

DYNAMIQUE D'AGRÉGATION CHEZ *BLATTELLA GERMANICA* (L.)

Raphaël JEANSON¹, Colette RIVAULT²,
Jean Louis DENEUBOURG³ & Guy THERAULAZ¹

¹ Laboratoire d'Éthologie et Cognition Animale, CNRS FRE 2382, Université Paul Sabatier,
118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 4, France – jeanson@cict.fr

² UMR CNRS 6552, Laboratoire d'Éthologie-Écologie-Évolution, Campus de Beaulieu,
Université de Rennes I, 35042 Rennes Cedex, France

³ CENOLI, CP 231, ULB, Bd du Triomphe, 1060 Bruxelles, Belgique

Résumé: Afin de déterminer l'influence de la composante sociale dans la dynamique d'agrégation des blattes, des expériences ont été réalisées dans un dispositif expérimental homogène en utilisant différentes densités d'individus. Parallèlement à la description du niveau collectif, nous nous sommes intéressés à l'analyse des comportements individuels. Cette démarche nous permet de comprendre le lien existant entre les comportements individuels et la dynamique collective d'agrégation résultant de processus d'interattraction et d'amplification.

Mots-clés: *Blattella germanica*, *agrégation*, *auto-organisation*, *organisation spatiale*.

Abstract: **Dynamics of aggregation in *Blattella germanica* (L.).**

The influence of interactions taking place between individuals on the dynamics of aggregation in groups of cockroaches of increasing size was investigated with an homogenous experimental setup. The collective dynamics of aggregation was studied in parallel with the individual behaviors. Using this procedure it was then possible to understand the link that exist between individual and collective levels. We show that the features of the dynamics of aggregation could be explained in terms of amplification and interattraction mechanisms.

Key words: *Blattella germanica*, *aggregation*, *self-organization*, *spatial organization*.

INTRODUCTION

Il existe toute une gamme de mécanismes pouvant conduire à des phénomènes d'agrégation dans des groupes ou sociétés animales (Allee, 1931). Ces phénomènes peuvent se produire de manière passive sous l'influence de facteurs abiotiques aboutissant par exemple à la formation d'agrégats denses de zooplanctons obtenus en réponse aux contraintes physiques (Okubo, 1980). L'agrégation active résulte de déplacements vers une source commune d'attraction, les hétérogénéités de l'environnement agissant comme un *gabarit* spécifiant l'organisation spatiale finale des individus. Mais les phénomènes d'agrégation ne résultent pas exclusivement des hétérogénéités présentes dans l'environnement et peuvent également reposer sur l'interattraction entre individus. De nombreux auteurs, comme Grassé (1952), ont souligné l'importance de cette tendance à réaliser un groupement sous l'influence de

l'attraction réciproque. L'agrégation par interattraction présente au niveau des mécanismes mis en jeu dans sa production toutes les caractéristiques d'un processus auto-organisé (Bonabeau et coll., 1997 ; Camazine et coll., 2001). Dans ces processus collectifs, un feed-back positif implémenté au niveau individuel contribue à l'émergence de la structure finale et à la diversité des réponses collectives.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Des larves de stade 1 (âgées de 12 à 24 heures, 3 mm de longueur) de *Blattella germanica* (L.) sont déposées sous narcose au CO₂ par lots de 10 ou 20 individus au centre d'une arène de 11,5 cm de diamètre et de 3 mm de hauteur. Un ordinateur couplé à une caméra permet la saisie d'images toutes les 10 secondes pendant 60 minutes et détermine les coordonnées cartésiennes des individus (Fig. 1).

Deux individus sont considérés comme agrégés si leur distance interindividuelle est égale ou inférieure à 1 cm (distance pour établir un contact antennaire).

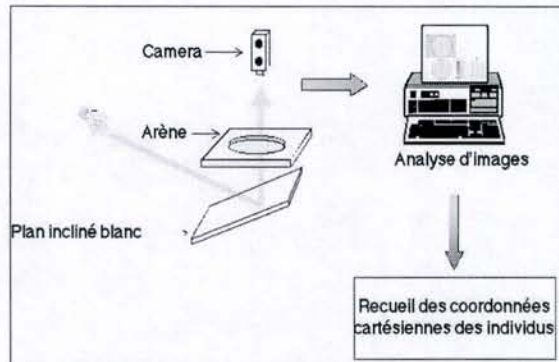


Figure 1. Dispositif expérimental.
Experimental set-up.

