

La protection des jeunes chez les insectes

DOUGLAS TALLAMY

Les insectes de certaines espèces risquent leur vie pour protéger leur progéniture.



Photographies de Ken Preston-Madham

1. UNE «CRÈCHE» DANS LA FORÊT TROPICALE BRÉSILIENNE : des fourmis s'occupent de jeunes membracides (*Aetalion reticulatum*), pendant que leurs mères surveillent des œufs fraîchement pondus. Les fourmis se nourrissent d'une sécrétion sucrée des larves, le miel-lat ; en retour, elles les protègent des prédateurs.

Sur une feuille, une femelle de l'espèce des punaises tingides, du genre *Gargaphia* surveille ses œufs et ses larves. Féroce ennemie de *Gargaphia*, une punaise de la famille des nabisés s'approche en brandissant à la manière d'une licorne son rostre rigide et pointu, et s'attaque à toutes les larves. La mère *Gargaphia*, dépourvue de telles armes, détourne l'agresseur en battant des ailes et en grimpant sur son dos pendant que les larves rescapées se précipitent sur la nervure médiane de la feuille. Elles s'enfuient par la

tige et se cachent dans une jeune feuille encore repliée. Quand la mère parvient à s'échapper, elle suit ses larves et se place sur le pétiole de la feuille, d'où elle peut intercepter le prédateur qui les poursuit. Parfois, quand elle parvient à repousser l'attaquant, elle guide ses larves vers une autre feuille en apportant une brindille qui sert de pont. Cependant, la mère est souvent tuée par l'ennemi : son sacrifice laisse aux larves le temps de s'enfuir.

Le naturaliste suédois Adolph Modeer a décrit pour la première fois

des soins parentaux chez les insectes en 1764. Il observa les femelles de la punaise à bouclier européenne *Elasmucha grisea*, qui restent fermement sur leurs œufs et préfèrent affronter les prédateurs plutôt que de s'envoler. Toutefois, jusqu'en 1971, de nombreux entomologistes doutaient que certains insectes prennent soin de leur progéniture. Ceux qui admettaient cette idée pensaient que ces mœurs étaient l'apanage des insectes aux comportements très complexes.

Certes, un tel comportement ressemble à celui d'espèces considérées



comme «évoluées», tels les oiseaux et les mammifères, mais le phénomène est également courant parmi les invertébrés, tels les mollusques, les vers, les rotifères (des vers microscopiques qui ont deux couronnes de cils autour de la bouche) ou les méduses. On le trouve aussi chez les arthropodes : les soins parentaux sont la règle chez les chilopodes (les mille-pattes), les araignées, les scorpions, les pycnogonides (des arthropodes vivant dans la mer, qui portent leurs œufs sur leurs pattes) et les crustacés, qui sont vraisemblablement les plus proches parents des insectes. Les espèces d'insectes prodiguant des soins parentaux sont relativement rares ; elles sont dispersées, apparemment au hasard, dans 13 ordres. C'est probablement la preuve que le comportement s'est perdu au cours de l'évolution.

Les conséquences écologiques des soins parentaux sont parfois très importantes. Pourquoi ces soins ont-ils persisté, alors que la stratégie la plus simple, celle de la plupart des insectes, consiste à produire de très nombreux œufs qui sont ensuite abandonnés ? Selon Edward Wilson, ce comportement est plus fréquent quand les ressources sont abondantes (la compétition est alors intense) ou, au contraire, lorsque la nourriture est rare, lorsque les conditions physiques sont particulièrement difficiles, ou encore en cas de forte prédation.

Un monde riche et rude

Les nécrophores (des coléoptères charognards) et les bousiers sont adaptés à la compétition pour des ressources particulièrement nourrissantes, mais éphémères, que sont les charognes ou les excréments, par une forme spécifique de soins parentaux. La femelle seule, ou parfois les deux parents, cachent la nourriture dans une cavité souterraine, afin de la protéger des concurrents et de la dessiccation. Par exemple, les couples de nécrophores enterrent parfois les cadavres de petits rongeurs et creusent à l'intérieur une cavité en forme de coupe, pour abriter et nourrir les jeunes ; l'alimentation de ces derniers est complétée par des liquides régurgités par les parents. Michelle Scott, de l'Université du New Hampshire, et Gonzalo Halffter, de l'Institut d'écologie de Veracruz, ont montré que le mâle de telles espèces protège sa prise et sa progéniture.

