

AVENIR

SCIENCES et

SCIENCES

ET AVENIR

NOUVELLE FORMULE

Prix de lancement ~~25F~~

18F



changez
d'humeur
changez de
menu !

Découverte

Des fourmis du Jura à la conquête du monde

Plus intelligentes,
elles s'organisent
en réseaux
souterrains
gigantesques



Exclusif
**Le médicament
qui stoppe le**

SCIENCES ET AVENIR - N° 571 SEPTEMBRE 1994 - 18F - LES FOURMIS DU JURA À LA CONQUÊTE DU MONDE

571 - SEPTEMBRE 1994 - BELGIQUE 130 FB - CANADA 3,75 \$ - ESPAGNE 500 PTAS - ITALIE 5500 L - MAROC 20 DH - PORTUGAL 525 ESC - SUISSE 5,40 FS



Les fourmis du Jura

à la conquête du monde

1200 nids, 300 millions d'individus, un réseau souterrain de plus de 100 kilomètres. Les nouvelles super-fourmis du Jura se développent à pas de géant. Vers la « société des sociétés », un stade d'organisation auquel seuls ces fourmis et l'homme sont arrivés.

Juin. Superbe journée dans le Jura vaudois. La nature est sereine. Ce jour-là, les reines quittent la fourmière pour vivre les heures les plus importantes de leur vie : le vol nuptial. Laurent Keller, alors assistant au musée de Zoologie de Lausanne, est fatigué. Il marque depuis le matin des dizaines de reines à l'aide d'un petit

spray de peinture. Deux ans de recherche déjà, et le mystère reste total : personne n'a pu découvrir le lieu où les fourmis se rencontrent pour s'accoupler. Il quitte la forêt. Et, soudain, dans la prairie, le spectacle est époustouflant : des essaims compacts de fourmis mâles volent au-dessus de l'herbe rase, des centaines de femelles grouillent sur le sol.

Partout, ce ne sont qu'accouplements... Laurent Keller vient de faire une découverte stupéfiante.

« Nous sommes face à un système qui, par bien des côtés, dépasse encore notre entendement, explique Daniel Chérix, conservateur du musée de Zoologie de Lausanne. Imaginez : 1200 fourmilières sur 70 hectares. Reliant ces fourmilières, 100 kilomètres de pistes et, à l'intérieur, 250 à 300 millions d'individus qui, probablement, se reconnaissent tous. » Non seulement ces individus se reconnaissent, mais ils communiquent, ils échangent, ils collaborent.

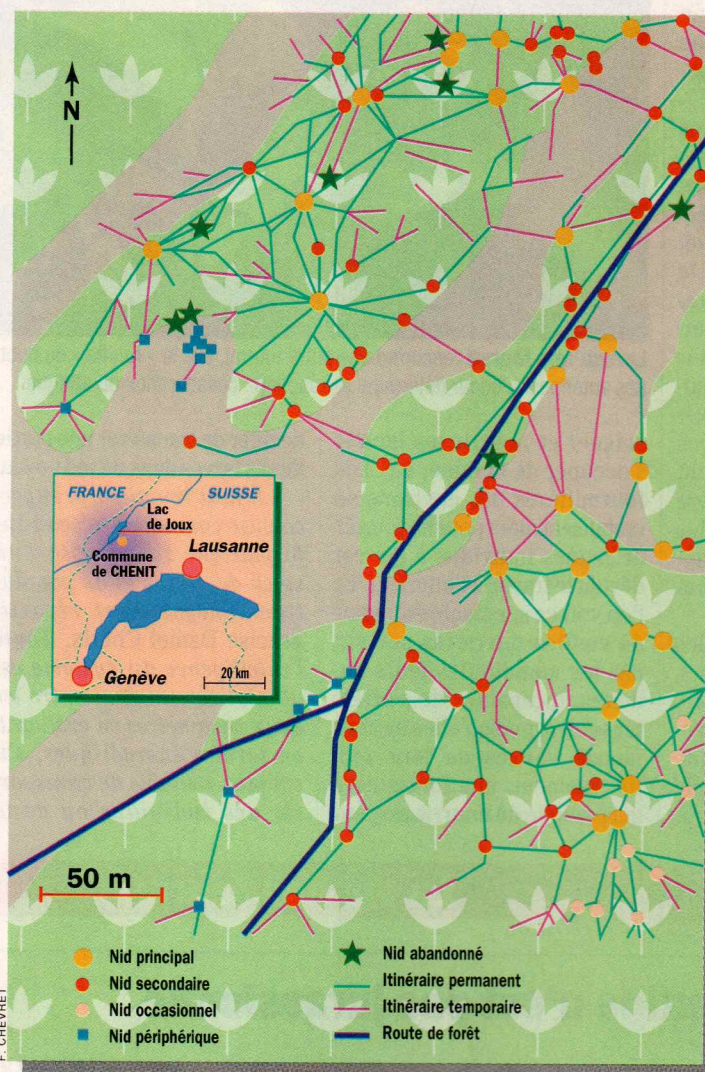
« La colonie fonctionne comme un super-organisme »

