



# THÈSE

En vue de l'obtention du

## DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par l'Université Toulouse III - Paul Sabatier et l'Université Autonome de Barcelone  
Discipline ou spécialité : *Ethologie et Ecologie*

---

Présentée et soutenue par *Abel Bernadou*  
Le mercredi 23 septembre

**Titre :** *Du micro-paysage au paysage : approche éthologique et écologique de l'impact des hétérogénéités spatiales du milieu sur les fourmis.*

---

### JURY

*Xim Cerdá (Directeur de recherche, CSIC - Estación Biológica de Doñana)*  
*Régis Céréghino (Professeur des Universités - Université Paul Sabatier)*  
*Claire Detrain (Professeur - chercheur qualifié FNRS - Université Libre de Bruxelles)*  
*Xavier Espadaler (Professeur des Universités - Université Autonome de Barcelone)*  
*Vincent Fourcassié (Chargé de recherches CNRS - Université Paul Sabatier)*  
*Jean-Luc Mercier (Maître de conférences - Université François Rabelais)*

---

**Ecole doctorale :** *CLESCO*

**Unité de recherche :** *Centre de Recherches sur la Cognition Animale et Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals*

**Directeur(s) de Thèse :** *Professeur Xavier Espadaler et Docteur Vincent Fourcassié*

**Rapporteurs :** *Docteur Xim Cerdá et Professeur Claire Detrain*

## Résumé

---

### **Du micro-paysage au paysage : approche éthologique et écologique de l'impact des hétérogénéités spatiales du milieu sur les fourmis.**

Quelle que soit l'échelle à laquelle on le considère, l'environnement dans lequel évolue un animal constitue un paysage qui se caractérise par la présence de nombreuses hétérogénéités qui peuvent être liés aussi bien aux facteurs biotiques qu'abiotiques du milieu. Ces hétérogénéités peuvent considérablement affecter les déplacements des animaux, mais aussi influencer leur décision au moment du choix du type d'habitat. Notre travail a porté sur l'étude de l'impact sur les fourmis des hétérogénéités du milieu lorsque celles-ci sont considérées à différentes échelles spatiales. Il combine une approche éthologique et écologique qui s'inscrit dans une démarche *bottom-up* ayant pour ambition de faire le lien entre le comportement des fourmis au niveau individuel et collectif et leur répartition en milieu naturel.

La survie et le développement des colonies de fourmis sont en partie liés à l'efficacité de la récolte de nourriture. Dans un premier temps, nous avons donc étudié les comportements des fourmis dans des milieux présentant différents degrés d'hétérogénéités physiques. Nous avons cherché à caractériser la façon dont les hétérogénéités du micro-paysage pouvaient entraver, ou bien au contraire, faciliter, les déplacements, la découverte, et l'exploitation des sources de nourriture dans le milieu. Pour tester les rapports d'échelle et étudier l'influence respective du micro-paysage et de la taille des fourmis, des expériences ont été réalisées au laboratoire avec différents types de substrat sur des fourmis de différentes tailles. Les résultats montrent que l'hétérogénéité liée au substrat affecte de manière importante aussi bien les déplacements des fourmis que les processus d'exploitation des sources de nourriture, et ceci tant au niveau individuel que collectif.

L'autre aspect de notre travail, plus écologique, a porté sur le rôle des hétérogénéités du milieu, considérées à différentes échelles spatiales, dans la distribution et la répartition des différentes espèces de fourmis le long de gradients altitudinaux. Nous avons procédé pendant trois étés successifs à des échantillonnages standardisés de fourmis dans deux vallées Pyrénéennes et corrélié la présence/absence des espèces trouvées aux différents types d'hétérogénéités environnementales. Les résultats obtenus montrent que les facteurs considérés à grandes échelles, tel que l'altitude, sont importants pour expliquer la structuration générale des communautés de fourmis mais pas suffisants pour expliquer leur distribution de manière locale.

**Mots clés :** Formicidae, comportement d'approvisionnement, hétérogénéités spatiales, approche multi-échelle, gradient altitudinal, Pyrénées, écologie du paysage, écologie des communautés.

## Abstract

---

### **From micro-landscape to landscape: ethological and ecological approach of the impact of the spatial heterogeneities of the environment on ants.**

Whatever the scale at which it is considered, the natural environment of an animal constitutes a landscape whose structure is composed of many spatial heterogeneities that can be related either to the biotic or abiotic factors of the environment. These heterogeneities can significantly affect the movement of animals but they can also influence their decision when choosing a habitat. Our work constitutes a multiscale study of the impact of environmental heterogeneities on ants. It combines methods from both ethology and ecology in a bottom-up approach whose ambition is to make a link between the behaviour of ants, both at the individual and collective level, and their distribution in the natural environment.

The survival and growth of ant colonies is partly linked to the efficiency of their foraging behaviour. The first part of our work thus deals with the influence of the physical structure of the environment on the foraging movements of ants, both at the individual and collective level. Our research focuses on the perception of the physical heterogeneities of the environment by ants and on the impact of these heterogeneities on their movement as well as on the discovery and exploitation of the food sources of the environment. To study the relative influence of ant size and micro-landscape structure on ant displacement, we conducted laboratory experiments with substrates of different roughness (sand, gravel...) and ants of different size. The results show that substrate roughness can significantly affect the movement of ants as well as the efficiency with which they exploit of the food sources, both at the individual and collective level.

The second part of our work is concerned with the impact of environmental heterogeneities, considered at different spatial scales, on the distribution of ant species along altitudinal gradients. Using standardized sampling methods we sampled the ant fauna during three successive summers in two Pyrenean valleys. The presence/absence of different ant species was then correlated to the presence of different types of environmental heterogeneities. The results show that large scale factors, such as altitude, are important to explain the general structure of ant communities, but not sufficient to explain the local distribution of ants.

**Key words:** Formicidae, foraging behaviour, spatial heterogeneities, multi-scale approach, altitudinal gradient, Pyrenees, landscape ecology, community ecology.