Sehirus, une punaise fouisseuse, nourrit aussi ses jeunes en apportant des graines à ses larves fragiles, cachées dans une cavité du sol. Les parents peuvent aussi transformer la nourriture pour leurs jeunes. Ainsi, le membricide *Umbonia* entaille des écorces afin de mettre à la disposition de ses minuscules larves les vaisseaux du phloème, qui transportent les nutriments dans la plante. Les insectes xylophages transforment le bois indigeste, coriace et pauvre en azote, en une

forme utilisable par les jeunes. Par exemple, la blatte *Cryptocercus*, vivant dans le bois en décomposition, ainsi qu'un coléoptère de la famille des paspalidés, nourrissent les jeunes par leur anus avec des fibres de bois macérées, des protozoaires qui colonisent l'intestin et décomposent la cellulose, des fèces et des sécrétions intestinales riches en azote. Les scolytes (des coléoptères qui vivent dans l'écorce des arbres) creusent des tunnels où ils déposent leurs œufs, et ils ensemencent les copeaux de bois avec des champignons qui transforment la cellulose en une forme assimilable par les larves.

Le plus souvent, les insectes qui dispensent des soins parentaux protègent uniquement les œufs. Cependant, les parents de certaines espèces défendent aussi les jeunes. Les parents et la progéniture doivent alors communiquer et coordonner leurs mouvements. Par exemple, la punaise *Gargaphia*, les mouches à scie, des chrysomèles et les coléoptères mycétophages (qui mangent des champignons) protègent leurs larves tout en cherchant de la nourriture. Une mère ne surveille efficacement ses jeunes que s'ils restent groupés ; elle les conduit comme un berger conduit son troupeau. En de rares occasions, le père participe aussi à la protection des jeunes, et l'espèce peut alors occuper un milieu inhospitalier : ainsi les gros œufs de certaines punaises aquatiques sont menacés de dessiccation hors de l'eau, et de noyade



2. LES LARVES DES PUNAISES du genre *Gargaphia* s'abritent des prédateurs dans les replis de jeunes feuilles (à droite). Parfois, la mère doit affronter des prédateurs qui mangent les larves, telle cette larve d'un névroptère (ci-dessus, à droite).



dans l'eau ; les œufs doivent être constamment humidifiés et aérés. La femelle du béléstome *Lethocerus* (une punaise aquatique géante) dépose les œufs sur une brindille au-dessus de l'eau. Le mâle ne cesse alors de plonger, puis de s'égoutter au-dessus des œufs pour les humidifier ; il chasse également les prédateurs. Le mâle béléstome *Belostoma* porte les œufs que la femelle lui a collés sur le dos, et il flotte à la surface de l'eau pour les exposer à l'air. Pendant des heures, il remue ses pattes postérieures ou effectue des tractions agrippé à une brindille, afin de créer un courant d'eau aérée sur les œufs. Le staphylin *Bledius*, le carabe *Bembidion* et le coléoptère des marais *Heterocerus* empêchent également leurs œufs de se noyer dans les vasières : quand la marée monte, ils bouchent les ouvertures étroites des cavités d'incubation où les œufs sont placés, et ils enlèvent les bouchons quand la mer se retire.

Le coût des soins

Pourquoi certains insectes prodiguent-ils leurs soins aux jeunes, alors que d'autres espèces, même fortement apparentées, se reproduisent dans des conditions identiques en utilisant d'autres stratégies ? Une analyse des avantages et des inconvénients explique les diverses stratégies.

Les parents pâtissent parfois gravement, jusqu'à en mourir, de la protection qu'ils assurent contre les prédateurs. De tels risques sont difficiles à quantifier, et les données sont rares. Néanmoins, j'ai mesuré les chances de survie de *Gargaphia* à l'attaque d'une araignée (de la famille des salticides) : les femelles qui gardaient les larves avaient une probabilité de survie trois fois inférieure à celles qui étaient dépourvues de telles responsabilités.

Les soins aux jeunes sont également pénalisants, parce qu'ils confinent les parents à la zone restreinte du nid (sauf lorsque les œufs sont portés par l'un des parents). La production des œufs impose une dépense notable d'énergie, et la mère qui monte la garde auprès de sa première ponte ne peut chercher la nourriture qui lui permettrait de pondre à nouveau. Lorsqu'on empêche expérimentalement des femelles *Gargaphia* de surveiller leurs œufs, elles pondent plus de deux fois plus d'œufs que les femelles qui gardent les œufs.