Au siècle dernier, l'Américain McCook avait observé, en Pennsylvanie, une concentration de fourmilières apparemment reliées entre elles. En Europe, dans les années 40, le père Raignier, de l'université catholique de Louvain, réalisait le premier travail d'importance sur un cas de ce type. Mais ces réseaux ne compaient, tout au plus, qu'une centaine de nids. Avec la colonie jurassienne, nous sommes dans une autre dimension.

Pour l'instant, cette colonie suisse n'a d'équivalent connu qu'au Japon. Etablie sur une dune de sable, sur la côte ouest de l'île de Hokkaidô, une parente de la fourmi des bois européenne, la *Formica yessensis*, a tissé un réseau de quelque 3000 fourmilières, réparties sur une bande d'environ 13 kilomètres de long. Les nids sont plus petits que dans le Jura, mais l'objectif reste le même : coloniser un maximum de terrain...

La stratégie est bien établie. La super-colonie est organisée en secteurs couvrant de un à deux hectares. Chaque secteur regroupe quinze à vingt nids principaux de grande taille. Des nids secondaires, plus modestes, sont reliés à ces nids principaux. Des nids saisonniers, utilisés seulement en été, sont également desser-

1200 fourmilières en réseau



F. CHEVRET



La super-colonie du Jura exploite le milieu de façon optimale, éliminant toute forme de concurrence : aucune autre espèce de fourmi ne peut espérer survivre sur son territoire. Les prédateurs comme les araignées, voire même certains oiseaux insectivores, sont repoussés à la lisière de son domaine. La super-colonie ne cesse de s'étendre. Certaines saisons, elle a progressé de 400 mètres, bâtissant quinze nouvelles fourmilières. A son rythme et à son échelle, que nos esprits humains peuvent difficilement se représenter, mais avec une terrible efficacité, elle poursuit son expansion...



Daniel Chérix, conservateur du musée de Zoologie de Lausanne : « Nous sommes face à un système qui dépasse notre entendement. »

▷ vis. Durant cette période où la production d'œufs est énorme, il arrive que les fourmilières soient engorgées. Les ouvrières transportent alors une partie des nymphes et des jeunes individus dans ces petites stations.

A partir des fourmilières principales, rayonnent des pistes qui les relient entre elles et, au-delà, réunissent les secteurs les uns aux autres. Ce réseau, très structuré, est le cadre d'échanges d'une extraordinaire complexité. Echanges de nourriture d'abord : sur le terrain où est installée la supercolonie, à environ 1400 mètres d'altitude, les ressources alimentaires sont inégalement réparties. Chaque fourmilière devient donc un relais, les pistes de liaison servant à approvisionner les secteurs touchés par une pénurie.

