



SOUS LE RÉGIME DE LA COMMUNAUTÉ

Un pour tous, tous pour tous : c'est la règle chez les insectes sociaux, mais aussi certains oiseaux qui, en groupe, se comportent comme des super-organismes.



BENCE MATE/NATURE/PL/EBPHOTO

Il pleut depuis des jours sur les plaines du Texas. Le Buffalo Bayou, une rivière lente et sinueuse qui traverse Houston, déborde de son lit. Non loin des rives, une colonie de « fourmis de feu » (*Solenopsis invicta*), ainsi dénommées en raison de leur venin nécrosant capable de tuer lézards et petits oiseaux, s'agite à mesure que l'eau s'engouffre dans le nid. Des dizaines de milliers d'ouvrières se regroupent en surface. Elles s'accrochent les unes

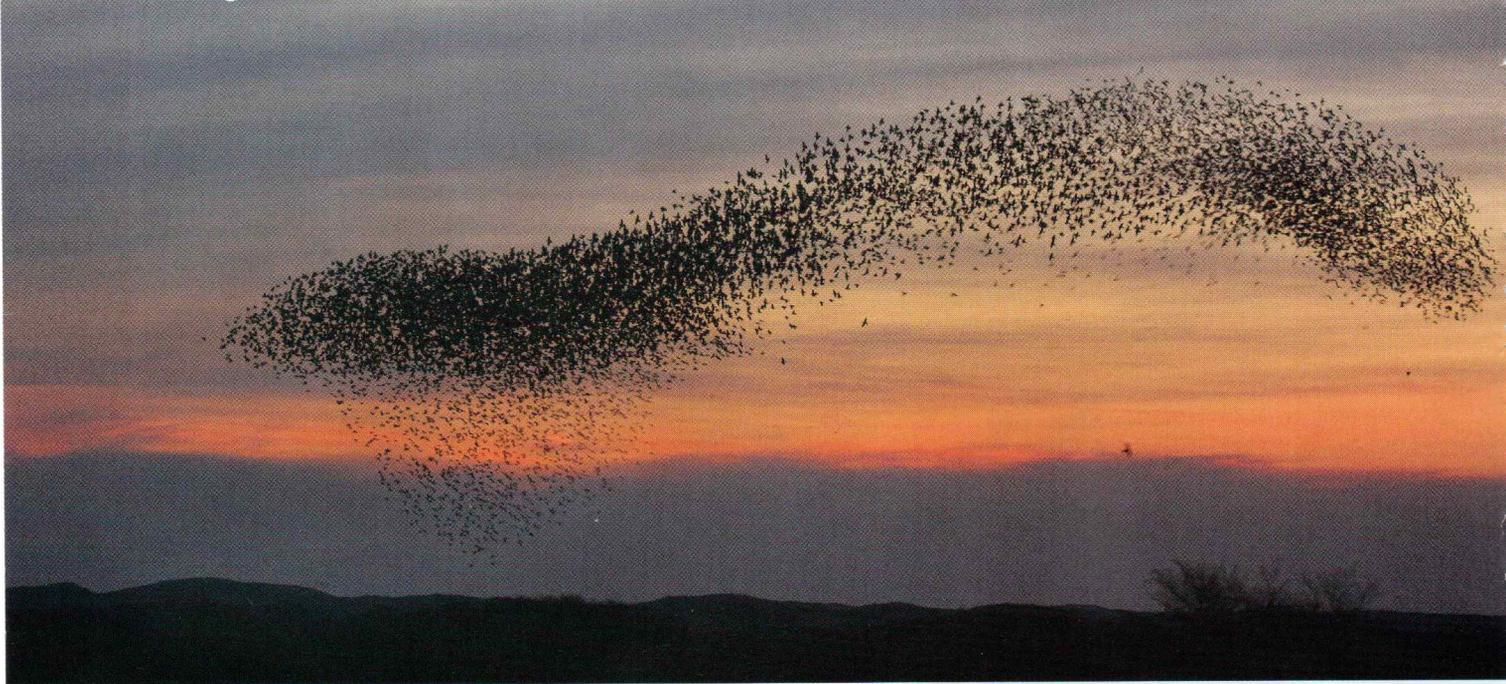
aux autres par leurs mandibules et leurs pattes de sorte à former, en quelques minutes, une masse compacte et grouillante qui fera office de... radeau vivant ! Peu denses, les larves et les pupes sont placées dans la partie immergée pour servir de flotteurs, tandis que la reine trouve refuge au milieu de l'embarcation. La colonie échappera ainsi à la noyade. Elle dérivera sur les eaux en crue jusqu'à atteindre un support statique, tel un arbre, où les hymé-

noptères attendront la fin du déluge.