3. LES LARVES DE CHRYSOMÈLES DU BRÉSIL *Acromis sparsa* se bousculent pour être en sécurité sous le corps de leur mère, où elles se disposent en anneau. L'extrémité anale de leur corps porte des crochets sur lesquels elles agitent leurs excréments, qui repoussent les prédateurs dès la première bouchée. La mère surveille ses œufs (en médaillon).



4. LA PUNAISE D'Australie *TECTOCORIS DIOPHTHALMUS* défend agressivement son unique ponte, sa seule chance de succès reproductif.

Le coût biologique des soins parentaux a suscité des comportements de parasitisme. Par exemple, certaines femelles des genres *Gargaphia* et *Polyglypta* (un membracide) cherchent à pondre leurs œufs parmi ceux d'autres individus de leur espèce. Quand elles y parviennent, elles peuvent pondre de nouveau presque immédiatement, alors que les mères «receveuses» ne peuvent recommencer une nouvelle ponte qu'à l'éclosion des premiers œufs (chez

Polyglypta) ou quand les larves deviennent adultes (chez *Gargaphia*). Pour une femelle *Gargaphia* qui n'a pas déposé ses œufs parmi d'autres, la meilleure stratégie n'est la défense vigoureuse des jeunes que lorsqu'elle est âgée, c'est-à-dire quand sa mort a peu de conséquence, ou quand ses larves sont assez développées pour avoir des chances de parvenir à maturité.

À l'Université du Michigan, Catharine Bristow a découvert une autre

minimisation du coût biologique : la femelle du membracide *Pubilia* reste avec ses jeunes jusqu'à ce que des fourmis découvrent le groupe et commencent à se nourrir de la sécrétion sucrée (le miellat) produite par les larves. La mère abandonne alors les larves aux soins des fourmis, qui les défendent des prédateurs.

Pour les mâles, la protection des jeunes est un comportement excessivement coûteux. Le sperme n'est physiologiquement pas cher, et la réduction des apports nutritionnels due à la garde des jeunes ne limite pas la production du sperme. Néanmoins, quand un mâle surveille une ponte, il ne peut plus féconder d'autres femelles et engendrer d'autres jeunes.

De surcroît, les soins paternels sont souvent un investissement douteux pour la plupart des mâles, en raison de l'incertitude sur la paternité des œufs : les femelles stockent le sperme et peuvent, à l'intérieur de leur organisme, choisir le sperme d'un mâle plutôt que celui d'un autre mâle.

Aussi les soins exclusivement paternels sont-ils très rares chez les insectes. On ne les rencontre que dans trois familles de punaises : chez les béliostomes, chez quelques espèces de réduves (des punaises prédatrices) et chez les punaises coréides. Par exemple, le mâle du réduve *Rhinocoris* s'exhibe lorsqu'il garde des œufs. Les femelles du voisinage semblent alors admettre qu'un mâle ayant déjà des œufs à sa charge est un mâle performant, et elles vont alors le trouver pour s'accoupler. Comme les femelles ne s'accouplent qu'avec des mâles qui ont la garde d'œufs (sauf en début de saison, quand peu d'œufs ont été pondus), les mâles se disputent la protection des pontes. Ce type de comportement est bénéfique, car les femelles pondent juste après l'accouplement – et parfois pendant celui-ci –, permettant ainsi aux mâles de s'occuper d'œufs dont ils sont très certainement les géniteurs.

Chez les punaises aquatiques et chez les réduves, la proportion de femelles à la recherche de mâles est élevée. Lisa Thomas, de l'Université de Cambridge, a découvert que le réduve du Kenya *Rhinocoris tristis* vit uniquement sur une légumineuse du genre *Stylosanthes*, dont il boit le nectar des fleurs et dont il exclut les autres insectes. Les femelles trouvent facilement les mâles qui gardent les œufs, de sorte que, dans ce cas, les mâles ne



5. LA MANTE RELIGIEUSE KÉNYANE OXYOPHTHALMELLUS SOMALICUS (à gauche) s'est placée à la base d'une brindille, d'où elle intercepte les prédateurs intéressés par ses nymphes. La mante religieuse Galepsus (en haut), qui vit également au Kenya, a camouflé son oothèque (poche d'œufs) afin qu'elle se confonde avec la surface de l'écorce. Néanmoins, elle monte la garde, pour le cas où sa ruse viendrait à échouer.



6. CE MÂLE BÉLOSTOME *ABEDUS HERBERTI* d'Arizona transporte les œufs qu'il a fécondés et qui ont été collés sur son dos par la femelle. Il maintient les œufs humides et aérés.

souffrent pas d'être confinés à la plante. Robert Smith, de l'Université d'Arizona, explique de même les rassemblements de bélostomes dans les mares : les mâles n'ont pas besoin d'errer, puisque les femelles viennent à eux.