RÉSULTATS

Dynamique collective

Évolution temporelle du nombre moyen d'agrégats

À partir des coordonnées cartésiennes recueillies, pour chaque expérience et conditions expérimentales, nous pouvons déduire pour chaque minute le nombre et la taille des agrégats, indépendamment de leur localisation spatiale (Fig. 2). Les résultats montrent que le niveau d'agrégation est d'autant plus marqué que la densité d'individus est importante.

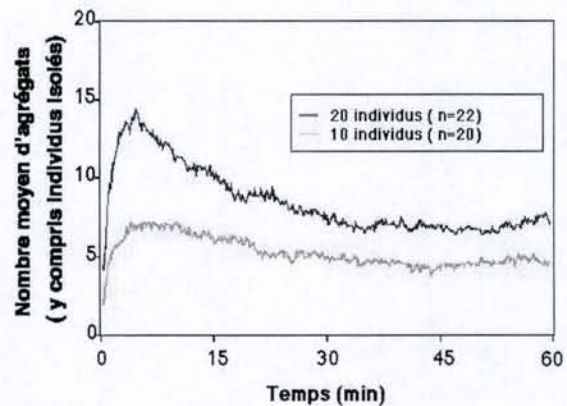


Figure 2. Évolution temporelle du nombre moyen d'agrégats.
Evolution of mean numbers of clusters.

Historique d'agrégation

Le secteur angulaire de 30° regroupant le maximum d'individus est repéré à 60 minutes en fin d'expérience. L'évolution temporelle du nombre d'individus localisés dans ce secteur "cible" au cours du temps suit une loi de type logistique : une phase de croissance impliquant un feed-back positif suivi d'une phase de saturation (Fig. 3). La phase de croissance est d'autant plus marquée que la densité est importante. Cette méthode nous renseigne également sur la stabilité spatiale de l'agrégat.

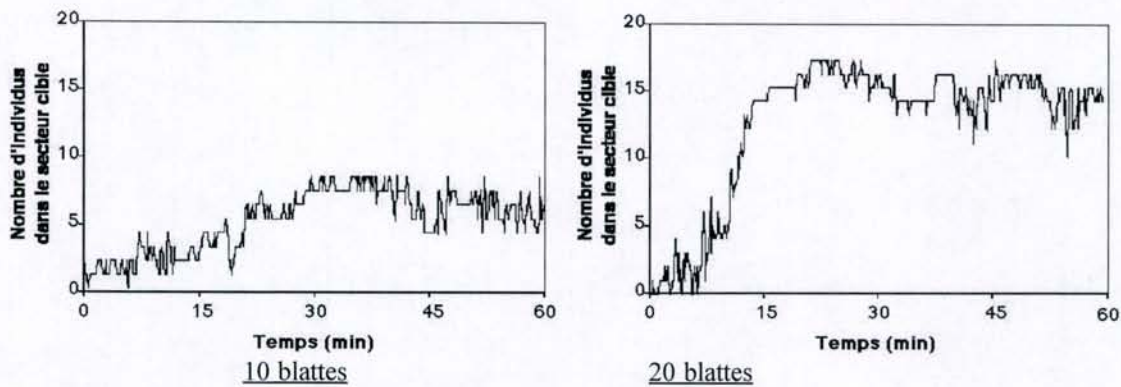


Figure 3. *Évolution temporelle du nombre d'individus dans le secteur de 30° regroupant le maximum de larves à 60 minutes.*
Evolution of the numbers of cockroaches in the sector (30°) gathering the maximum number of larvae at 60 minutes.

Dynamique spatio-temporelle

L'agrégation comprend 3 phases (Fig. 4) :

- Une phase initiale de dispersion radiale consécutive à l'introduction des larves au centre de l'arène, qui entraîne une répartition homogène des individus à la périphérie (thigmotactisme).
- Une phase de réorganisation angulaire des individus conduisant à la formation d'agrégats labiles de faible effectif.
- Une phase de compétition entre agrégats aboutissant à la formation d'un agrégat principal regroupant la majorité des individus.