Plus étonnant encore : les échanges entre individus. Imaginons qu'une fourmilière, installée dans un milieu favorable, produise une grande quantité d'œufs. Elle risque de manquer de main-d'œuvre pour



Lorsqu'une fourmi rencontre une autre fourmi, elle la « renifle » du bout des antennes. L'odeur détermine sa réaction : collaboration ou attaque.

soigner et nourrir les larves, s'occuper de la reine, etc. Les fourmilières des environs se mobilisent alors pour lui fournir de jeunes individus à qui est dévolu le travail à l'intérieur. Et l'on voit ce spectacle étonnant de vieilles ouvrières portant par les mandibules leurs cadettes, incapables de s'orienter seules, puisqu'elles ne sont jamais sorties de leur nid. Inversement, une fourmilière qui manque de nourriture peut

décider de transférer une partie de ses larves dans un nid voisin.

« Il faut imaginer la supercolonie comme un réseau informatique qui dispose d'un stock de vivres et de populations inégalement réparti, précise Daniel Cherix. Toute l'intelligence du système est de réaliser un flux entre les deux paramètres en évaluant, en termes énergétiques, s'il est plus rentable de transporter des individus ou de la

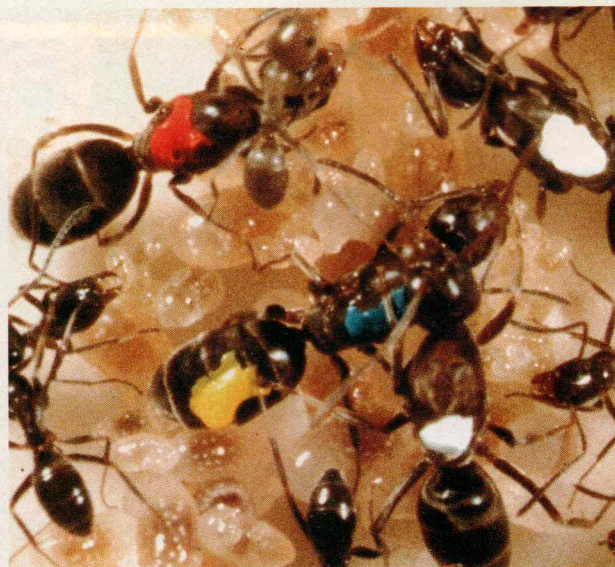
nourriture. » Une stratégie qui semble en partie liée à l'environnement dans lequel évolue la colonie. Le Jura bénéficie d'un climat excessivement rigoureux. La neige recouvre parfois le sol jusqu'au mois de juin. La période d'activité des fourmis est donc très courte : 150 jours à peine. La coopération à grande échelle serait la réponse la plus efficace à ce milieu difficile.

« La colonie fonctionne un peu comme un super-organisme où chaque entité travaille à la survie de l'ensemble », conclut Daniel Cherix. Une comparaison d'autant plus convaincante lorsqu'on observe ses stratégies de reproduction. Car certaines fourmilières se spécialisent dans la « fourniture » d'individus du même sexe. Si une partie d'entre elles donnent naissance à la fois à des mâles et à des femelles, la plupart ne produisent en effet que des fourmis de l'un ou l'autre sexe. Ce phénomène n'est pas nouveau. On l'a déjà observé pour des fourmis des bois organi-

La vie des fourmis

L'Argentine n'est pas jurassienne

On parle parfois de super-société à propos de la fourmi d'Argentine (*Iridomyrmex humilis*), un petit insecte introduit à Toulon au début du siècle par des bateaux en provenance d'Amérique du Sud et qui, aujourd'hui, constitue un réseau gigantesque rassemblant plusieurs milliards d'individus, du Roussillon à la Riviera italienne. « Mais il s'agit d'une espèce opportuniste, explique Daniel Cherix. Elle s'installe provisoirement, se déplace, produit des quantités énormes d'individus et en perd autant, communique de façon ponctuelle. La super-colonie jurassienne, elle, travaille à long terme. »



Ne pas confondre la fourmi d'Argentine qui croît et meurt très vite et celle du Jura qui « travaille à long terme ».

