



infectées, leurs congénères saines ne les évitaient plus (à la fin de l'expérience, la colle a été enlevée et les langoustes ont survécu).

En 2015, Mark Butler et ses collègues, de l'université Old Dominion, en Virginie, ont mené une expérience dans l'archipel des Keys pour corroborer ces résultats. Ils ont attaché une langouste malade dans un refuge de langoustes en bonne santé. Ils ont alors constaté que, le plus souvent, elles abandonnaient l'abri pour la pleine mer où elles couraient pourtant un risque bien supérieur d'être dévorées. Puis ils ont répété l'expérience en attachant, cette fois, une langouste saine dans l'abri. Dans ce cas, les langoustes ne quittaient plus massivement l'abri.

Ainsi, quand les langoustes détectent une congénère infectée, elles sont prêtes à prendre des risques considérables pour éviter la maladie. Cet évitement, bien qu'il ne soit pas sans coût, prévient les épizooties qui, sinon, dévasteraient bel et bien les populations de langoustes, comme Mark Butler et ses collègues l'ont montré à l'aide de modèles mathématiques.

PROTÉGER LES PLUS PRÉCIEUX ET LES VULNÉRABLES

Les langoustes ne sont pas les seuls animaux chez qui la distanciation sociale présente un rapport bénéfice/coût avantageux. D'autres animaux ont même développé des stratégies pour augmenter ce rapport, en protégeant plus spécifiquement les congénères les plus précieux pour le groupe ou les plus vulnérables.

Les exemples les plus impressionnants se trouvent chez les insectes sociaux, quand les individus exercent des fonctions distinctes et ont de ce fait des influences différentes sur la survie de la colonie.

Dans une étude menée sous la direction de Nathalie Stroeymeyt, de l'université de Bristol, en Grande-Bretagne, et publiée en 2018, les scientifiques ont utilisé de minuscules marqueurs numériques pour suivre les mouvements de fourmis noires des jardins (*Lasius niger*) lors d'une épidémie liée à un champignon mortel nommé *Metarhizium brunneum*. Les spores de ce champignon sont transmises de fourmi en fourmi par contact physique, puis pénètrent au bout d'un jour ou deux dans le corps des insectes, provoquant une maladie souvent létale. La durée qui sépare l'exposition aux spores de l'apparition de la maladie a permis aux chercheurs de voir si les fourmis modifiaient leurs comportements dans les 24 heures qui suivent la détection des premières spores dans la colonie, avant l'apparition des signes de maladie.

Pour ce faire, ils ont appliqué les spores fongiques directement sur un sous-groupe de la colonie, les fourmis fourrageuses, des ouvrières spécialisées dans l'approvisionnement en nourriture. Ces fourrageuses, qui quittent souvent la colonie pour chercher de la nourriture, courent plus de risques que les autres d'entrer en contact avec les spores. Cette approche imite donc la façon naturelle dont le champignon s'introduit dans la fourmilière.

Les roselins familiers (*Haemorhous mexicanus*) évitent les congénères qui leur semblent mal en point.

Les mandrills (*Mandrillus sphinx*) épouillent leurs parents proches même s'ils ont des parasites, mais évitent les autres congénères infectés.



> Les chercheurs ont ainsi traité 11 fourmilières et ont comparé les réponses comportementales des fourmis à celles d'un nombre équivalent de fourmilières de contrôle où les fourrageuses ont été tamponnées avec une solution stérile et inoffensive (fourrageuses de contrôle).

Après l'application, les fourmis exposées aux spores fongiques ont rapidement mis en place des mesures de distanciation sociale. En

fourrageuses non infectées, mais qui interagissent souvent avec des fourrageuses susceptibles de l'être, se sont, elles aussi, tenues à distance de la colonie. Elles évitaient ainsi le risque de contaminer, par inadvertance, les fourmis s'occupant de la reproduction (la reine et les nourrices qui prennent soin du couvain). Les nourrices aussi ont pris des mesures aussitôt les premières spores détectées dans la colonie: elles ont déménagé le couvain plus loin à l'intérieur du nid, l'éloignant ainsi des fourrageuses.