Le dernier recours

Malgré ces exemples, de nombreux insectes évitent de s'occuper de leurs jeunes, qu'ils protègent de façons variées. Certains cachent les œufs à l'aide d'ovipositeurs perforants (des appendices en forme d'épée, utilisés pour la ponte), d'autres recouvrent les œufs d'un revêtement impénétrable. Certaines espèces ne «mettent pas tous leurs œufs dans le même panier» : elles les dispersent ainsi dans le temps et dans l'espace. Cette dernière stratégie est efficace : quand un prédateur découvre l'une des pontes, il n'accède qu'à une petite fraction du nombre total d'œufs déposés par la mère. Lorsqu'on empêche une femelle *Gargaphia* de protéger sa ponte (souvent supérieure à 100 œufs), 56 pour cent des œufs sont détruits par les prédateurs avant d'éclore. En revanche, la punaise

Corythucha ciliata, en déposant 33 petites pontes sur différentes feuilles, ne perd que 16 pour cent de ses œufs.

Pourquoi certains insectes continuent-ils de prodiguer des soins à leur progéniture ? L'importance du coût des soins parentaux dépend de la perte de fécondité correspondante. Quand l'arrivée de l'hiver ou la limitation des ressources diminuent la future production d'œufs, les soins parentaux deviennent parfois un comportement valable.

Par exemple, les femelles de la punaise fouisseuse *Parastrachia japonensis* n'élèvent leurs jeunes que sur les fruits tombés des arbres *Schoepfia*. Elles doivent limiter leur reproduction à la courte période d'abondance de ces fruits. La quantité de nourriture ne permet à la femelle que d'avoir une seule grosse ponte, qu'elle surveille et alimente pendant des semaines. Elle n'a pas d'autres occasions de se reproduire.

La plupart des espèces qui s'occupent de leurs jeunes n'ont qu'une ponte (cette limitation est due aux changements saisonniers, à la rareté des ressources ou à d'autres phénomènes écologiques). Les entomologistes comprennent mieux la disparité des soins

parentaux dans le monde des insectes lorsqu'ils les considèrent en termes de modes reproducteurs (une seule ponte ou plusieurs plus petites). Alors que les soins parentaux sont coûteux et inutiles pour les insectes qui ont la possibilité d'étaler la reproduction dans le temps et dans l'espace, ils peuvent constituer le seul moyen d'assurer la survie de la progéniture de ceux qui vivent dans des conditions plus rudes.

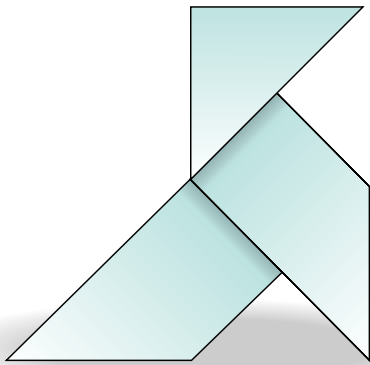
Douglas TALLAMY est professeur d'entomologie à l'Université du Delaware.

Douglas W. TALLAMY, *Insect Parental Care*, in *BioScience*, vol. 34, n° 1, pp. 20-24, janvier 1984.

D.W. TALLAMY et L.A. HORTON, *Costs and Benefits of the Egg-Dumping Alternative in Gargaphia Lace Bugs* (Hemiptera : Tingidae), in *Animal Behavior*, vol. 39, pp. 352-360, février 1990.

T.H. CLUTTON-BROCK, *The Evolution of Parental Care*, Princeton University Press, 1991.

The Evolution of Social Behavior in Insects and Arachnids, sous la direction de Jae C. Choe et Bernard J. Crespi, Cambridge University Press, 1997.



Pliages et origami

IAN STEWART

Les mathématiques jettent un pont entre un art ancien et une technique moderne.

L'origami, c'est-à-dire l'art du pliage de papier, a de nombreuses relations avec les mathématiques. Ce mois-ci, nous examinerons ses contributions à la théorie des pavages et au génie mécanique.