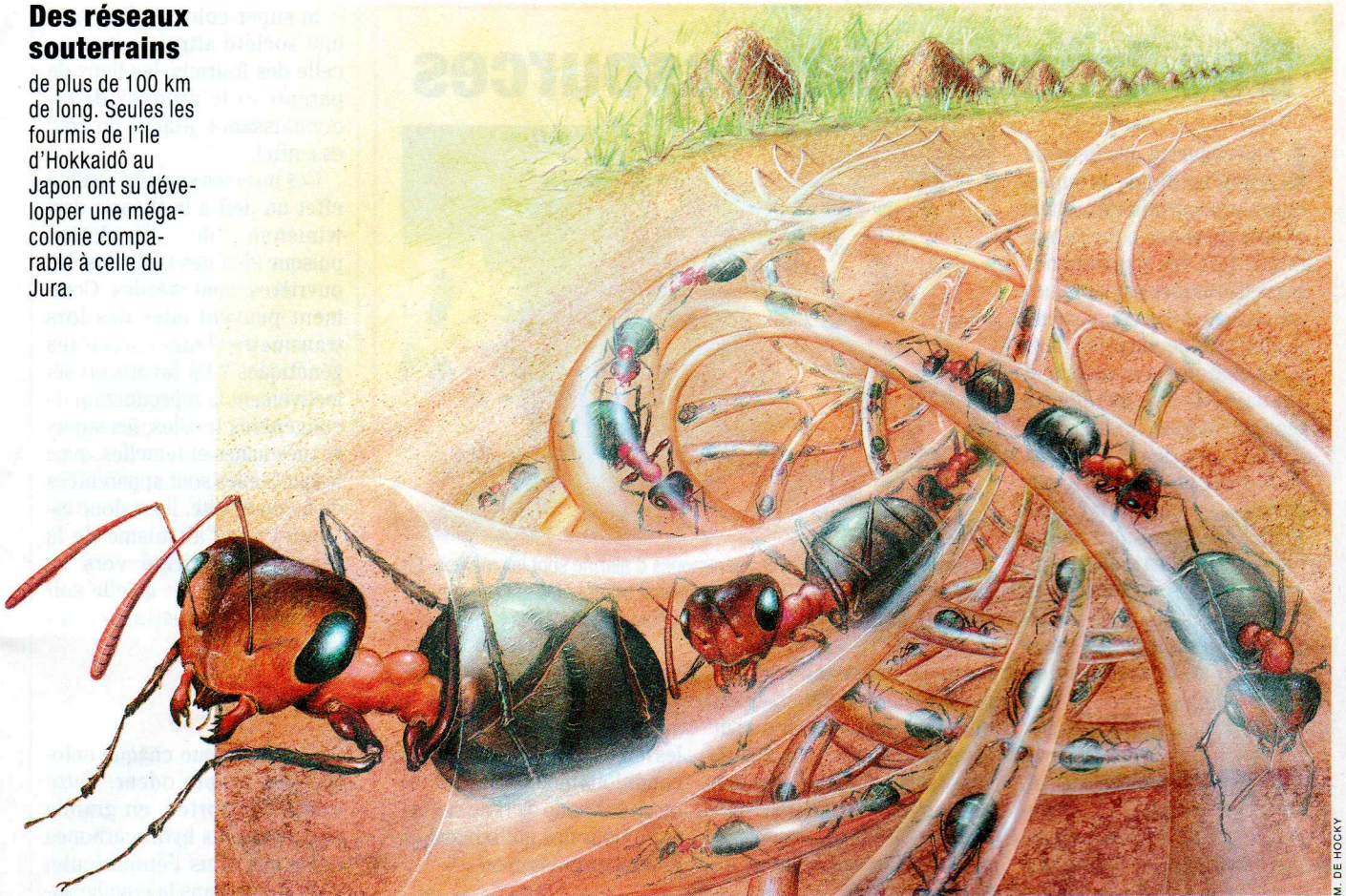
Mémoire visuelle

Les fourmis des bois disposent de deux modes d'orientation pour se repérer sur leur immense réseau. Le premier est visuel. Elles sont capables de mémoriser les séquences d'ombre et de lumière. Grâce à cela, les vieilles ouvrières chargées du ravitaillement retrouvent les pistes, pourtant effacées par la neige.

Le second mode d'orientation utilise les phéromones, marquage chimique utilisé uniquement pour les déplacements de nuit ou par mauvais temps.

Des réseaux souterrains

de plus de 100 km de long. Seules les fourmis de l'île d'Hokkaidô au Japon ont su développer une mégacolonie comparable à celle du Jura.



M. DE HOCKY

Reproduction : « nous ne comprenons pas »

Chez les hyménoptères, le sexe est déterminé de manière particulière. Les mâles naissent d'œufs non fécondés, dits haploïdes, ne possédant qu'un seul chromosome de chaque paire. Les femelles, elles, sont issues d'œufs fécondés, diploïdes. Grâce au sac qui renferme les spermatozoïdes après l'accouplement, la reine peut contrôler le sexe de sa progéniture. Selon que le sac est ouvert ou fermé au moment du passage de l'ovule, elle pond des œufs mâles ou femelles. Quand la température est inférieure à 19 °C, on pensait que les muscles agissant sur le sac pouvaient être activés et que les nids peu ensoleillés ne



P. DA COSTA

On a longtemps cru, à tort, que la température jouait un rôle essentiel dans la sélection du sexe du bébé fourmi.

produisaient que des mâles. L'observation d'un échantillon de plus de 200 nids au sein de la colonie jurassienne dément cette théorie. Il n'existe aucune corrélation

