

Suicide nuptial chez les fourmis

Le mâle est tué par la femelle juste après l'accouplement.

L'organisation des sociétés de fourmis est variée : certaines se répartissent rigoureusement les tâches, d'autres non. C'est du moins ce que l'on pensait, car Christian Peeters, du Laboratoire «Fonctionnement et évolution des systèmes écologiques», et Thibaud Monnin, du Laboratoire d'éthologie expérimentale et comparée, ont montré que, même dans certaines espèces non spécialisées, seules quelques fourmis assurent la reproduction de la colonie.

Dans la plupart des sociétés de fourmis, deux catégories de femelles adultes cohabitent. D'une part, les ouvrières, sans ailes et généralement stériles, accomplissent les tâches sociales, telles que l'élevage du couvain, l'approvisionnement ou encore la défense. D'autre part, les reines, ailées et reproductrices, s'envo-

lent à la recherche d'un partenaire étranger à la colonie et fondent une nouvelle société.

Au contraire, parmi les quelque 1 500 espèces de fourmis, dites primitives, qui ressemblent à des guêpes, le dimorphisme entre reines et ouvrières est peu marqué ; dans certains groupes dépourvus de reines, toutes les ouvrières peuvent s'accoupler ; elles ont une spermathèque fonctionnelle, un organe où le sperme du mâle est stocké.

Pourtant, chez certaines espèces de ces groupes sans reine, seule certaines fourmis se reproduisent (comme dans les sociétés hiérarchisées). La stratégie des mâles dépend alors du nombre de femelles capables de s'accoupler. Chez une fourmi indienne, par exemple, où toutes les ouvrières peuvent se reproduire, le mâle s'accouple à plusieurs jeunes femelles : seules les fourmis où la concentration en hormones de la reproduction augmentera jusqu'à stimuler l'activité ovarienne seront fécondées et pondront des œufs. L'espèce *Diacamma australe* a adopté une autre stratégie, où la régulation intervient avant l'accouplement : une ouvrière dominante castré les autres ouvrières en leur arrachant leurs ébauches d'ailes. Cette ablation inhibe le cycle hormonal qui aboutit normalement à l'ovulation. Seule l'unique ouvrière ailée est fécondable.

C. Peeters et T. Monnin ont également observé que toutes les ouvrières de l'espèce brésilienne primitive *Dinoponera quadricaps* – la plus grande fourmi du monde, puisqu'elle mesure environ trois centimètres – ne s'accouplent pas. Chez *Dinoponera quadricaps*, la régulation a lieu avant l'accouplement. Chaque groupe compte au maximum une centaine d'ou-

vières, toutes identiques. À la mort de l'ancienne reproductrice ou après scission de la colonie, des affrontements ritualisés établissent très vite une hiérarchie sociale où se détache une ouvrière dominante qui, campée sur ses pattes, a un maintien arrogant. Seule cette ouvrière, nommée alpha, s'accouplera. Les sécrétions d'hormones sexuelles d'une fourmi dépendent de sa position hiérarchique, et elles sont maximales chez l'ouvrière alpha.

Cette fourmi est la seule à faire de brèves sorties, chaque soir, aux abords du nid, à la recherche d'un prétendant étranger à la colonie. Sitôt accouplée, la femelle fait basculer son abdomen vers l'avant ; elle entraîne le mâle devant elle et lui sectionne l'abdomen. L'acte dure une à deux minutes. Elle met ensuite près d'une demi-heure à se débarrasser des pièces génitales de son partenaire qui sont restées engagées dans son propre appareil sexuel. Elle n'est alors plus réceptive aux avances d'autres prétendants potentiels.

Dans cette espèce, les mâles, qui ne vivent qu'un à deux jours, meurent pour assurer leur descendance. Un mâle n'a guère de chances de trouver une deuxième fourmi alpha vierge au cours de sa brève vie et se sacrifie pour empêcher un rival de s'accoupler. Selon C. Peeters, le «bouchon d'accouplement» est une garantie de paternité. Puisqu'au bout d'une trentaine de minutes, la femelle n'est plus sexuellement réceptive, le mâle kamikaze aura fécondé tous les œufs de la fourmi alpha pendant la période où elle est fécondable. Un tel bouchon d'accouplement existe chez d'autres fourmis primitives, notamment chez *Diacamma australe*, où des ouvrières stériles viennent sectionner l'abdomen du mâle après l'accouplement de la fourmi qui pondra les œufs de la colonie.