Finalement, cette stratégie de distanciation sociale s'est révélée si efficace que toutes les reines et la plupart des nourrices des colonies étudiées étaient toujours vivantes à la fin de ces épidémies expérimentales. Les scientifiques cherchent désormais à comprendre comment les fourmis détectent les spores et réagissent si rapidement.

Si les fourmis noires des jardins protègent les individus les plus importants de leur colonie, certains oiseaux adoptent une stratégie différente, qui semble dépendre de leurs propres réponses immunitaires et de leur résistance aux infections.

En 2013, Maxine Zylberberg et deux collègues, de l'université de Californie à Davis, ont mené l'expérience suivante. Ils ont placé des rosélins familiers (*Haemorhous mexicanus*, des passereaux d'Amérique) dans trois cages adjacentes. L'oiseau de la cage centrale était entouré, d'un côté, d'un congénère en bonne santé et, de l'autre, d'un rosélin qui semblait

L'attitude des rosélins varie selon l'état de leur propre système immunitaire

24 heures, d'elles-mêmes, elles se sont isolées en passant plus de temps en dehors de la colonie, comparées aux fourrageuses de contrôle.

Dans ces mêmes colonies exposées, les fourmis en bonne santé ont également fortement réduit leurs interactions sociales, mais différemment selon leur fonction. Les



malade (il avait reçu une injection qui l'avait rendu léthargique).

En mesurant le temps que l'oiseau central passait d'un côté ou de l'autre de sa cage, les chercheurs ont montré qu'en général, les rose-lins évitaient le voisin qui semblait malade, mais que cela variait en fonction de l'état de leur propre système immunitaire. Ce dernier était déterminé selon la concentration sanguine en anticorps et en PIT54, une protéine dite «de phase aiguë», qui rend compte de la réactivité du système immunitaire. Les oiseaux dont le système immunitaire était le plus fort étaient ceux qui évitaient le moins leur voisin malade, tandis que les rose-lins qui présentaient un niveau d'immunité inférieur se tenaient plus franchement à l'écart de leur voisin malade.

Un comportement similaire a été observé chez les guppys (ou poissons arc-en-ciel, *Poecilia reticulata*) infectés par un ver contagieux, *Gyrodactylus turnbulli*, qui les affaiblit considérablement. Dans une étude publiée en 2019, Jessica Stephenson, de l'université de Pittsburgh, en Pennsylvanie, a placé des guppys non infectés, un par un, dans un aquarium central flanqué de deux aquariums. L'un était vide et l'autre contenait un groupe de trois guppys.

À chaque fois, le guppy de l'aquarium central a préféré évoluer à proximité des autres guppys, comme on s'y attend chez une espèce sociale. Cependant, certains guppys mâles ont clairement évité le côté de l'aquarium proche des poissons. Ces mâles se sont révélés particulièrement sensibles aux infections par les

vers (plus tard, une fois infectés, ils ont développé un nombre de parasites particulièrement élevé). Les mâles les plus sensibles aux vers réduisent leurs interactions pour éviter d'être infectés. Ainsi, ces deux exemples montrent que l'évolution favorise l'expression de la distanciation sociale chez les individus les plus à risque.

DES LIENS QUI MODULENT LA DISTANCIATION

Les stratégies de distanciation sociale impliquent parfois de maintenir des liens sociaux quand bien même cela augmente le risque de maladie. Les mandrills, des primates très sociaux, caractérisés par un museau coloré, illustrent ce point. Ils vivent dans les forêts tropicales humides d'Afrique équatoriale, en groupes composés de quelques dizaines à plusieurs centaines d'individus, le plus souvent membres d'une même famille élargie. Ils s'épouillent fréquemment les uns les autres, l'épouillage améliorant l'hygiène et consolidant les liens sociaux. Mais ils adaptent leurs comportements d'épouillage afin d'éviter les congénères contagieux. C'est ce qu'ont démontré en 2017 Clémence Poirotte et ses collègues, du CNRS à Montpellier.

Ces chercheurs ont passé plusieurs mois à observer les interactions quotidiennes d'épouillage de mandrills en milieu naturel dans un parc au Gabon. Ils ont aussi régulièrement prélevé des échantillons de matière fécale afin de déterminer les individus très infestés >

Les mangoustes rayées (*Mungos mungo*), très dépendantes de la coopération, continuent d'épouiller les membres malades de leur groupe.