Je me suis intéressé à l'origami grâce à un ingénieur hongrois, Tibor Tarnai, qui a récemment publié un remarquable article sur ce sujet (*Folding of Uniform Plane Tessellations*, in *Origami Science & Art*, sous la direction de Koryo Miura, Otsu, Shiga, Japon). T. Tarnai mentionne que l'un des phénomènes que les ingénieurs s'efforcent de comprendre est celui du flambement des structures : toute structure qui est soumise à des forces excessives se déforme (flambement) ou se rompt. Le flambement de feuilles minces de métal est particulièrement intéressant, car ces structures ont une résistance considérable malgré leur faible masse. La mieux connue est la canette en aluminium pour les boissons, un chef-d'œuvre de production industrielle.

Quand un cylindre de métal est comprimé selon son axe, il reste cylindrique jusqu'à ce que les forces atteignent une valeur critique, la charge de flambement. Puis le cylindre s'écroule soudain. Au cours d'expériences de laboratoire,



Mat Collins

1. La structure de Yoshimura correspond au mode principal de flambement d'un cylindre.

toutefois, on peut limiter la déformation, par exemple en ajustant un cylindre un peu plus petit que celui que l'on teste à l'intérieur de celui-ci. On analyse ainsi les premières étapes de la déformation.

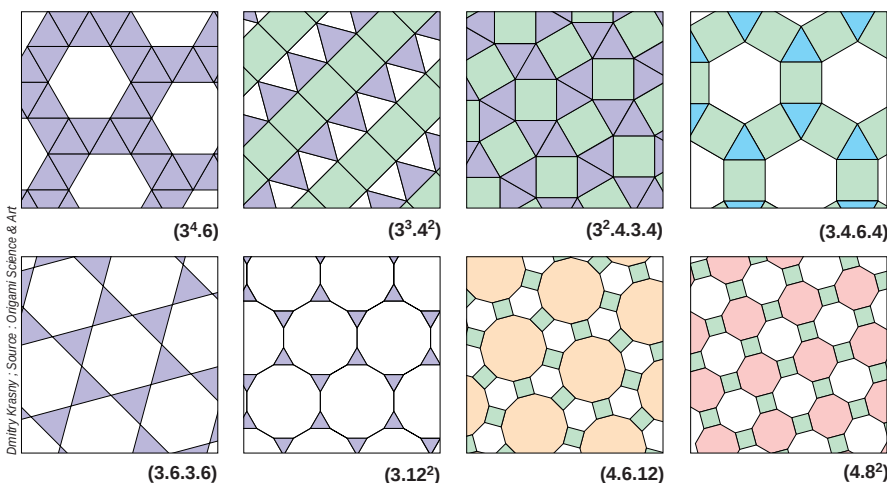
Pour un cylindre métallique, le flambement engendre une superbe struc-

ture symétrique, composée de losanges. Cette structure ressemble beaucoup à celles que l'on obtient en pliant une feuille de papier en triangles et en l'enroulant en cylindre. Le papier se déforme alors comme la feuille de métal.

Le premier type de déformation est nommé structure de Yoshimura (voir la figure 1). On obtient la structure de Yoshimura en pavant le plan à l'aide de triangles isocèles.

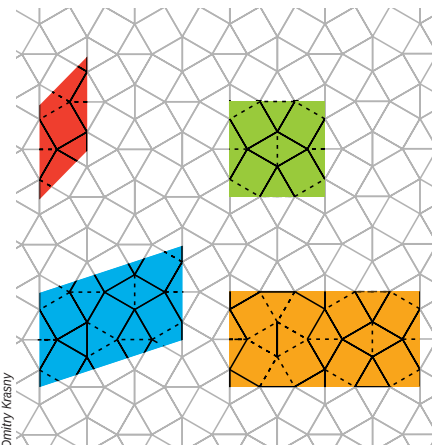
T. Tarnai s'est demandé si d'autres pavages du plan pouvaient être pliés de la même façon. On sait depuis longtemps qu'il existe exactement trois types de pavages réguliers et uniformes. Par «régulier», on entend que les pavés sont tous identiques et qu'ils sont des polygones réguliers. Par «uniforme», on entend que les arrangements des pavés sont identiques à chaque sommet. Les pavages réguliers et uniformes sont ceux qui sont composés de triangles équilatéraux, de carrés ou d'hexagones.

Le mathématicien suisse Ludwig Schläfli a démontré en 1850 qu'il existe, en outre, huit pavages uniformes et «semi-réguliers», où tous les pavés sont des polygones réguliers, mais pas nécessairement tous identiques. On



Dmitry Krasny, Source : Origami Science & Art

2. Les huit types de pavages semi-réguliers.



Dmitry Krasny

3. Diagrammes de pliage du pavage (3^2.4.3.4).