Marie-Thérèse LANDOUSY



La femelle (à gauche) a basculé son abdomen vers l'avant et entraîné le mâle qui la couvrait. Elle sectionne alors l'abdomen du mâle avec ses mandibules.

Un vaccin contre le cancer ?

De petites vésicules sécrétées par l'organisme stimulent le système immunitaire, qui détruit certaines tumeurs chez la souris.

Les cellules tumorales portent des molécules nommées antigènes qui devraient les signaler à l'attention du système de défense de l'organisme : ces cellules expriment, par exemple, des protéines anormales codées par un gène muté ; or le système immunitaire est activé quand il reconnaît des

molécules étrangères, et il détruit les cellules qui les portent. L'idée est née, il y a quelques années, qu'en stimulant le système immunitaire contre les protéines portées par les cellules tumorales – les antigènes tumoraux –, on disposerait d'un moyen de lutter contre le cancer : c'est l'immunothérapie adoptive. Travaillant dans cette voie, l'équipe de Laurence Zitvogel, à l'Institut Gustave Roussy, et celle de Sebastian Amigorena, à l'Institut Curie, viennent d'isoler des particules qui activent suffisamment le système immunitaire pour que, chez des souris, certaines tumeurs régressent, voire disparaissent.

Le système immunitaire est activé quand les antigènes étrangers sont absor-

bés par des cellules dites présentatrices d'antigènes, qui les découpent en morceaux (les peptides antigéniques) et les exposent correctement à leur surface. Les cellules dendritiques sont de telles cellules présentatrices d'antigènes. Tant qu'elles sont immatures, elles ne sont pas capables d'activer directement les lymphocytes T, mais absorbent les antigènes, les découpent et les associent aux molécules du complexe majeur d'histocompatibilité de classe I et II. Ces paires peptides-molécules du complexe majeur d'histocompatibilité sont transportées à la surface des cellules dendritiques en cours de maturation, lesquelles deviennent capables de présenter les antigènes et d'activer les lymphocytes T.

Moustique et épizooties

La fièvre de la vallée du Rift est due à un virus transmis par les moustiques. Ce vecteur, lointain cousin d'Ebola, est notamment responsable de fièvres hémorragiques. Des équipes de l'ORSTOM et de l'Institut Pasteur de Dakar ont identifié deux nouveaux moustiques porteurs du virus. Jusqu'en 1970, le virus ne faisait pas de victimes chez l'homme, mais la situation a changé après la mise en eau du barrage d'Assouan. En cas de fortes inondations ou de création de barrages, les moustiques pullulent, transmettant une quantité de virus notable aux hommes et au bétail. Une étude a montré que 15 pour cent des ruminants des troupeaux près du fleuve Sénégal portent des anticorps contre ce virus, ce qui prouve que le virus circule régulièrement parmi les troupeaux et que de nouvelles épizooties sont à craindre.

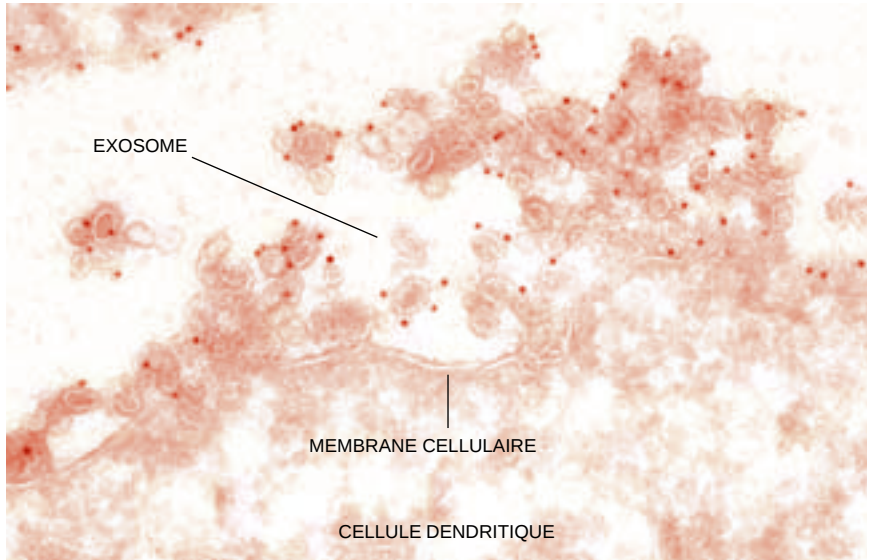


Dent intermédiaire

Deux nouvelles espèces d'australopithèques (*Australopithecus anamensis* au Kenya et *Australopithecus Bahrelghazali* au Tchad) et un nouveau genre d'hominiidés, *Ardipithecus*, ont été découverts ces quatre dernières années. Selon l'équipe de Meave Leakey, du Muséum national du Kenya, la première molaire de lait d'*Australopithecus anamensis*, qui vivait il y a 4,1 millions d'années, a une structure intermédiaire entre celles d'*Ardipithecus ramidus* (4,5 millions d'années) et d'*Australopithecus afarensis* (3,5 millions d'années). D'autres filiations entre ces trois espèces seront bientôt possibles, lorsque les squelettes d'*Ardipithecus* découverts en Éthiopie par Tim White seront enfin présentés.

