



Des fourmis sur le sentier de la guerre

Des fourmis « *Megaponera analis* » revenant avec leurs proies d'un raid sur un nid de termites.
PIOTR NASKRECKI

En Côte d'Ivoire, l'observation de la lutte immémoriale entre ces insectes et leurs proies, les termites, a révélé non seulement des mœurs quasi militaires, mais aussi un service de santé des armées très efficace. Journal de bataille chez ces soldats minuscules

NATHANIEL HERZBERG

L'éclairer s'est approché le premier. Tranquillement, prenant garde de ne pas se faire repérer, il a compté les ennemis, évalué leur force, avant de retourner parmi les siens recruter des soldats. La colonne s'est formée, mise en route, jusqu'à l'arrivée sur zone. Elle s'est préparée, puis a lancé l'assaut. Un combat terrible, inégal, décimant les défenseurs, sans toutefois épargner les assaillants. La bataille achevée, ces derniers ont ramené au camp les blessés susceptibles d'être sauvés. L'opération sanitaire a alors commencé : une heure de soins intensifs, méticuleux, permettant de remettre sur pied la plupart des invalides en vingt-quatre heures. Un bon repas – composé du cadavre des adversaires – et une nuit de sommeil ont suffi à reconstituer la troupe. Dès le lendemain, elle repartait au front chercher de quoi vivre, prête à mourir.

Ce bref récit pourrait aisément trouver sa place dans un remake de *La Guerre du feu*. Chronique d'une tribu cannibale, au cœur de la préhistoire... Pourtant, tout ici est résolument exact, validé par la science. Pas davantage d'humains dans cette bataille homérique. Les scientifiques qui ont patiemment reconstitué chacun de ses épisodes ne font pas profession d'archéologues ou d'historiens. Ils ne fouillent pas les archives, et, lorsqu'ils grattent la terre, ils ne cherchent aucun témoignage du passé. Ils sont biologistes du comportement, avec une spécialité : la myrmécologie, autrement dit la science des fourmis. Car c'est d'un affrontement entre insectes qu'il s'agit. La rigueur voudrait que l'on évoque une chasse, puisqu'il oppose des proies et des prédateurs. Difficile pourtant de ne pas y sentir un parfum de guerre, tant la stratégie mise en place, la sophistication tactique, la précision de l'organisation et la rigueur dans l'application des consignes paraissent relever de la chose militaire. Une équipe de l'univer-

sité de Würzburg (Allemagne) en a méthodiquement relaté les détails, dans cinq articles successifs. Publié le 13 février dans *Proceedings B*, la revue de la Royal Society britannique, le dernier décrit ce qui ressemble à s'y méprendre à l'action d'un service de santé des armées déployé sur le terrain pour accompagner une offensive de ses troupes. L'ultime acte d'une étonnante saga.

Rien ne prédisposait Erik Frank à s'en faire le scribe. Né à Grenoble de parents originaires d'Argentine, le jeune biologiste a grandi à Munich et se souvient d'un « intérêt de toujours » pour les animaux. Mais pas d'un tropisme particulier pour les insectes, encore moins pour les fourmis. « Je les ai découvertes vers 6 ou 7 ans, dans le jardin familial. J'observais leur regroupement et je me racontais qu'elles partaient se battre. A vrai dire, j'ai toujours pensé ça... jusqu'à assez récemment, quand j'ai commencé à les étudier sérieusement à l'université. En fait, elles faisaient l'amour, pas la guerre. »

→ LIRE LA SUITE PAGES 4-5

Le manque de sommeil menace les jeunes

Les 15-24 ans dorment trop peu et mal, selon une enquête montrant que 88% d'entre eux s'estiment en manque de sommeil. En cause, l'usage non raisonné des écrans.

PAGE 2



Faire taire les acouphènes

Bonne nouvelle ! Ces cliquetis, bourdonnements ou autres sifflements qui affectent 10% de la population peuvent souvent être combattus efficacement, ainsi que le stress qu'ils engendrent.

