

> fraction de millimètre, la larve mourra (et la chanceuse blatte se remettra alors de la piqûre à son cerveau au bout d'une semaine environ).

La fragilité de la larve constitue un défi pour la mère guêpe, qui doit coller son œuf au bon endroit pour que la future larve survive. Comment la guêpe y parvient-elle? Pour répondre à cette question, j'ai réalisé, à l'aide d'un dispositif approprié (avec un terrier artificiel transparent) placé sur la platine d'un microscope inversé, un enregistrement en gros plan de l'ensemble du processus de ponte.

La vidéo montrait que la guêpe explore de façon très approfondie la patte du cafard avec l'extrémité de son abdomen, avant de pondre l'œuf juste à côté d'un point faible de la carapace de la victime (étant des insectes, les cafards ont un exosquelette solide, mais, tout comme les armures du Moyen Âge, cet exosquelette présente des points faibles au niveau des articulations). En examinant l'extrémité de l'abdomen de la guêpe au moyen d'un microscope électronique à balayage, j'ai remarqué une rangée de minuscules poils. Ceux-ci constituaient-ils les capteurs permettant à la guêpe de trouver le bon endroit où déposer l'œuf?

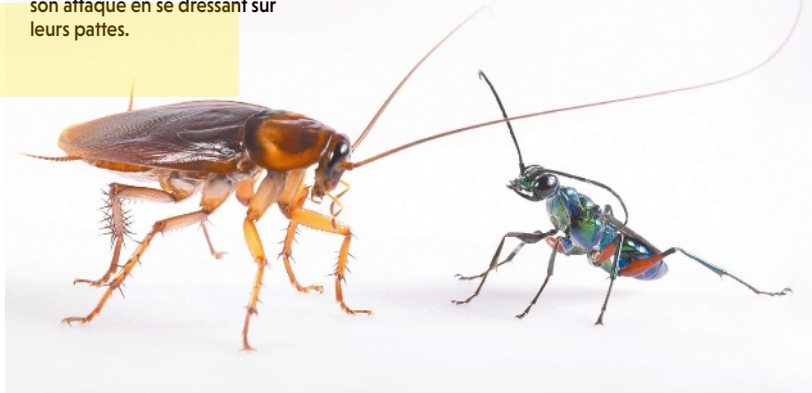
Pour le savoir, j'ai anesthésié des guêpes et coupé ces poils. Il s'agit là d'une opération comiquement délicate que je n'ai pu réaliser qu'en maintenant la guêpe engourdie (qui sera bientôt très énervée) entre deux doigts nus, tout en rasant doucement l'équivalent de ses parties intimes avec un scalpel très tranchant, en obsidienne. Risqué... mais cela a fonctionné, et les résultats ont confirmé mes soupçons: les guêpes glabres avaient du mal à trouver le bon endroit où placer l'œuf. Ces observations ont non seulement révélé le rôle des poils sensoriels de l'extrémité de l'abdomen, elles ont aussi confirmé l'importance cruciale d'un bon placement de l'œuf – une larve qui a éclos au mauvais endroit ne trouve généralement pas le point faible du cafard et meurt.

## DES PIQÛRES SUPPLÉMENTAIRES

En étudiant les poils sensoriels de la guêpe et la survie de sa larve, j'ai découvert un autre élément tout à fait inattendu. Avant de trouver l'endroit idéal pour son œuf, la guêpe étendait l'extrémité de son abdomen et sondait à plusieurs reprises le centre de la blatte, près de la base des pattes médianes. En réaction, la blatte étendait souvent sa patte médiane du côté où se trouvait la guêpe.

Au début, je ne savais pas quoi penser de ce comportement. J'ai finalement décidé d'examiner cela de plus près en augmentant le grossissement de mon microscope. J'ai été stupéfait de voir que la guêpe ne se contentait pas de tâter le dessous de la blatte. Je voyais en effet son dard se déployer sous la cuticule partiellement transparente de la victime. Comment était-ce

Parfois, les blattes se préparent à affronter la guêpe et à parer son attaque en se dressant sur leurs pattes.



