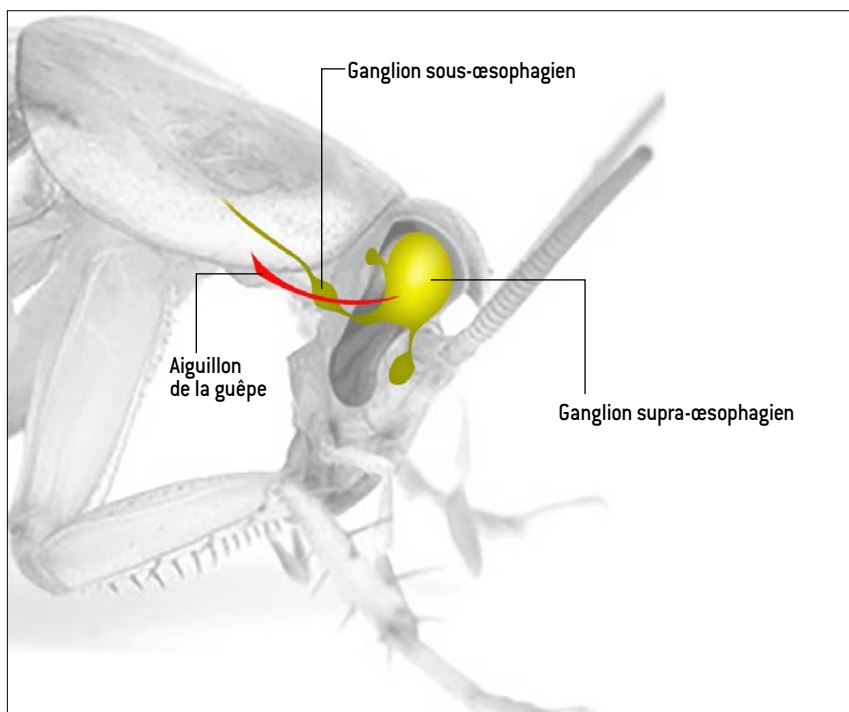


dans le système nerveux des animaux. C'est un neurotransmetteur inhibiteur. Si l'on assimile l'activité neuronale à une fête, alors le GABA est un rabat-joie. En effet, en déclenchant l'ouverture des canaux chlorure, il diminue la capacité d'un neurone à s'activer.

Expliquons comment. Quand les canaux chlorure s'ouvrent, les ions chlorure (Cl^-) peuvent traverser la membrane du neurone. Que se passe-t-il lorsque, de surcroît, un canal sodium (Na^+) s'ouvre, processus qui constitue normalement le début de

C'est ce système d'engourdissement que met en œuvre la guêpe pour soumettre la blatte à sa volonté. Son venin contient du GABA et deux autres composés qui activent aussi les canaux chlorure, la β -alanine et la taurine. Ces dernières agissent également de façon à empêcher l'absorption du GABA par les neurones, ce qui prolonge l'effet inhibiteur.

Si ces composés du venin sont capables d'inhiber l'activité cérébrale qui ferait fuir la blatte, ils ne peuvent pas se diriger d'eux-mêmes vers les parties appropriées des ganglions cérébraux. Aussi la guêpe doit-elle les injecter directement au bon endroit. Heureusement pour elle, grâce à une opportune bizarrerie de la nature, le venin qui zombifie le cerveau de la blatte produit aussi la paralysie temporaire nécessaire à la préparation de l'injection dans la tête. En effet, le GABA, la β -alanine et la taurine inactivent aussi temporairement les neurones moteurs. Par conséquent, la guêpe n'a besoin que d'un seul venin pour réaliser deux tâches très différentes.



D'après F. Libersat et R. Gal, *Journal of Experimental Biology*, vol. 216, pp. 47-55, 2013

Une proie devenue calme et passive, au métabolisme ralenti

Sa proie étant désormais calme et passive, la guêpe peut refaire son plein d'énergie en brisant les antennes de la blatte et en aspirant par les extrémités coupées un peu d'hémolymphe, le liquide nutritif qui baigne le corps de l'insecte (une sorte de sang, mais qui ne transporte pas d'oxygène). Puis elle conduit sa victime jusqu'à sa dernière demeure en utilisant ce qu'il reste d'une antenne, à la façon d'un cavalier qui guide son cheval avec ses rênes. Une fois à l'intérieur de son terrier, elle fixe un œuf à la base d'une patte de la blatte, puis ferme le terrier à l'aide de petits objets ou débris (feuilles, petits cailloux...).

Comme si cette manipulation cérébrale n'était pas suffisamment cruelle, le venin de la guêpe produit un autre effet sur la blatte : il ralentit son métabolisme. La blatte vivra ainsi suffisamment longtemps pour être dévorée encore fraîche et pleine de nutriments.

Une façon de mesurer le métabolisme est d'évaluer la quantité d'oxygène consommée au cours du temps, puisque tous les animaux brûlent de l'oxygène pour

Précision chirurgicale

Lorsqu'elle pique une seconde fois sa blatte, la guêpe émeraude vise deux régions précises dans la tête de l'insecte : le ganglion cérébral supra-œsophagien et le ganglion sous-œsophagien. C'est cette seconde piqure qui transforme la blatte en un insecte mort-vivant.

la cascade de réactions formant l'activation neuronale ? Comme les ions négatifs tendent à accompagner des ions positifs, les ions chlorure traversent la membrane cellulaire à la même vitesse, ou presque, que les ions sodium. Ainsi, lorsque les canaux chlorure sont ouverts, même si un neurone reçoit l'ordre de s'activer, le potentiel d'action est stoppé net.