De nombreuses espèces d'insectes, mais aussi d'oiseaux, de poissons ou de mammifères agissent ainsi de manière organisée pour exécuter des tâches qu'un individu solitaire ne pourrait accomplir : s'organiser en structures aux fonctions diverses, telles les chaînes d'abeilles pour façonner les ruches ou les nuées de passereaux pour échapper aux prédateurs ; ou résoudre des ●●●

Symboles de l'intelligence collective : les fourmis.

Chez l'espèce coupe-feuille, par exemple, les cueilleuses sont protégées des prédateurs par des "soldats" de grande taille.



●●● problèmes d'une étonnante complexité, comme trouver le plus court chemin vers une source de nourriture. Tout se passe comme si ces groupes d'animaux constituaient un seul et même super-organisme, dont les activités étaient orchestrées avec une précision et une discipline quasi parfaites par une force mystérieuse.

Fini le mythe d'ouvrières obéissant aux ordres

Depuis peu, les scientifiques décryptent ces comportements collectifs. « *Nous étions les seuls, en France, au milieu des années 1980, à travailler sur l'intelligence collective des animaux*, raconte Guy Théraulaz, du Centre de recherches sur la cognition animale à l'université Paul-Sabatier de Toulouse. *À l'étranger, ce n'était guère mieux. Mais depuis une dizaine d'années, ce domaine de recherche a littéralement explosé, apportant un flot de résultats et de connaissances nouvelles.* »

Le principal enseignement bat en brèche une idée qui a long-

temps prévalu : ces prouesses collectives ne résultent pas d'une organisation hiérarchique et centralisée comme en connaissent les sociétés humaines. Chez les insectes sociaux, par exemple, fini le mythe d'une reine jouant le rôle de centre organisateur, les ouvrières obéissant aux ordres visant à appliquer un programme prédéterminé. Les capacités cognitives de ces animaux ne sont tout simplement pas assez puissantes ! Ils n'ont accès qu'à des informations locales et sommaires issues de leurs congénères et de leur environnement. À titre de comparaison, le cerveau des fourmis contient 100 000 fois moins de neurones que celui des êtres humains, et certaines espèces sont même quasiment aveugles ! Les individus ne disposent ainsi d'aucune représentation ou connaissance explicite des architectures qu'ils produisent, des objectifs qu'ils sont en train de réaliser.

« *Cette intelligence en essaim émerge de l'enchaînement d'un*

Les ballets spectaculaires

mettant en scène des milliers d'étourneaux ne sont réglés par aucun "chorégraphe" : chaque individu se réfère uniquement à ses sept voisins les plus proches.

+ **Henri Atlan,**
Le Vivant post-génomique, ou qu'est-ce que l'auto-organisation ?
Odile Jacob, 2011

Guy Théraulaz,
« L'intelligence collective des fourmis »,
Le Courrier de la Nature, 2009

Guy Théraulaz et Éric Bonabeau,
Intelligence collective,
Hermès, 1994

grand nombre d'interactions entre individus répartis dans un espace donné, explique Jean-Louis Deneubourg, maître de recherches à l'Université libre de Bruxelles et autre pionnier du domaine. *Ces individus sont soumis à des règles de comportement simples et peu nombreuses. Mais leurs interactions leur permettent d'échanger de l'information, de coordonner leurs activités et de développer, au niveau du groupe, des capacités cognitives qui n'existent pas à l'échelle individuelle. Pour ces super-organismes, le tout devient ainsi bien plus intelligent que la somme de ses parties ! »*

On dit, de tels ensembles biologiques, qu'ils sont « auto-organisés ». Un terme issu des sciences de la matière. De nombreux systèmes physiques et chimiques formés d'un grand nombre d'entités en interaction (molécules, atomes, particules) sont en effet régis par des processus d'auto-organisation. Ainsi la supraconductivité, un phénomène qui se manifeste dans la plupart des métaux au-dessous d'une certaine température. Les électrons adoptent alors un comportement collectif. Ils se réorganisent spontanément dans l'ensemble du matériau, ce qui entraîne de nouvelles propriétés, comme la propagation du courant électrique sans résistance ni perte d'énergie.



JEAN-LOUIS DENEUBOURG

« Pour ces super-organismes, le tout devient bien plus intelligent que la somme de ses parties ! »

Jean-Louis Deneubourg, maître de recherches à l'Université libre de Bruxelles

Les outils conceptuels et méthodologiques développés pour décrire de tels systèmes sont depuis peu appliqués aux animaux. Ils permettent de modéliser le comportement de systèmes biologiques auto-organisés et, ce faisant, d'identifier les types d'interactions et les mécanismes de coordination à l'œuvre chez les espèces étudiées.

