de celui utilisé par Pastergue-Ruiz (1995), il est conçu pour éliminer les repères visuels distaux, kinesthésiques, chimiques et les gradients de lumière. Il est constitué d'un cylindre opaque fermé vers le haut (\emptyset : 45 cm x H: 80 cm). Trois tubes (S1, S2, S3) (L: 5cm ; \emptyset : 1,5 cm) espacés de 120° les uns des autres sont placés à la base du cylindre. Le cylindre est posé sur une plaque en verre opacifiée percée d'un trou en son centre (E), nettoyée entre chaque trajet. L'ensemble est éclairé à la base par un néon circulaire. L'ouvrière testée individuellement part de l'aire (A) et accède au dispositif par l'entrée (E) grâce à un tuyau opaque mobile autour de son axe vertical. La position des fourmis lorsqu'elles se trouvent à 10 et 20cm du centre est notée sur un transparent fixé sur un moniteur (M).

Déroulement des expériences

Les fourmis sont à jeun pendant quatre jours, avant chacune des cinq phases suivantes. A l'inverse de Pastergue-Ruiz (1995), on s'intéresse aux trajets de l'entrée du nid (E) vers la nourriture (S). Des ouvrières individuellement marquées puis testées selon cinq phases successives.

- *Phase Témoin* : les fourmis sont choisies au hasard et introduites à tour de rôle dans le dispositif sans repère visuel ni nourriture dans les tubes (S). Un seul trajet est effectué par fourmi ($n = 35$).

- *Phase de Familiarisation* : on branche la sortie du nid en (E) pendant 36 heures. Le dispositif ne contient ni repère visuel ni nourriture. Les fourmis sont libres de l'explorer. Aucun trajet n'est noté.

- *Contrôle Témoin* : le dispositif est muni d'un repère à 2,5 cm au-dessus de S3 (240°) (croix de surface: 20cm^2). Aucune nourriture n'est disponible. Un seul trajet est effectué par fourmi ($n = 29$). Ce contrôle va nous indiquer si les ouvrières ont une attirance préférentielle et spontanée pour le repère.

- *Phase d'apprentissage* : le dispositif est muni du même repère à 2,5 cm au-dessus de S3 (240°). La nourriture est placée en S3 (Saccharose 1M).

+ Le premier trajet sert à initier le fourrage. On attend que l'ouvrière entre en contact avec la nourriture dans le tube (S3), puis on la replace dans l'aire (A). L'ouvrière n'ayant pas encore pris connaissance du renforcement alimentaire, ce trajet jusqu'à S3 n'est pas pris en compte dans l'apprentissage.

+ A chaque trajet suivant, la fourmi marquée est retirée dès qu'elle est entrée dans l'un quelconque des trois tubes (S), puis placée en (A). Chaque fourmi effectue plusieurs trajets, jusqu'à ce qu'elle ait respecté le critère d'apprentissage de 5 trajets successifs réussis ($n = 22$). Un trajet est réussi quand la fourmi trouve la nourriture en S3.

- *Phase Test* : une fois le critère d'apprentissage respecté, on ôte la fourmi du dispositif, puis on effectue une rotation de 120° (dans le sens contra-horaire) de la nourriture et du repère, qui se retrouvent alors au niveau du tube S2 (120°). La fourmi est alors réintroduite et réalise 5 trajets tests successifs ($n = 22$).

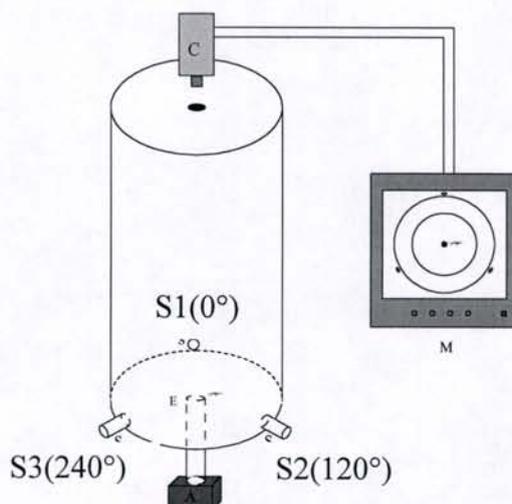


Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental. A : aire d'isolement; C : caméra vidéo; E : entrée du dispositif; M : moniteur; S1, S2, S3 : sorties du dispositif situées à 0° , 120° et 240° .

Figure 1 : Experimental device. A: isolating area, C: video camera, E: entrance; M: screen control; S1, S2, S3: exits placed at 0° , 120° and 240° .