PAGE 3



Le robot, troublant voisin

Pour le roboticien Raja Chatila, le brouillage des frontières entre notre espèce et les humanoïdes, même si leurs performances sont encore balbutiantes, est déjà source d'urgentes questions éthiques.

PAGE 8



Fourmis et termites, voraces contre coriaces

► SUITE DE LA PREMIÈRE PAGE

Sa passion du règne animal, c'est sous les tropiques, auprès des singes, qu'il rêve de l'assouvir. Après sa licence, il file donc étudier les orangs-outans à Bornéo. «*Passionnant, mais il y a déjà tant de spécialistes, j'avais l'impression que tout avait été découvert.*» Il regagne l'Allemagne et l'université de Würzburg, où il boucle un master à vive allure. L'étudiant a six mois devant lui et toujours des fourmis dans les jambes. «*C'est sur la homepage de l'université que j'ai vu l'annonce*», se souvient-il.

En ce début 2013, le professeur K. Eduard Linsenmair, sommité de l'établissement et éthologue de renommée mondiale, cherche des collaborateurs pour rouvrir la station scientifique de Comoé, en Côte d'Ivoire. Une drôle d'aventure que ce pôle installé au cœur de la savane. Eduard Linsenmair a débarqué là trois décennies plus tôt avec l'espoir de mieux connaître une improbable grenouille des pays secs. «*Et, peu à peu, j'y ai monté un centre pluridisciplinaire étudiant toute la faune de la savane, des insectes aux éléphants, avec un équipement de pointe, 800 mètres carrés de laboratoires, des logements pour accueillir trente-cinq chercheurs. Ça m'a pris plus de vingt ans.*»

Au printemps 2003, la station permanente prend son rythme de croisière. Mais, six mois plus tard, la guerre civile éclate en Côte d'Ivoire. Encore quelques mois et les rebelles s'emparent de la région. «*Nous avons dû évacuer, raconte le biologiste avec émotion. Tout a été pillé, ordinateurs, équipements, matériel de cuisine, tables, chaises, et bien sûr les onze voitures que nous avions abandonnées. Ils n'ont laissé que le toit et les murs.*» L'exil dure presque dix ans. Linsenmair poursuit ses travaux au Bénin et au Burkina voisins, avec un œil sur la situation politique qui, à partir de 2010, commence à s'améliorer. En 2012, la décision est prise de reconstruire la station.

Telle est la tâche d'Erik Frank en ce début 2013. Surveiller les travaux de gros œuvre et l'installation du nouvel équipement envoyé d'Allemagne. Son patron l'a accompagné pendant la première semaine, puis l'a laissé seul avec les employés locaux. «*Il n'y avait ni eau courante ni électricité. Je dormais par terre. Les quatre conteneurs de matériel étaient bloqués en douane à Abidjan, à quinze heures de route. Avant de partir, Eduard m'avait conseillé de regarder les Megaponera analis, des fourmis mangeuses de termites. Je n'y connaissais pas grand-chose, mais j'avais du temps.*»

Vingt-neuf mois sur le terrain

Du matin au soir, le jeune homme observe les insectes, assis devant leur nid. Il les suit lorsqu'ils partent en chasse, affronter leurs proies exclusives. «*Au bout d'un mois, j'ai constaté que les valides ramenaient les blessés. Je ne savais pas si c'était vraiment nouveau et je n'avais pas de Wi-Fi pour vérifier ni de téléphone pour interroger mon professeur. Alors j'ai continué. A quoi ressemblaient les blessés? Qui les transportait et comment? Sur quelle distance? Et comment les fourmis s'organisaient-elles avant l'attaque, la quantité de combattants, la proportion de blessés au cours des assauts? Lorsque, trois mois plus tard, Eduard est revenu, il était enthousiaste. Il m'a tout de suite demandé si je voulais faire un doctorat.*»