entre température et production des sujets sexués. Comme pour la nourriture, il y a peut-être transmission d'informations tout au long du réseau, afin que les naissances soient équilibrées.

« C'est un système qui nous dépasse, explique Daniel Cherix. Car les œufs de fourmis sexuées sont produits à la fin de l'hiver, quand les nids ne sont pas encore en connexion. » Y aurait-il une mémoire interne à la fourmière ? En fonction de la situation, elle déciderait de produire des mâles ou des femelles. Puis réaliserait, si nécessaire, des ajustements lorsque l'échange d'informations reprend.

sées en sociétés plus simples.

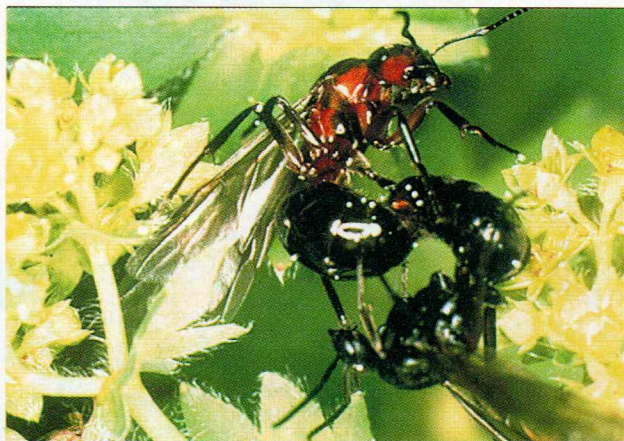
« Il y a chez les fourmis une forme d'intelligence et de communication de groupe que l'on a quelque peu négligée jusque-là », commente Daniel Cherix. On sait leur capacité à se « parler » par le biais des phéromones. Grâce à ces substances volatiles émises par la glande de Dufour (située à l'extrémité de l'abdomen), elles délivrent des messages d'alarme, de marquage de territoire, d'agressivité, etc. On connaît moins leur capacité à réagir à des stimuli externes. Par exemple, cette autre société installée dans le Jura vaudois sur une zone soumise à une forte pression humaine : chaque dimanche, des centaines de promeneurs s'y arrêtent. Pour échapper à cet environnement peu favorable, elle ne produit plus que des mâles. En allant féconder des femelles dans d'autres secteurs, ils assurent la dispersion de leur nid ! Reste à comprendre l'organisation fine de