## Avant de pondre son œuf, la guêpe pique trois fois le deuxième ganglion thoracique

possible? Tous ceux qui étudient la guêpe émeraude savent qu'elle pique le cafard deux fois, une fois dans le premier ganglion thoracique, ce qui paralyse les pattes antérieures, et une fois dans le cerveau, ce qui fait de la victime un zombie. Peut-être observais-je une guêpe confuse, qui se comportait anormalement?

En approfondissant cette observation, j'ai appris bientôt qu'avant de pondre son œuf, la guêpe femelle administre trois piqûres dans la région centrale du corps du cafard, sous une zone bien précise de sa carapace, le «basisternum». Sous cette structure se trouve le deuxième ganglion thoracique, un autre élément du système nerveux central de la blatte. Ce ganglion abrite les neurones moteurs qui contrôlent la paire de pattes médianes, dont l'une sera choisie par la guêpe comme site de ponte.

Je me suis rendu compte que l'étrange extension de la patte du cafard se produisait quelques secondes après les trois piqûres nouvellement remarquées. Apparemment, ces piqûres forçaient d'une manière ou d'une autre le cafard à bouger sa patte. Serait-ce une étape de plus dans le processus par lequel la guêpe contrôle sa victime?

Cela semblait possible, mais comment savoir si les piqûres visaient réellement le deuxième ganglion thoracique, qui se trouve à l'intérieur du corps du cafard? La même question s'était

posée à propos de la première piqûre de la guêpe dans le premier ganglion thoracique; elle est restée longtemps débattue, jusqu'à ce que Frédéric Libersat résolve finalement l'énigme grâce à une ingénieuse approche. Il a rendu la guêpe, et donc son venin, radioactifs; et il a pu montrer que le premier ganglion thoracique de la blatte présentait de la radioactivité après la piqûre.

J'avoue ne pas être aussi courageux que Frédéric Libersat lorsqu'il s'agit de rendre les guêpes radioactives – ou d'entreprendre toutes les démarches administratives nécessaires pour obtenir l'autorisation de faire une telle chose. Heureusement, pour savoir où la guêpe piquait, il y avait un moyen plus direct. J'ai anesthésié un cafard et découpé une petite fenêtre dans sa cuticule pour que le ganglion soit visible. Puis j'ai augmenté le grossissement de mon microscope et observé la guêpe piquer. Effectivement, son dard visait le ganglion (cette approche ne fonctionnerait pas pour déterminer la cible de la première piqûre, qui survient lors d'une lutte agitée entre la guêpe et la blatte). Qui plus est, le dard ciblait le côté du ganglion contrôlant la patte du même côté que la guêpe – le côté où elle allait plus tard coller son œuf. Il est donc assez clair que le venin de la guêpe, lors de ces piqûres ultérieures, contient un composant qui active les neurones moteurs du second ganglion thoracique et provoque ainsi l'extension de la patte.

Mais en quoi l'extension de la patte du cafard est-elle utile à la guêpe? La réponse est en fait évidente. Lorsque la blatte replie sa patte médiane, la guêpe ne peut pas explorer, avec ses poils sensoriels, la base de la patte et trouver l'endroit idéal pour son œuf, où la larve pourra plus tard se nourrir et se frayer un chemin jusqu'à l'intérieur de la victime. En activant le circuit neuronal qui provoque l'extension de la patte, la guêpe supprime la dernière barrière que le cafard pourrait utiliser pour se défendre.

On ignore comment le venin provoque cette réaction, mais on sait quel neurotransmetteur active probablement les neurones cibles: l'acétylcholine. De nombreuses guêpes ont de l'acétylcholine dans leur venin, et cela suffirait probablement pour activer les neurones moteurs et provoquer l'extension de la patte. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si cette explication est correcte ou si un autre composant du venin est impliqué.

Peut-être comprenez-vous maintenant pourquoi je suis si impressionné par la guêpe émeraude. Elle a acquis le comportement et le venin nécessaires pour cibler successivement trois petits composants du système nerveux du cafard. Chaque piqûre a un effet différent, et chacune permet à la guêpe de soumettre sa victime à sa volonté, laissant finalement le cafard,

habituellement insaisissable et dangereux, en vie et à la merci d'une petite larve fragile.