L'étudiant a soutenu sa thèse en janvier 2018, après un total de vingt-neuf mois passés sur le terrain. L'essentiel a déjà fait l'objet de publications dans des revues de premier plan, dressant un tableau complet de ce que le professeur Linsenmair considère comme «*un phénomène fondamental de ce milieu*». Directeur du département écologie et évolution à l'université de Lausanne, Laurent Keller explique: «*On voit la savane comme une région habitée de lions, d'éléphants, d'antilopes... Mais, si l'on regarde la réalité de la biomasse, la savane, ce sont des termites, des fourmis et quelques mammifères pour faire joli.*»

Oublions donc la décoration et observons les termites. De sacrés clients, en vérité. Les scientifiques ont largement étudié les cathédrales que leurs colonies érigent, merveilles de robustesse, de climatation naturelle, d'intégration écologique. Des forteresses inattaquables. Les fourmis l'ont bien compris. Sauf que, pour se

LES PREMIÈRES MUTANTES ONT PARLÉ

Tous les spécialistes des fourmis semblent d'accord. S'il est un événement qui a récemment marqué leur discipline, c'est bien celui-ci: pour la première fois, deux équipes américaines sont parvenues à modifier le génome de leur insecte favori. En supprimant un gène dans leurs œufs, ces deux groupes ont donné naissance à des animaux dépourvus d'odorat.

Venant après les vers, mouches, moustiques, rongeurs, poissons et primates, l'information peut sembler anodine. Seulement voilà, c'est la première fois que les ciseaux génétiques Crispr-Cas9 s'attaquent à un insecte social, ce qui pourrait ouvrir un champ important de la recherche sur le comportement. Les articles ont été publiés simultanément, le 10 août, par la revue *Cell*.

Comme chez les abeilles, le mode de reproduction des fourmis, avec leur reine comme seule génitrice, rend les

manipulations génétiques ardues. Les scientifiques peinent encore, en effet, à fabriquer une reine au laboratoire. Les équipes de Claude Desplan, à la New York University (NYU), et David Kronauer, à l'université Rockefeller, également à New York, ont contourné la difficulté.

Viser le système olfactif

Le premier a travaillé sur des fourmis sauteuses indiennes, *Harpegnathos saltator*, chez qui toutes les ouvrières sont fertiles, susceptibles de devenir de «pseudo-reines» et de fonder leur colonie. Le second s'est concentré sur *Ooceraea biroi*, qui présente la particularité de se reproduire par parthénogénèse, autrement dit par clonage – certains serpents et lézards en font de même.

Tous deux sont donc intervenus sur les œufs en visant le système olfactif. Chez les fourmis, l'odorat est guidé par un grand nombre de gènes. Sauf

que l'un d'entre eux, baptisé «Orco», joue un rôle particulier. Sa suppression prive les insectes de 90 % de leur odorat. C'est lui que les chercheurs ont éteint grâce à Crispr.

L'observation des individus nés après cette intervention s'est avérée assez concluante. Les fourmis sauteuses modifiées se sont montrées incapables de participer à la recherche de nourriture. Pas plus que de participer aux duels qui suivent la disparition d'une reine et la lutte pour sa succession. De même, les *O. biroi* sont devenues antisociales, incapables même de suivre les pistes de phéromones laissées par leurs congénères. Elles ont perdu également leur aversion pour l'odeur... des marqueurs fluo. Dans les deux cas, les fourmis ont vu la région de leur cerveau associée à la perception par leurs antennes sérieusement réduite.

Nul doute que ces deux études vont, elles aussi, faire des petits, tant

les insectes sociaux présentent d'intérêt. En effet, qu'est-ce qui fait que, à partir d'un génome apparemment identique, des fourmis deviennent ouvrières, soldates ou reines? Leur organisation sociale fait également d'elles un modèle bien plus précieux que les mouches. Comme l'indiquait Daniel Kronauer, au *Washington Post*, «*si vous jetez mille mouches dans un seau d'ordures, elles se battront ou copuleront peut-être. Mais faites la même chose avec des fourmis et elles commenceront à creuser, à s'occuper de leur couvée, à chercher de la nourriture...*»

Autre piste d'intérêt, l'étude du vieillissement: là encore, un même génome offre aux ouvrières une espérance de vie de sept mois, contre quatre ans à une reine. Vivre sept fois plus longtemps avec les mêmes gènes, voilà qui n'a pas fini d'intéresser les humains. ■

N.H.