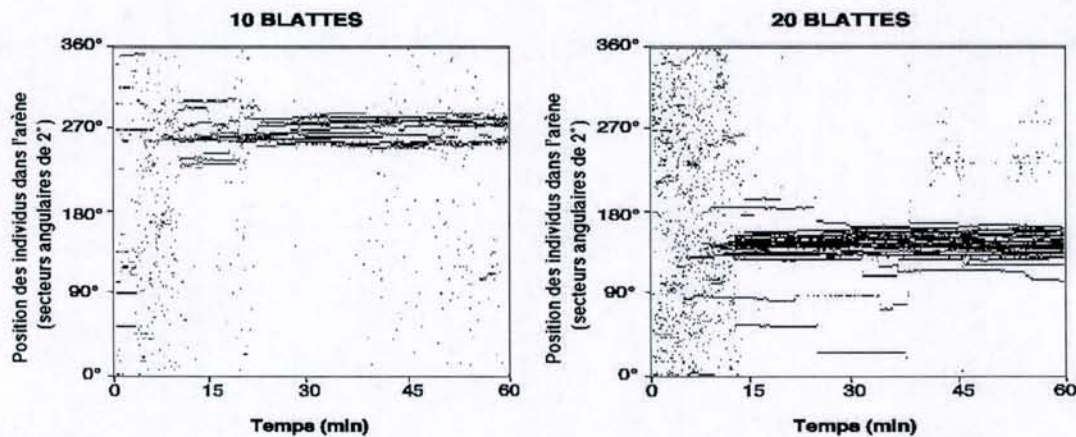


Figure 4. *Évolution de l'organisation spatiale des individus au cours du temps par secteur de 2°.*
Evolution of the spatial organization of individuals in 2° sectors.

Comportements individuels

Parallèlement à la description de la dynamique d'agrégation au niveau collectif, nous nous sommes intéressés aux comportements individuels qui contribuent à la formation des agrégats. Nous avons calculé pour cela, la probabilité pour un individu agrégé de

quitter un agrégat ainsi que la probabilité pour un individu isolé de s'arrêter dans un agrégat en fonction de la taille de l'agrégat considéré (Fig. 5).

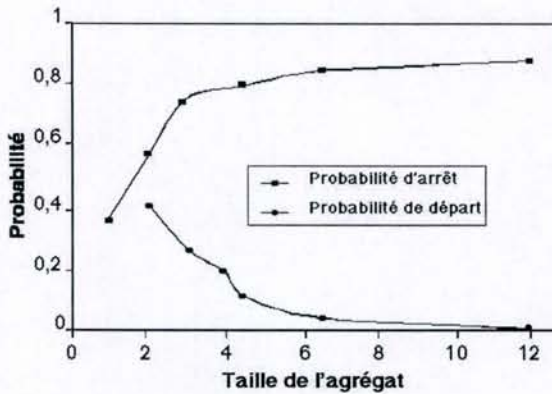


Figure 5. Probabilités de s'arrêter et de quitter un agrégat en fonction de sa taille.
Probability to stop or to leave a cluster as a function of its size.

Plus la taille d'un agrégat est importante plus la probabilité pour un individu de s'arrêter à proximité est élevée. Réciproquement, la probabilité de quitter un agrégat est d'autant plus faible que l'agrégat est de taille importante. Ces deux processus conduisent à l'amplification rapide et à la stabilisation des agrégats.

CONCLUSION

Dans le système étudié, le signal conduisant à l'agrégation est porté par les individus et n'est pas dû aux hétérogénéités présentes dans l'environnement. Les interactions entre individus aboutissent à une amplification sociale du signal par le jeu de feed-back positifs : plus l'agrégat est de taille importante plus la probabilité que des individus isolés s'y arrêtent est élevée. Dans de tels systèmes auto-organisés, la cinétique d'agrégation est sensible aux conditions initiales en l'occurrence à la densité d'individus.

Une classe de mécanismes généraux reposant sur des feed-back positifs semblent impliqués dans les phénomènes d'agrégation à toutes les échelles du vivant. Ils ont été décrits notamment chez les larves de *Dendroctonus micans* (Deneubourg et coll., 1990) et chez les fourmis *Lasius niger* (Ripart, comm. pers). Les mécanismes auto-organisés mis en œuvre conduisent également à la structuration spatiale des individus.

RÉFÉRENCES

- Allee, W.C., 1931. *Animal Aggregations: A Study in General Sociology*. University of Chicago, Chicago.
- Bonabeau, E., G. Théraulaz, J.L. Deneubourg, S. Aron and S. Camazine, 1997. Self-organization in social insects. *TREE* 12: 188-193.
- Camazine, S., J.L. Deneubourg, N. Franks, J. Sneyd, G. Theraulaz and E. Bonabeau, 2001. *Self-Organization in Biological Systems*. Princeton University Press.
- Deneubourg, J.L., J.C Grégoire, E. Le Fort, 1990. Kinetics of the larval gregarious behaviour in the bark beetle *Dendroctonus micans*. *J. Insect Behav.* 3: 169-182.
- Grassé, P.P., 1952. Le fait social : ses critères biologiques, ses limites. In: *Structure et Physiologie des Sociétés Animales* (P.P Grassé, Ed.), CNRS Editions, Paris. pp. 7-17.
- Okubo, A., 1980. Diffusion and ecological problem: mathematical models, lecture note in biomathematics, Springer Verlag, New York.