Des puces RFID embarquées sur les abeilles

Les interactions peuvent être de natures très différentes : visuelles et acoustiques dans les bancs de poissons (*lire pp. 46-47*), rythmiques et physiques chez les abeilles, chimiques et antennaires pour les fourmis, les termites, les blattes, etc. Les mécanismes de coordination se révèlent, en revanche, peu nombreux. Le plus répandu correspond à l'amplification d'une information.

Un exemple, très simple, l'illustre parfaitement : la manière dont les fourmis identifient le plus court chemin vers une source de nourriture. Depuis leur nid, d'innombrables voies permettent d'y accéder. Un individu seul choisira l'une ou l'autre, mais la colonie trouvera à coup sûr la meilleure ! Comment ? Une fourmi laisse sur son passage une certaine quantité de phéromones, qui poussent ses congénères à emprunter la piste chimique ainsi dessinée. Or l'insecte qui, par hasard, aura suivi le trajet le moins long rejoindra plus vite le nid. Il déposera à nouveau des phéromones sur le chemin du retour, et renforcera donc plus rapidement la bonne piste. De plus en plus de fourmis seront attirées vers celle-ci, les autres disparaissant peu à peu. Une majorité de comportements et de choix collectifs reposent sur ce même phénomène d'information peu à peu amplifiée jusqu'à focaliser l'activité du groupe entier.

Si ces recherches ont connu des progrès remarquables, c'est aussi grâce à l'utilisation de technologies de pointe pour traquer l'activité des animaux. Des puces électroniques RFID, par exemple, dont les derniers avatars, qui ne mesurent que quelques dixièmes de mil-



Pour bâtir un alvéole, les abeilles forment une chaîne : l'ouvrière du bas modèle avec sa salive des boulettes de cire que les insectes se passent de proche en proche.

limètre, sont embarqués sur des abeilles... et même des fourmis ! Les ondes radio qu'elles émettent permettent de suivre les individus sur de larges étendues et de longues périodes, et de cartographier avec une grande précision les réseaux d'interactions au sein d'une colonie.

Des techniques de reconstitution tridimensionnelle par ordinateur permettent aussi de modéliser le comportement collectif de systèmes particulièrement complexes comme les nuées d'oiseaux. Les groupes d'étourneaux qui rejoignent leur dortoir à la nuit tombée offrent, à cet égard, un spectacle grandiose. Des centaines, voire des milliers d'individus, virevoltent à l'unisson en adoptant diverses structures, du sablier à la sphère. Ces ballets ne sont orchestrés par aucun leader. Chaque individu calque son comportement sur celui des voisins : il suffit que l'un d'eux modifie sa dynamique de vol pour que le groupe fasse de même.

▶ Vidéos

Le radeau vivant des fourmis de feu :
www.youtube.com,
 mots clés : fire ants
 make living raft
 (en anglais)

Des nuées d'étourneaux filmées en Écosse :
www.dailymotion.com,
 mots clés : une nuée
 d'étourneaux
 dansent dans le ciel
 (en anglais)

Des abeilles équipées de puces RFID :
www.youtube.com,
 mots clés :
 hive intelligence
 (en anglais)



HEIDI & HANS - JURGEN KOCH/IBIOSPHOTO

Apposées sur des animaux aussi petits que les abeilles, les puces RFID traquent leur moindre mouvement.

On a longtemps pensé que ces structures mouvantes s'établissaient par le biais d'interactions visuelles dans un périmètre donné. Mais grâce à des appareils ultrarapides prenant quelque 150 clichés par seconde et à des logiciels de traitement d'images, Irene Giardina et son équipe de l'université La Sapienza de Rome ont découvert, en 2010, que chaque oiseau se réfère en réalité aux sept individus les plus proches, indépendamment de la distance qui les sépare. « *Cela signifie, relève la physicienne italienne, que le degré de coordination demeure inchangé quelle que soit la densité du groupe. Celui-ci acquiert ainsi une grande stabilité face aux variations du nombre d'individus et aux éventuelles défaillances de ses membres.* »

Le "tableau de Mendeleïev" de l'intelligence collective

De nombreuses questions restent encore en suspens. On ne sait toujours pas expliquer, par exemple, comment les informations décisives sur la dynamique du vol sont sélectionnées à l'échelle du groupe ou de quelle manière les singularités individuelles s'intègrent dans les réponses collectives de l'essaim. « *De manière plus générale, souligne Guy Théraulaz, nous nous efforçons de comprendre comment ces phénomènes se sont imposés au fil de l'évolution, et quelles grandes logiques ils nous apprennent sur l'organisation du vivant. Nous en sommes encore à remplir le "tableau de Mendeleïev" de l'intelligence collective. Mais les recherches actuelles indiquent que quelques principes généraux tels que l'auto-organisation et l'amplification d'informations ont permis de faire émerger de nombreuses formes d'intelligence et de complexité à partir des simplicités individuelles.* » ■ **FRANCK DANINOS**