Les fourmis « *Megaponera analis* » se nourrissent exclusivement de termites. L'observation de leur chasse (1) a révélé une organisation quasi militaire, où les insectes blessés sont ramenés au nid (2), soignés grâce au bon soin de congénères qui s'occupent de lécher leurs plaies (3). Les termites sont quant à eux tués (4) et rapportés pour nourrir la colonie (5).

ERIK T. FRANK

L'ART DE PROTÉGER LA COLONIE

Attention, danger! Le panneau pourrait constamment figurer à l'entrée des fourmilières. Dans cette société de la promiscuité et de l'échange permanent, une menace rôde: l'infection. Qu'une d'elles soit infectée par un champignon ou une bactérie contagieuse et c'est toute la colonie qui peut rapidement disparaître. Les insectes ont donc développé des parades d'une grande inventivité, collective, comme il se doit.

Sylvia Cremer, de l'Institut de sciences et de technologie d'Autriche, s'est fait une spécialité de ce qu'on nomme l'immunité sociale. Dans deux articles, publiés en février dans le journal *eLife* et en mars dans la revue *PNAS*, elle en détaille quelques aspects, impressionnants de finesse et de sophistication.

Premier étage de la fusée, le nettoyage. Une seconde nature chez la fourmi. Lorsque l'une d'elles rentre d'une expédition extérieure, une de ses camarades se charge immédiatement de vérifier sa propreté, puis, dès qu'elle détecte quelque chose de suspect, d'assurer son nettoyage. Ce comportement n'a rien d'extraordinaire: nombre d'autres insectes sociaux mais aussi de mammifères pratiquent ainsi « l'épouillage ». Sauf que Dame Fourmi va plus loin.

L'espèce *Lasius neglectus*, par exemple, chère à Sylvia Cremer, utilise l'acide formique sécrété par ses glandes pour attaquer les infections à champignons *Metarhizium*. Dans de précédentes publications, l'équipe autrichienne avait montré comment les soignants utilisaient deux techniques: la première consistant à pulvériser, depuis un organe situé sur son postérieur, un spray sur les zones touchées par des spores; la seconde, à lécher abondamment les plaies après avoir préalablement placé dans sa bouche un peu d'acide.

Réduction des risques
Comment les fourmis choisissent-elles entre ces deux traitements? La publication de *PNAS* apporte une réponse. Tout dépend en réalité du statut sérologique du soignant... et du malade. En effet, le premier peut lui-même avoir été préalablement exposé à un pathogène, et avoir ainsi développé des protections. Si le second se trouve infecté par la même souche, le soignant pourra entrer en contact avec lui sans risque: il privilégiera le nettoyage buccal. A l'inverse, confronté à un autre pathogène, la fourmi assistante n'est pas seulement dépourvue de protection mais fragilisée par la première exposition: elle optera alors pour la pulvérisation. « Cette réduction des risques améliore la santé des soignants et protège l'ensemble de la colonie », souligne la chercheuse. De la même façon, les médécins et les infirmières font attention à leur statut sérologique, par exemple en se vaccinant avant de pénétrer dans une zone dangereuse. »

Les fourmis ont toutefois franchi un palier supplémentaire. Pour réduire encore les risques, elles n'hésitent pas à sacrifier leur progéniture malade. En effet, le champignon se transmet à la descendance. Depuis leurs cocons, les pupes infectées émettent des signaux chimiques que les adultes détectent sans mal. Une opération de « désinfection destructive » est alors lancée: les fourmis désagrègent la gangue, percent la paroi de la nymphe et injectent leur acide formique dans son corps. « Le médicament devient alors un poison mortel », souligne Sylvia Cremer.