Le GABA n'est cependant pas un inhibiteur total. Les canaux chlorure ne compensent pas entièrement l'effet des canaux sodium, de sorte qu'un stimulus puissant peut surmonter l'effet inhibiteur.

produire de l'énergie à partir des aliments ou des réserves de graisse. Les scientifiques ont découvert que la consommation d'oxygène par des blattes ayant été piquées est beaucoup plus faible que celle de leurs congénères en bonne santé. Ils pensaient initialement que ce métabolisme réduit était la conséquence de la faible mobilité des victimes. Toutefois, ils ont constaté que quand on provoque une paralysie de la blatte à l'aide de substances chimiques ou en sectionnant des neurones, l'insecte vit moins longtemps qu'une blatte envenimée par la guêpe émeraude.

La clé de cette survie prolongée semble être l'hydratation. On ne sait pas exactement comment le venin agit pour que la blatte garde son eau et reste hydratée, mais il fait en sorte que quand la larve de guêpe éclôt de son œuf, son repas soit prêt à être consommé. Cette larve commence par sucer l'hémolymph de l'insecte puis, quelques jours après, s'introduit dans l'abdomen pour le dévorer, avant de se métamorphoser en pupa. Environ un mois après, une nouvelle guêpe émerge du terrier, laissant derrière elle la carcasse de la blatte.

Le venin de la guêpe émeraude n'est qu'un exemple, poussé à l'extrême, de venin neurotoxique. On connaît plus de 130 espèces dans le genre auquel appartient la guêpe *Ampulex compressa*. Le genre *Ampulex* lui-même appartient à un groupe très vaste et très divers de guêpes, qui compte des dizaines de milliers d'espèces (et peut-être des centaines de milliers ou plus, selon certains spécialistes), connues pour l'effet manipulateur de leur venin. Toutes ont un cycle de vie macabre : au stade adulte, elles se nourrissent comme les autres guêpes et abeilles, mais au stade larvaire, elles se nourrissent d'autres animaux. Elles ne sont ni tout à fait indépendantes ni tout à fait parasites – ce sont des « parasitoïdes ».

Un grand nombre d'espèces manipulatrices

Les blattes ne sont pas leurs seules cibles ; il existe des guêpes parasitoïdes qui déposent leurs œufs sur ou dans des araignées, des chenilles, des fourmis.

La guêpe *Agriotypus*, qui vit dans l'hémisphère Nord tempéré, plonge sous l'eau pour fixer ses œufs sur des larves de phryganes (ou trichoptères, des insectes ressemblant à des papillons de nuit) et peut

rester immergée jusqu'à une quinzaine de minutes pour accomplir sa tâche.

Les guêpes *Lasiochalcidia* d'Europe et d'Afrique se jettent courageusement dans les mandibules cauchemardesques d'un fourmilion, les écartent et déposent leurs œufs dans sa gorge.

Il existe même des guêpes dites hyperparasitoïdes qui parasitent d'autres guêpes semblables à elles, à l'instar des espèces euro-asiatiques du genre *Lysibia* : celles-ci

Il existe des guêpes dites hyperparasitoïdes qui parasitent d'autres guêpes parasitoïdes

détectent des chenilles parasitées par des guêpes parasitoïdes du genre *Cotesia* et déposent leurs œufs dans des larves de guêpe qui viennent juste de se métamorphoser en pupes. Dans certains cas, de multiples espèces de guêpes se parasitent l'une l'autre, conduisant à une poupée russe d'interactions parasites.

Et pour assurer la sécurité de leur passage de l'état larvaire à l'âge adulte, ces guêpes obtiennent de leur hôte souvent davantage qu'un simple repas. Ainsi, une espèce transforme ses chenilles-hôtes en gardes du corps morts-vivants qui vont défendre de jeunes guêpes métamorphosées en pupes et venant de se nourrir de leur corps. Une larve d'une autre espèce force son araignée-hôte à tisser une toile qui protégera son cocon, juste avant de tuer l'araignée.

Tandis que les guêpes de cette famille peu ordinaire ont poussé à la perfection l'art du contrôle cérébral, il existe d'autres animaux venimeux dont les toxines modifient les états mentaux. Il existe même des espèces dont les composés neurotoxiques traversent notre propre barrière hématoencéphalique, un exploit qu'aucun venin de guêpe n'accomplit. Mais contrairement aux blattes, nous autres *Homo sapiens* avons une étrange affinité pour les substances qui perturbent notre cerveau. Alors que les blattes fuient celles qui cherchent à leur détraquer le cerveau, certaines personnes sont disposées à payer plusieurs centaines d'euros pour une dose de produit qui leur fera connaître une expérience similaire. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

M. Kaiser et F. Libersat, **The role of cerebral ganglia in the venom-induced behavioral manipulation of cockroaches stung in the parasitoid jewel wasp**, *Journal of Experimental Biology*, vol. 218(7), pp. 1022-1027, 2015.

F. Libersat et R. Gal, **What can parasitoid wasps teach us about decision-making in insects**, *Journal of Experimental Biology*, vol. 216, pp. 47-55, 2013.

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

R. Gal et F. Libersat, **A wasp manipulates neuronal activity in the sub-esophageal ganglion to decrease the drive for walking in its cockroach prey**, *PLoS One*, vol. 5(4), article e10019, 2010.