

Alerter ses congénères, une action toujours altruiste ?

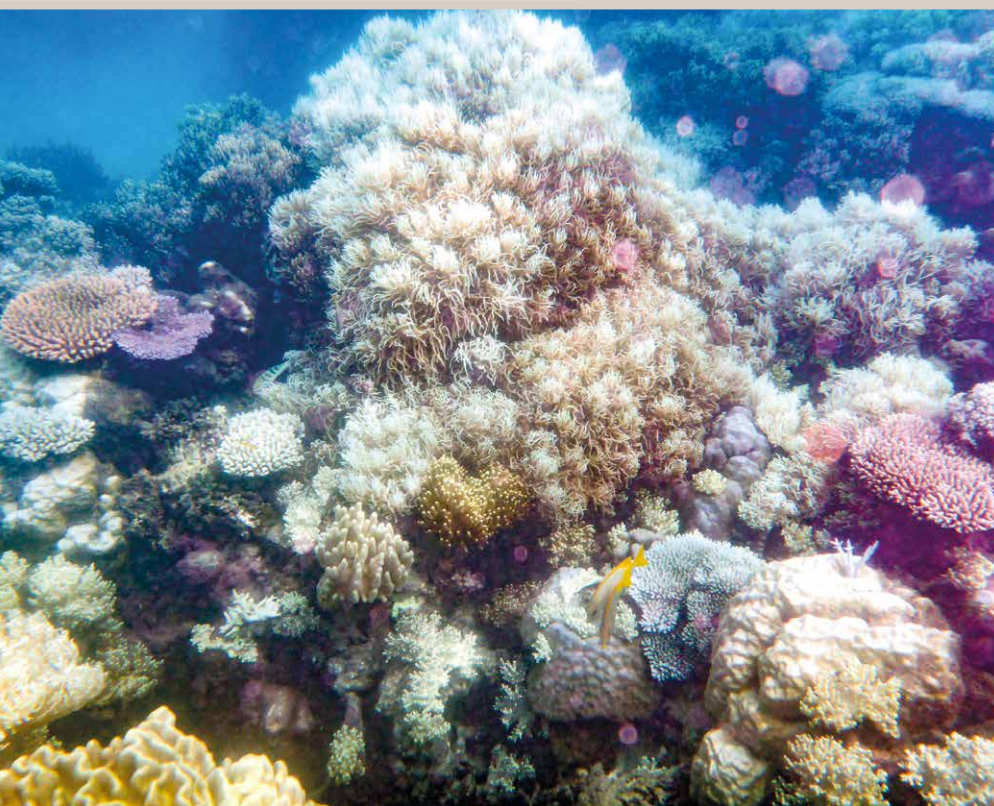


CURIOSITÉS MARINES

Denis Allemand,
directeur scientifique
du Centre scientifique
de Monaco

L'habitat naturel du poisson demoiselle
(ou demoiselle citron, *Pomacentrus
moluccensis*) : les récifs de corail de la
Grande Barrière, au nord-est de l'Australie
(cliché G. Tolun/CC).

Dans les albums d'Astérix et Obélix, c'est Baba, la vigie du "redoutable" bateau pirate mené par Barbe Rouge qui prévient l'équipage de l'approche des terribles Gaulois : « *Les Gau... les Gaugau... les Gaulois!!* », avant que son bateau ne soit réduit en planches... Un signal d'alarme qui ne semble donc pas servir à grand-chose. Dans le monde vivant, la fonction première du signal d'alarme est de prévenir ses congénères d'un danger, augmenter leur chance de survie en leur donnant l'opportunité de s'enfuir plus rapidement qu'ils ne l'auraient fait sans cet avertissement. Le guetteur qui émet ce signal est cependant plus exposé au danger que les autres membres du groupe et ne semble donc pas en retirer de bénéfice direct. On peut donc se poser la question suivante : est-ce que ce signal est aussi utile à l'émetteur ? C'est pour répondre à cette question que le chercheur australien Mark McCormik, de l'université James Cook et sa chercheuse postdoctorante d'alors, Oona Lönnstedt, ont élaboré un plan expérimental utilisant le poisson demoiselle (*Pomacentrus moluccensis*) et l'un de ses prédateurs, le *Pseudochromis fuscus*, ou poisson serran.