Calculs et tests effectués

- *La direction du vecteur moyen (φ)* correspond à la moyenne de l'ensemble des directions prises par les fourmis au cours d'un même trajet. Elle est représentée par un vecteur partant du centre du cercle (Batschelet, 1981).

- *La longueur du vecteur (r)* donne une indication sur la concentration des valeurs autour de la moyenne. ($r = 0$: uniformément réparties, $r = 1$: concentrées autour de la moyenne) (Batschelet, 1981).

φ et r sont testés au moyen du test de Rayleigh (Statistiques circulaires).

RÉSULTATS

Phase témoin (Tab. 1)

L'analyse de la distribution des points effectuée avec le test de Rayleigh, nous indique que les fourmis se sont déplacées au hasard. Sans repères, elles se déplacent en formant des boucles et s'éloignent progressivement en spirale à partir du centre (E).

Phase contrôle témoin (Tab. 1)

Les ouvrières se déplacent de manière aléatoire sur les cercles de 10 et 20 cm. De plus, aucune nourriture n'étant associée au repère, ce résultat montre qu'elles n'ont pas d'attraction spontanée pour le repère placé en S3 (sans nourriture).

Phase d'apprentissage (Tab. 1 et Fig.2)

Les ouvrières s'orientent significativement vers le repère situé en S3 dès le 3e trajet. 22 ouvrières sur 29 utilisées (75,9%) ont réussi cet apprentissage.

Phase test (Tab. 1 et Fig.2)

Les ouvrières s'orientent de façon moins précise sur le cercle de 10 cm par rapport à la phase d'apprentissage. A 20 cm en revanche, elles s'orientent significativement vers le repère déplacé en S2. Au total, sur les 22 ouvrières ayant répondu au critère d'apprentissage en visitant 5 fois de suite la source de nourriture en S3 (avec repère en S3), 18 (81,9%) se sont orientées vers S2 (nouvelle position de la source et du repère), au moins 3 fois lors de la phase test.

	Cercle à 10 cm			Cercle à 20 cm		
	φ	R	Rayleigh	φ	R	Rayleigh
Témoin	233°	0,142	N.S.	207°	0,196	N.S.
Contrôle témoin	270°	0,251	N.S.	243°	0,305	N.S.
Apprentissage (Apt)	1	112°	0,131	231°	0,277	N.S.
	2	235°	0,237	221°	0,450	*
	3	211°	0,556	237°	0,774	***
	4	244°	0,630	245°	0,688	***
	5	236°	0,552	246°	0,793	***
Test (T)	1	159°	0,107	129°	0,483	**
	2	107°	0,259	117°	0,563	***
	3	107°	0,045	102°	0,568	***
	4	125°	0,305	117°	0,424	*
	5	167°	0,222	N.S.	142°	0,485

Tableau 1 : Valeur des vecteurs moyens obtenus lors des différentes phases (angle moyen : φ , longueur du vecteur : r). (Test de Rayleigh; N.S. : Non Significatif; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$).

Table 1: Mean vectors value for the different experimental conditions (mean angle: φ , length of the vector : r). (Rayleigh Test; N.S.: Not Significant; * : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; *** : $p < 0.001$).

DISCUSSION

P. laboriosa montre de réelles capacités de mémorisation et d'apprentissage du chemin à suivre pour retrouver une source de nourriture à partir du nid. Elle peut ainsi s'orienter dans un milieu grâce notamment à des repères proximaux. Cela lui permet, après la découverte d'une source de nourriture, de reconnaître le chemin entre le nid et la source avant de marquer une piste chimique. Le marquage différé rallonge le délai du recrutement mais le rend plus sûr, car le risque de marquer une fausse piste en empruntant une voie sans issue (très fréquente dans un milieu 3D complexe comme le feuillage d'un arbre) est minimisé. Étant donné la capacité de cette espèce à adapter d'une part sa stratégie de fourragement aux caractéristiques de la source rencontrée et à intégrer d'autre part le saut dans ses déplacements lors de la récolte alimentaire (Mercier & Lenoir, 1999a, b), il est probable qu'elle puisse aussi apprendre à utiliser des repères distaux pour orienter ses déplacements. Un apprentissage rapide semble toutefois possible uniquement dans des situations simples, contrairement à *Cataglyphis Cursor* (Pastergue-Ruiz, 1995 ; Chameron *et coll.*, 1998 ; Schatz *et coll.*, 1999). En effet, des expériences préalables ont montré que *P. laboriosa* semble bien discerner la présence de trois repères différents simultanés sans pouvoir les discriminer les uns des autres. Elle se déplace bien en ligne droite vers les repères sans pouvoir associer l'un d'entre eux à la source de nourriture.