Des trésors de ressources

La découverte des lieux de reproduction de la super-colonie a permis aux chercheurs de tester pour la première fois les phéromones sexuelles émises par les reines au moment de l'accouplement. A leur grande surprise, leur composition est exactement similaire à celle des phéromones d'alarme.

Une coïncidence qui obéit au fameux principe de « parcimonie » déjà observé dans le monde animal : les phéromones sexuelles n'étant émises qu'à une occasion particulière, hors du nid, il n'était pas nécessaire de leur inventer une composition spécifique.

Conséquence avantageuse : un synchronisme extraordinaire au moment du vol nuptial. Lorsque les mâles sortent à la surface de la fourmilière pour prendre l'air, les ouvrières, très



Phéromones sexuelles et phéromones d'alarme sont les mêmes. En jouant sur leur volatilité, les ouvrières vont tromper les mâles jusqu'à l'heure H. Ils rejoindront ensuite leur reine.

excitées, émettent des phéromones d'alarme. Trompés, les mâles s'agglutinent les uns sur les autres et sont bloqués au sol. Mais il suffit que la température s'élève pour que les phéromones, très volatiles, se dispersent. Les mâles peuvent

alors s'envoler... exactement au moment idéal, puisque le succès de la rencontre avec les femelles dépend de bonnes conditions météo ! Une averse ou un fort coup de vent, et c'est la fin pour des milliers de géniteurs en puissance.

L'art de gérer un troupeau de pucerons

Les fourmis des bois entretiennent avec les pucerons un étrange rapport de parasitisme appelé « trophobiose ». Incapables de prélever le nectar végétal que produisent les conifères, elles le récoltent par l'intermédiaire de ces insectes. Grâce à un appareil buccal du type piqueur-suceur, les pucerons aspirent la sève. Ils y prélèvent les produits azotés qui leur sont nécessaires, puis se débarrassent du surplus sous forme de miellat, un liquide très sucré essentiel à l'alimentation des fourmis. Expulsé par la zone anale, le miellat est récolté par les ouvrières qui le transportent jusqu'à la colonie dans leur « estomac social ».

Pour la super-colonie, les pucerons servent à la fois



Les pucerons servent de producteur de miellat et de réserve de « viande » fraîche. A l'image de notre bétail.

de réserve à miellat et à viande. Lorsque la densité de pucerons devient trop importante sur une zone, certains individus se dé-

placent pour planter leur rostre plus loin. Les pucerons passent alors du statut de producteur au statut de proie.

▷ la super-colonie. Car dans une société altruiste comme celle des fourmis, les liens de parenté et le principe de reconnaissance jouent un rôle essentiel.

Ces insectes sociaux sont en effet un défi à la théorie darwinienne de l'évolution puisque 95 % des individus, les ouvrières, sont stériles. Comment peuvent-elles dès lors transmettre leurs caractères génétiques ? En favorisant sélectivement la reproduction de congénères fertiles, les sujets sexués mâles et femelles, avec lesquels elles sont apparentées de façon étroite. Il est donc essentiel que l'altruisme de la fourmi soit dirigé vers sa propre famille, et qu'elle soit capable d'en distinguer les membres.