Cri d'alarme chimique

Afin d'alerter ses congénères, un individu agressé – ou en passe de l'être – peut émettre un son, comme Baba du haut de son mât, ou bien libérer une phéromone*, comme le font de nombreux insectes. Pourquoi ce comportement qui ne profite apparemment qu'aux autres a-t-il été conservé au cours de l'évolution ? Chez les "poissons", comme chez beaucoup d'animaux, l'émission du signal est le plus souvent involontaire et seulement consécutive aux dommages mécaniques infligés par la morsure d'un prédateur. Dans ce cas, l'émission du signal d'alarme ne se produit qu'après la capture de la proie par le prédateur, il paraît donc difficile de voir l'avantage direct pour l'émetteur qui a déjà été à moitié englouti ! Ce mécanisme de libération dans l'eau d'un signal a été mis en évidence pour la première fois en 1938 chez une espèce de poisson d'eau douce, le vairon, par l'éthologue autrichien Karl von Frisch (1886-1982), prix Nobel de physiologie ou de médecine en 1973. Ce signal d'alarme – mais ne devrait-on pas plutôt parler de signal de détresse, dans ce cas ? – est libéré

* **Phéromone** : substance chimique qui, émise à dose infime par un animal dans le milieu extérieur, provoque chez un congénère des réactions comportementales spécifiques.

L'éthologue autrichien Karl von Frisch (1886-1982), père du concept de *Schreckstoff*. Il est plus connu pour ses nombreux travaux sur le comportement des abeilles.



dans l'eau lors d'une morsure infligée par le prédateur. Il s'agit d'un signal chimique, encore mal caractérisé, que von Frisch a appelé *Schreckstoff*, ce qui signifie "substance effrayante". Trois principales hypothèses ont été proposées pour expliquer la maintenance au cours de l'évolution du *Schreckstoff*. La première hypothèse invoque la théorie de la "sélection de parentèle", qui suggère que la libération de signaux chimiques d'alarme augmente la probabilité que les individus apparentés, possédant un ensemble de gènes en commun, évitent la prédation. Ce caractère se maintiendrait alors dans les populations malgré le fait qu'il n'offre aucun avantage à l'individu seul.

Un rôle immunitaire ?

La seconde hypothèse suggère que ces molécules chimiques pourraient avoir comme fonction primaire un rôle antibactérien. En effet, la production de ces substances est également stimulée par l'exposition à divers pathogènes (champignons, parasites, etc.) et à l'exposition aux rayonnements ultraviolets. Cette production, induite par des pathogènes ou lors de blessures, aurait ainsi en premier lieu une fonction immunitaire : protéger l'animal contre une infection. Dans cette hypothèse, les molécules chimiques sécrétées ont un rôle direct pour l'émetteur puisqu'elles le protègent d'une infection, et sa fonction de communication vis-à-vis de ses congénères serait une fonction dérivée.

Semer le désordre pour mieux fuir

La troisième hypothèse suggère, quant à elle, que la libération de ce signal attire des prédateurs supplémentaires qui interféreront avec l'évènement initial de prédation, augmentant la probabilité que la proie s'échappe et survive à l'attaque. C'est l'hypothèse de "l'attraction des prédateurs". Si un certain nombre d'études se sont attelées à démontrer que le signal de détresse attirait bien d'autres prédateurs, on n'était pas encore sûr que ce mécanisme favorisait aussi la survie de l'émetteur. Mark McCormik et Oona Lönnstedt ont décidé de tester l'hypothèse, un

peu contreintuitive, selon laquelle l'agrégation de prédateurs serait bénéfique pour l'émetteur du signal. On aurait en effet plutôt tendance à penser que la présence d'un plus grand nombre de prédateurs augmenterait le danger pour la proie. Dans ce but, les deux chercheurs ont mis sur pied des expériences à la fois en milieu naturel et en laboratoire avec un couple proie-prédateur constitué, dans le rôle de la proie, par le poisson demoiselle (*Pomacentrus moluccensis*) et, dans celui du prédateur, par le poisson serran (*Pseudochromis fuscus*). Dans une première série d'expériences réalisées en milieu naturel, à Lizard Island, une île sur la Grande Barrière de corail (État du Queensland, nord-est de l'Australie), les auteurs ont injecté, dans le territoire des poissons serrans, de l'eau de mer dans laquelle la peau d'un poisson demoiselle avait été dilacérée au scalpel afin de libérer le signal chimique de détresse. En guise de contrôle, les mêmes expériences étaient conduites avec

de l'eau de mer normale, qui n'avait pas été en contact avec des peaux endommagées de poisson demoiselle. L'injection d'eau de mer contaminée par le signal d'alarme chimique a immédiatement stimulé l'activité des poissons serrans déjà présents, et a également attiré d'autres prédateurs, appelés "prédateurs secondaires". Les prédateurs, primaires comme secondaires, se sont également montrés plus agressifs les uns envers les autres. L'injection d'eau de mer normale n'a induit aucun de ces comportements. Mais si les travaux dans le milieu naturel sont indispensables pour identifier un comportement, les études en laboratoire sont incontournables pour le caractériser plus en détail en permettant par exemple de ne faire évoluer qu'un seul paramètre, donc en réduisant les nombreuses variables du milieu naturel, et en facilitant l'expérimentation par un meilleur contrôle des conditions. Les auteurs ont donc réalisé des expériences en laboratoire dans la station de recherche de Lizard