Tout cela semble désespérant pour la blatte, comme cela a été le cas pour l'équipage du *Nostromo* dans le film *Alien*. Mais le monstre d'*Alien* a rencontré son adversaire dans Ellen Ripley, jouée par Sigourney Weaver. Que se passe-t-il lorsqu'une guêpe rencontre la Ellen Ripley du monde des cafards?

## QUAND LA BLATTE SE DÉFEND

Jusqu'à présent, je vous ai raconté comment une guêpe met une blatte à son service grâce à plusieurs piqûres dans son système nerveux central. Le résultat semble inévitable si le cafard est surpris par la guêpe ou s'il s'enfuit: la guêpe prend facilement le dessus, soit en saisissant immédiatement le cafard, soit en le poursuivant, cet insecte rampant ne pouvant pas échapper à une guêpe volante. Une fois que la guêpe a saisi sa victime avec ses mâchoires, elle administre généralement sa première piqûre en une seconde environ – et vous connaissez la suite.

Mais parfois, les blattes parviennent à se défendre. Vigilantes, elles surveillent et perçoivent avec leurs longues antennes l'approche d'une menace. Lorsqu'elles remarquent une guêpe s'approcher, ces blattes ne courent pas. Elles se préparent au contraire au combat, en se dressant sur leurs longues pattes épineuses. Avec cette posture haute «sur échasses», le cafard soulève son corps, ce qui fait de lui une proie plus difficile et peut-être plus impressionnante. En même temps, ses pattes présentent vers la guêpe des rangées d'épines pointues. Or la prédatrice ne peut pas infliger sa première piqûre tant qu'elle n'a pas saisi le cafard avec ses mâchoires. Les deux ennemis tournent en rond, avançant et reculant à tour de rôle. Souvent, la guêpe s'élance vers le cafard, qui saute et tourne afin d'esquiver les mâchoires de l'attaquante, puis se remet en position défensive.

Mais la véritable surprise pour moi (et probablement pour la guêpe aussi) lors de mes observations, c'étaient les puissants coups de patte donnés par le cafard avec ses épineuses pattes postérieures. Ces coups de patte atteignaient souvent la tête de la guêpe, qui était projetée en l'air et allait heurter l'objet le plus proche. L'attaquante se dépoussiérait invariablement en effectuant un toilettage rapide et reprenait l'attaque, au moins après le premier coup de patte. Mais si la blatte parvenait à lui en infliger plusieurs, la guêpe abandonnait généralement la partie.

Apparemment, pour éviter d'être transformée en zombie et d'être dévorée de l'intérieur par un organisme étranger qui éclatera son corps, la blatte doit adopter la même stratégie que beaucoup de personnages de science-fiction: rester vigilante, ne pas fuir en courant et viser la tête de l'ennemi! ■

## BIBLIOGRAPHIE

K. C. Catania, **Getting the most out of your zombie: Abdominal sensors and neural manipulations help jewel wasps find the roach's weak spot**, *Brain, Behavior and Evolution*, vol. 95, pp. 181-202, 2020.

H. Le Guyader, **Comment une blatte devient zombie**, *Pour la Science*, n° 499, pp. 92-94, mai 2019.

K. C. Catania, **How not to be turned into a zombie**, *Brain, Behavior and Evolution*, vol. 92, pp. 32-46, 2018.

C. Wilcox, **La guêpe émeraude et sa blatte-zombie**, *Pour la Science*, n° 471, pp. 48-53, janvier 2017.

F. Thomas et F. Libersat, **Les parasites manipulateurs**, *Pour la Science*, n° 391, pp. 36-42, mai 2010.

## SUR LE WEB

**Vidéos de K. C. Catania**, 2018 et 2020 :  
<https://bit.ly/3bFJS8b>,  
<https://bit.ly/3nSgk52>

**Vidéo de R. Arvidson et al.**, 2018 :  
<https://bit.ly/39zVaTV>