Le coût des voyages dans le temps

Le retour vers le passé n'est facile que dans les romans de science-fiction. La réalité est plus amère, car les retours dans le temps, bien que possible selon les lois de la physique, sont incroyablement difficiles : pour revenir en arrière d'une microseconde il faudrait passer au voisinage d'un trou noir dont la masse serait un dixième de celle du Soleil. Sans compter le danger notable d'être aspiré à jamais dans les entrailles du trou noir.



Grega Raposo/Institut Curie

Une cellule dendritique a libéré une multitude de petites vésicules, les exosomes. Ce sont ces particules qui, injectées à des souris, ont fait régresser des tumeurs. Sur cette photographie en microscopie électronique, le grossissement est égal à 50 000.

Cette association des peptides antigéniques et des molécules du complexe majeur d'histocompatibilité prend place dans des compartiments des cellules dendritiques, nommés endosomes, pour les molécules de classe II, et dans le réticulum endoplasmique, pour les molécules de classe I. Les endosomes sont transportés jusqu'à la surface des cellules dendritiques, leur membrane fusionne avec celle des cellules et leur contenu est libéré à l'extérieur. Les endosomes ressemblent à des sacs contenant des billes, de petites vésicules nommées exosomes. Les exosomes sont donc libérés hors des cellules dendritiques. L'analyse d'une culture de cellules dendritiques a montré que les exosomes portent des molécules du complexe majeur d'histocompatibilité associées à des antigènes tumoraux.

Ces exosomes activent-ils le système immunitaire ? Oui : les biologistes de l'Institut Gustave Roussy et de l'Institut Curie ont prélevé des cellules dendritiques à des souris saines, ils ont stimulé leur prolifération, *in vitro*, au moyen de facteurs de croissance, et ils les ont exposées à des antigènes de tumeurs prélevées à des souris ayant une tumeur mammaire ou un cancer de certaines cellules sanguines (un mastocytome). Les cellules dendritiques ont libéré des exosomes que les biologistes ont injectés aux souris atteintes de tumeurs : les mastocytomes ont disparu dans 60 pour cent des cas, et la croissance des tumeurs mammaires a ralenti. On en conclut que les exosomes portaient les peptides antigéniques spécifiques des tumeurs, qui ont activé le système immunitaire.

Les biologistes continueront à tester les exosomes chez l'animal, puis ils éva-

lueront leur efficacité chez l'homme. Même si l'activité se confirme, une difficulté notable demeurera avant qu'un traitement soit mis au point : jusqu'à présent, on a isolé très peu d'antigènes spécifiques des cellules tumorales. Or, pour activer les lymphocytes T, les cellules dendritiques doivent leur transmettre une information essentielle : la nature de l'antigène contre lequel ils doivent lutter. Pour leur faire produire des exosomes présentant les antigènes tumoraux, on met les cellules dendritiques immatures en présence, soit de l'antigène tumoral (quand on le connaît), soit d'un mélange des constituants des cellules tumorales. Les exosomes portent alors toute une panoplie de peptides antigéniques, dont certains sont spécifiques de la tumeur et activent le système immunitaire.

Bien que les cellules dendritiques semblent avoir les qualités requises pour faire des cellules présentatrices d'antigènes efficaces, les exosomes seraient des agents «vaccinants» encore plus performants : ils sont stables et on peut en produire de grandes quantités dans des cultures de cellules dendritiques sensibilisées à l'antigène tumoral. Cette méthode, efficace chez la souris, n'a pas été testée chez l'homme, mais on espère stimuler le système immunitaire de certaines personnes atteintes d'un cancer en prélevant, dans leur sang, des cellules dendritiques et en les plaçant en culture : on recueillerait les exosomes produits, lesquels porteraient les antigènes stimulant le système immunitaire contre la tumeur et on les réinjecterait au patient. Des «vaccinations» répétées entretiendraient l'activation du système immunitaire et devraient éviter les rechutes.



Everett Collection