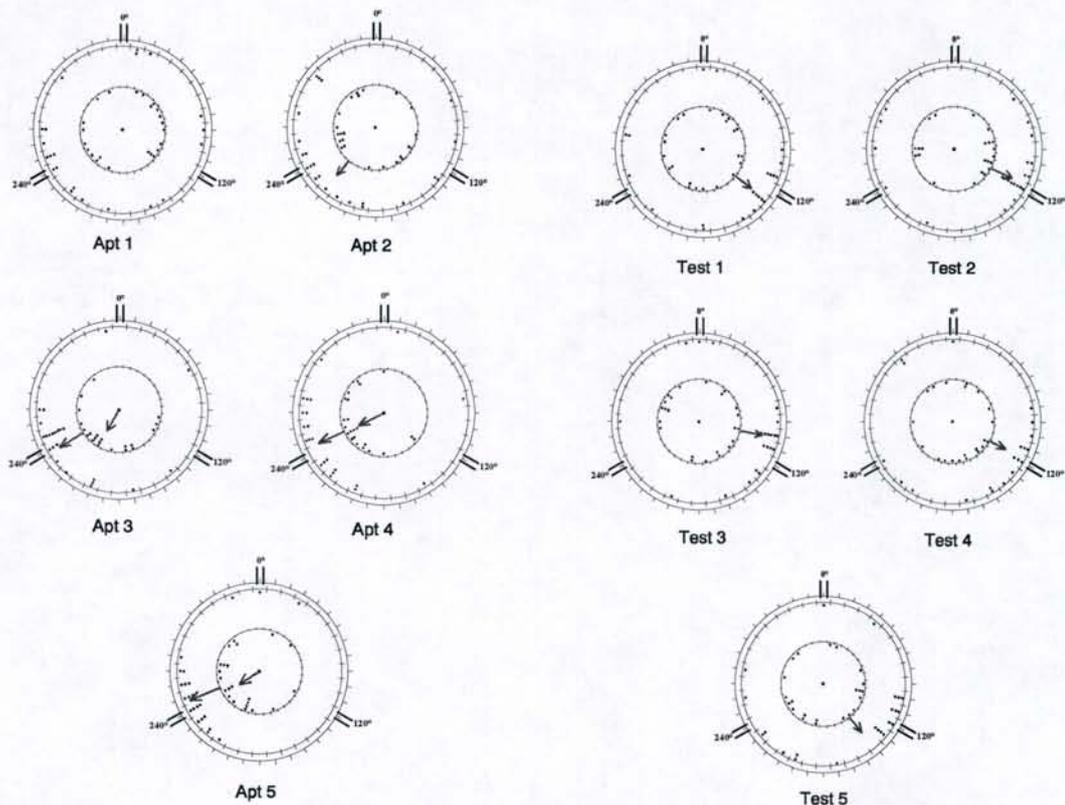


Figure 4 : Répartition circulaire des directions prises par les fourmis lors de l'apprentissage (seuls les 5 derniers trajets sont montrés) et lors de la phase test. Les flèches représentent le vecteur moyen ϕ lorsqu'il est significatif.

Figure 4: Circular distribution of the directions of workers during the learning (only the five last trips are shown) and during the test phase. Arrows show the mean vector ϕ when significant.

REMERCIEMENTS

À Raymond Jégat pour la réalisation du dispositif expérimental.

BIBLIOGRAPHIE

- Batschelet E., 1981. Circular statistics in biology. *Academic Press Inc. (London)*.
- Chameron S., B. Schatz, I. Pastergue-Ruiz, G. Beugnon & T.S. Collett, 1998. The learning of a sequence of visual patterns by the ant *Cataglyphis cursor*. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 265: 2309-2313.
- Mercier J.L. & A. Lenoir, 1999a. Individual flexibility in the choice of foraging strategy in the ant *Polyrhachis laboriosa* F. Smith (Hymenoptera: Formicidae). *Insectes Soc.*, 46: 267-272.
- Mercier J.L. & A. Lenoir, 1999b. A new case of jumping behaviour in ants, as a full part of the foraging strategy. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 322: 661-667.
- Pastergue-Ruiz I., 1995. La représentation visuelle de l'espace chez un insecte : la fourmi *Cataglyphis cursor* (Hymenoptera: Formicidae). *Thèse d'université*, Université Toulouse III, 186 pp.
- Schatz B., S. Chameron, G. Beugnon & T.S. Collett, 1999. The use of path integration to guide route learning in ants. *Nature*, 399: 769-772.