Sacrifier les malades: difficile, cette fois, de faire un parallèle avec notre propre espèce. Quoi que... Pour Sylvia Cremer, ce n'est pas à une fourmi mais à sa colonie qu'il faut comparer le corps humain. Et rapprocher l'insecte de la cellule. « Or comment fonctionne notre système immunitaire?, interroge la biologiste. Il repère les cellules infectées, en perce souvent la membrane et injecte une substance toxique qui tue le pathogène et la cellule. » Eh bien, dansez maintenant! ■

N.H.

nourrir, les termites doivent sortir de leur base et récupérer les matériaux morts (feuilles, tiges, écorces) qui alimenteront leurs champignonnières. Ils choisissent alors un site, le recouvrent d'une carapace de terre, pour se protéger du soleil et d'éventuels prédateurs, et le relie à la termitière par un tunnel.

Ce terrain de ravitaillement, les fourmis ont appris à le détecter. Ou plutôt certaines fourmis. Éclaireuses, elles battent la savane en quête de proies. Lorsque l'une d'entre elles repère un site cible, elle s'en approche avec précaution afin d'évaluer le nombre de termites déployés. « L'espionne doit rester discrète, car, si les gardiens la repèrent, ils lancent l'alerte et tous les termites retournent se mettre à l'abri », précise Erik Frank. L'information recueillie, l'éclaireuse rentre à la fourmilière lever l'armée dont elle aura besoin. Cent à six cents individus se mettent alors en ordre de marche. Devant caracole l'éclaireuse, suivie par deux rangs d'officiers chargés de renforcer la piste avec leurs phéromones, ces marqueurs chimiques qui guident les insectes dans leurs déplacements. Baptisés « majors », ces individus assurent aussi la protection à l'avant de la colonne. Le reste de la troupe avance derrière, en rangs par quatre. En queue de cette colonne de 2 à 3 mètres, d'autres majors ferment la marche.

Plusieurs castes

A proximité de la cible, la colonne s'arrête et se réorganise. Les majors et leurs 2 cm de long s'installent aux avant-postes. Qui lance le signal? Erik Frank l'ignore encore. Mais soudain, ensemble, les majors attaquent. Leur objectif? Détruire la cuirasse de terre érigée par les termites. Une tâche que ces ouvrières accomplissent rapidement. Les « minors » lancent alors leurs 5 mm de muscles à l'assaut des termites.

Eux aussi sont organisés en deux castes. Les soldats et leurs puissantes mandibules affrontent vaillamment les agresseurs, tandis que les ouvriers tentent de gagner le tunnel pour s'échapper. « La résistance des soldats est héroïque, insiste Erik Frank. Ils mordent partout où ils le peuvent, tranchent pattes et antennes, s'accrochent à l'abdomen des fourmis et, tels des pitbulls, ne lâchent plus. D'autres fourmis viennent en renfort, les agrippent pour les faire lâcher, mordent à leur tour. Au point que leur corps se détache de leur tête, toujours accrochée... Les fourmis finissent toujours par l'emporter et fondent sur ce qu'il reste d'ouvriers. Mais elles payent un prix élevé. » D'après ses constatations, environ un tiers des assaillants sont blessés, plus ou moins grièvement, pendant les dix à quinze minutes d'assaut.

CERTAINES FOURMIS RAPPORTENT AU NID JUSQU'À SIX TERMITES CHACUNE. D'AUTRES SE TRANSFORMENT EN AMBULANCIÈRES, SAISSANT DANS LEUR BOUCHE LES BLESSÉS

C'est là que le plus étonnant intervient. Restées à l'écart pendant le combat, les majors reprennent du service. Certaines rapportent au nid le précieux festin, jusqu'à six termites chacune. D'autres se transforment en ambulancières, saisissant dans leur bouche les blessés. Ou plutôt certains blessés. Les plus sérieusement atteints, ceux qui ont perdu plus de trois pattes, sont abandonnés à leur triste sort. Un tri auquel les victimes contribuent elles-mêmes. En effet, les fourmis blessées commencent toutes par tenter de regagner le nid, claudiquant comme elles le peuvent sur la piste. Lorsque les sauveteuses approchent, les plus vaillantes ralentissent puis se dressent, émettent des phéromones de détresse, avant de prendre une position favorable, pattes pliées sous le corps – comme à l'état de nymphe –, prêtes à être prises en charge. A l'inverse, les plus gravement blessées n'émettent aucun signal chimique ni n'adoptent la posture privilégiée. « Ce n'est pas un sacrifice volontaire, un mouvement individuel, précise Erik Frank. Elles ne peuvent pas se dresser et donc transmettre le signal de détresse. Mais ce comportement collectif, basé sur un mécanisme simple, apparaît particulièrement efficace. »