Une odeur de reconnaissance

On admet que chaque colonie a sa propre odeur. Cette odeur est portée, en grande partie, par les hydrocarbures contenus dans l'épicuticule, c'est-à-dire dans la couche supérieure du derme. Des composés volatils portés par les glandes épidermiques peuvent aussi intervenir. Quant à l'origine de cette odeur, c'est une question complexe. On imagine que les effluves émanant de la nourriture consommée par les fourmis ou du matériau composant leur nid peuvent être absorbés par l'épicuticule. Mais l'odeur a certainement, aussi, une origine génétique. L'équipe de Daniel Cherix a découvert juste à côté de la super-colonie une autre société de fourmis, probablement de la même espèce. Leur morphologie est identique. Elles vivent dans le même milieu, consomment la même nourriture. Pourtant, mise en présence de deux cocons, l'un provenant de sa propre colonie, l'autre de la concurrente, une ouvrière fera la différence dans la majorité des cas.

Lorsqu'une fourmi rencontre une autre fourmi, elle la « renifle », en la palpant du bout de ses antennes. Et l'odeur va déterminer sa réaction, qui

peut aller de la collaboration à l'attaque. Mais comment imaginer qu'une super-société de 300 millions d'individus puisse maintenir une odeur commune de reconnaissance ? Surtout quand on sait que cette société est polygyne, c'est-à-dire que cha-que fourmière possède plusieurs reines et qu'en règle générale, au moment du vol nuptial, ces reines sont fécondées plusieurs fois.

« On pense que l'échange d'individus, en permettant un brassage d'odeurs, favorise une reconnaissance large, explique Daniel Chérix. On a mis en évidence, en les marquant d'une couleur particulière, que certaines fourmis pouvaient se retrouver dans une quinzaine de nids différents au cours de la saison ! Le fait d'avoir plusieurs reines joue un rôle similaire. »

L'utilisation actuelle des techniques moléculaires, qui permettent d'analyser les marqueurs génétiques de manière très fine, apportera certainement de nouvelles informations sur l'organisation de cette société. Les premiers résultats sont déconcertants. Les reines du premier échantillon analysé n'auraient été fécondées qu'une fois, ce qui va à l'encontre des mœurs connues de ces fourmis. « Peut-être cette fécondation unique permet-elle de produire des groupes d'œufs à parenté très forte qui structurent un ensemble plus large », estime Daniel Chérix.

On le voit, les super-colonies n'ont pas, loin de là, livré toutes leurs clés. Mais une chose semble sûre : elles sont parvenues à un degré d'organisation supérieur. Au-delà de la simple société animale, les fourmis du Jura, comme celles du Japon, ont inventé une nouvelle forme de coopération que le sociobiologiste Pierre Jaisson appelle la « supra-socialité ».

Seuls des individus du genre *Formica*, des insectes qui comptent parmi les plus évolués, semblent avoir atteint ce stade. Pour l'instant.

Aline Kiner

Des fourmis et des hommes

Pierre Jaisson (1), professeur d'éthologie à l'université de Villetaneuse, préside l'Union internationale pour l'étude des insectes sociaux.

Sciences et Avenir : Selon vous, les super-sociétés de fourmis ont atteint un stade supérieur d'organisation sociale...

Pierre Jaisson : L'évolution du Vivant s'est faite de niveaux de coopération de plus en plus complexes : l'association des molécules organiques a abouti aux bactéries ; des bactéries, on est passé aux cellules, puis aux organismes multicellulaires, comme l'être humain. Ces organismes se sont enfin réunis en sociétés chez les insectes et les vertébrés. Dans cette logique de poupées russes, que pouvait-il y avoir après la société ? La « société de sociétés ». C'est à

ce stade que parviennent aujourd'hui certaines fourmis. seules, avec l'Homme, à l'avoir atteint.

S. et A. : Les fourmis des bois, avec leur extraordinaire système d'entraide et d'échanges, n'ont-elles pas réalisé une société idéale dont nous sommes loin ?

P. J. : L'expression « société idéale » implique un jugement de valeur. Or la Nature n'a pas de valeurs. Prenons l'exemple de la fourmi qui semble se « suicider » en s'opposant à un ennemi beaucoup plus fort. L'observateur juge qu'elle accomplit un sacrifice. Mais la fourmi n'a pas ce jugement. Pour elle, le doute n'existe pas. Son « suicide » est une règle de décision pro-

grammée au cours de l'évolution de ses ancêtres. Cette règle augmente les chances de survie de sa progéniture, donc la propagation de ses propres gènes.

C'est parce qu'elles réagissent de cette manière que les fourmis sont sur Terre depuis 100 millions d'années, contre 5 millions seulement pour l'humanité.

S. et A. : Les fourmis n'offrent-elles pas un modèle à suivre ?

P. J. : On a toujours voulu trouver des modèles dans la Nature. C'est une erreur fa-

savoir fermé à toutes les autres formes de vie sociale. Il a la faculté de créer un monde imaginaire, d'en tirer des expériences. Alors que les fourmis, par exemple, ne savent inventer des solutions que par confrontation à la réalité.

Les êtres humains sont aussi les seuls à pouvoir coopérer avec des congénères distants dans l'espace et dans le temps. Grâce à notre réseau de communications, une invention japonaise profitera à d'autres pays. De la même façon, les philosophes grecs, en jetant les bases de nos valeurs occi-

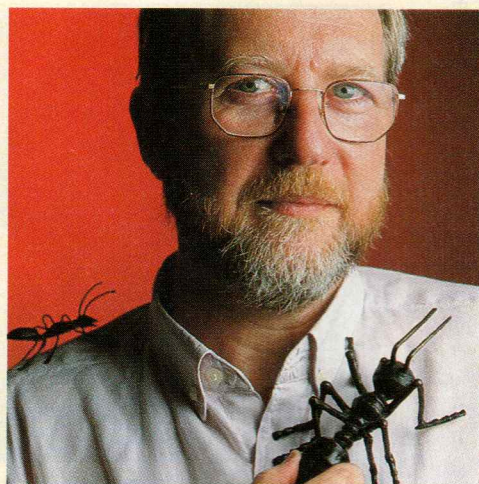
dentales, ont réalisé une œuvre bénéfique des millénaires après leur mort. Dans l'Évolution, l'homme représenterait ainsi un stade unique de coopération : ce que j'appellerais un « copéron culturel ». Il peut codifier ses connaissances, les transmettre et les recevoir dans des relations de type pédagogique. Chez les fourmis, il n'y a pas motivation de transmettre

ou d'apprendre. L'apprentissage se fait de façon inéluctable, programmée. Comme lorsqu'elles accomplissent un acte de sacrifice, les fourmis n'ont aucun libre arbitre, contrairement aux hommes.

S. et A. : Pourquoi alors chercher chez elles un modèle de société ?

P. J. : Peut-être parce que l'homme, a une peur vertigineuse de s'assumer lui-même. Il a la culture, la réflexion, l'intelligence. Cela lui apporte le doute, mais lui ouvre aussi la possibilité d'inventer le mode d'organisation qui lui convient le mieux.

1. Auteur de *La Fourmi et le sociobiologiste*, par Pierre Jaisson ; éditions Odile Jacob.



LUC PÉRON

tale car la Nature offre tout et son contraire. Elle permet de justifier n'importe quelle forme de société humaine. Pensons aux anciens régimes totalitaires de l'Est. Qu'apprenait-on à ces gens ? Que leur existence en tant qu'individus n'avait pas d'intérêt, qu'ils devaient se sacrifier au groupe. L'abnégation totale peut paraître séduisante du point de vue de la logique. Mais est-elle conciliable avec l'histoire évolutive particulière de l'homme ?

L'homme n'a pas l'exclusivité de la vie sociale, contrairement à ce qu'il croit trop souvent. Mais il doit valoriser ce qu'il a de noble et d'original. Grâce au développement exceptionnel de son cortex cérébral, il a accès à un type de