Ecologue à l'université Paris-Sud, Franck Courchamp s'éblouit de ces résultats. « Ce que je trouve fascinant, c'est qu'on y voit l'évolution et l'adaptation à une autre échelle que ce dont on a l'habitude », remarque-t-il. Non plus de quoi permettre à l'individu de s'alimenter et de transmettre ses gènes, mais à la colonie de se nourrir et de prospérer. Il détaille: « D'une part, les fourmis doivent s'adapter à un environnement qui est en grande partie constitué de la présence de colonies de termites et donc on assiste à l'évolution de morphologies et de physiologies adaptées à combattre cet ennemi mortel. Et, d'autre part, les fourmis sont des animaux coloniaux et donc les comportements qui préservent les membres de la colonie sont favorisés puisque cela bénéficie à tous. »

La suite de l'opération illustre encore son propos. Une fois la colonne rentrée au nid, les méde-

cins prennent en effet le relais des ambulanciers. Pareils termes en feront bondir certains. Ils y décèleront un anthropomorphisme coupable. Mais comment qualifier alors ce que les chercheurs allemands ont découvert en glissant leurs caméras miniatures dans six fourmilières transplantées en laboratoire? Dès l'arrivée des éclopées, certaines de leurs congénères les prennent en charge, les débarrassent des restes de termites ou des salétés restées dans les plaies, mais surtout lèchent ensuite avidement celles-ci. « Elles ont une heure pour agir, car, ensuite, les plaies cicatrisent et l'infection gagne le corps », explique K. Eduard Linsenmair.

Le professeur et son élève ont voulu mesurer l'efficacité du traitement. Ils ont donc sélectionné 120 blessés à qui il manquait deux pattes, ont laissé certains sans traitement, placé immédiatement d'autres dans un univers stérile et confié les troisièmes aux soins de leurs semblables. Quatre-vingts pour cent du premier groupe sont morts dans les vingt-quatre heures, 20% du second et seulement 10% du troisième. On mesure l'efficacité des soins.

« Ce qui est spectaculaire dans ce travail, c'est aussi la façon dont Erik est parti de l'observation de la nature, salue Laurent Keller. Aujourd'hui, pour obtenir des financements, il faut poser des hypothèses. Difficile de dire que vous allez juste vous asseoir devant une fourmilière en Afrique. C'est pourtant comme ça qu'on fait de grandes découvertes. » Le scientifique suisse a du reste accueilli le jeune lauréat dans son laboratoire. Avec, cette fois, des questions bien ciblées: de quoi meurent les victimes, autrement dit, quelle est la nature des infections? Quelle est la composition de la salive magique? Et la nature du traitement, prophylactique ou curatif?

Observer le mode de vie des fourmis, entre extrême promiscuité et échanges permanents. Comprendre leurs processus défensifs. Et, qui sait, s'en inspirer pour trouver de nouvelles classes d'antibiotiques. Dans un article publié le 7 février, dans *Royal Society Open Science*, une équipe de l'université d'Arizona a ainsi analysé les sécrétions trouvées sur la peau de vingt espèces de fourmis américaines. Elle a constaté que 60% d'entre elles disposaient de pouvoirs antimicrobiens, mais que les autres 40% en étaient totalement dépourvues. Développer des stratégies qui évitent les résistances ou, à l'inverse, lutter contre les infections pathogènes sans produits antibactériens: dans les deux cas, la fourmi et ses dizaines de millions d'années d'évolution pourraient bien nous montrer la voie. ■

NATHANIEL HERZBERG