Island. Trois types d'expériences ont été menés : avec le prédateur seul en présence de sa proie ; en présence d'un second prédateur invisible au premier ; en présence d'un second prédateur, cette fois-ci visible par le prédateur primaire. La proie, quant à elle, était maintenue dans un compartiment transparent situé dans l'aquarium du prédateur primaire, avant d'être éventuellement libérée. Les résultats ont été étonnants : lorsque le prédateur primaire était seul, ou inconscient de la présence du second prédateur, il n'a cherché à attaquer sa proie que quelquefois avant de vite abandonner. En revanche, lorsque le prédateur primaire était conscient de la présence d'un second prédateur, il a continuellement frappé le compartiment où était maintenue la proie. Il était également plus agressif et s'orientait loin du compartiment du prédateur secondaire, ce qui suggère que le signal d'alarme augmente l'agressivité des prédateurs entre eux. Dans dix-neuf des vingt essais, le prédateur

La proie, *Pomacentrus moluccensis*...



... et son prédateur, *Pseudochromis fuscus* (clichés R. Zerpe/CC).



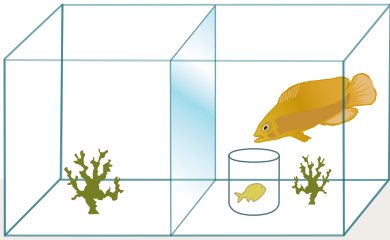
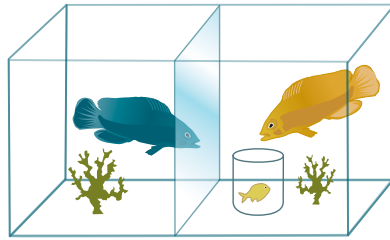


Schéma du dispositif expérimental. À gauche, un seul prédateur (*de facto* le "prédateur primaire") est présent. Au milieu, un prédateur "secondaire" est présent, isolé du prédateur primaire par une vitre, mais visible par ce dernier. À droite, un prédateur secondaire est présent, mais celui-ci n'est pas visible aux yeux du prédateur primaire. Dans tous les cas, la proie est maintenue isolée dans un petit bocal immergé dans l'aquarium, avant d'être libérée (infographie A. Rafaelian, reprise de Lönnstedt et McCormick, 2015).

primaire, lorsqu'il était seul, a attrapé et consommé les proies après leur libération. Lorsque le prédateur primaire était conscient de la présence du prédateur secondaire, les proies avaient beaucoup plus de chance de s'échapper (dans huit essais sur vingt).

Lorsque les deux prédateurs étaient dans le même compartiment, le prédateur secondaire utilisait l'élément de surprise pour tenter de voler les proies capturées par le prédateur primaire: cette compétition permettait aux demoiselles de s'échapper en raison de la gêne occasionnée par le second prédateur sur le premier. M. McCormick a tiré, dans une interview, les conclusions suivantes de son étude cosignée avec O. Lönnstedt: « [Alors qu'intuitivement] *plus de chasseurs devrait signifier plus de difficultés* [pour la proie], nous avons découvert que les prédateurs supplémentaires interfèrent avec l'événement initial de prédation, offrant ainsi

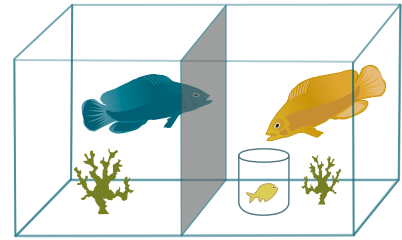


à la proie une plus grande chance de s'échapper. [...] *Un poisson demoiselle pourchassé et blessé par un prédateur n'a quasiment aucune chance d'échapper à son destin. Cependant, quand un autre prédateur arrive sur le site de capture, la proie va réussir à s'échapper dans 40 % des cas.* » Autrement dit, ces résultats montrent que les chances pour le poisson demoiselle d'échapper à son prédateur augmentent en présence de prédateurs secondaires.

Un surprenant tour de passe-passe évolutif

Ces résultats suggèrent fortement que l'émission d'un signal d'alarme n'est pas qu'un comportement altruiste, mais bénéficie directement à la proie émettrice en améliorant sensiblement ses chances de survie. Le schéma évolutif proposé par les auteurs suggère que la fonction primaire de ce signal ait été immunitaire afin de protéger l'animal d'une infection, après avoir été blessé par un prédateur ou infesté par des parasites. Cette substance de détresse n'aurait que secondairement acquis un nouveau rôle écologique en tant que signal d'alarme, un mécanisme appelé *exaptation* par le célèbre biologiste Stephen Jay Gould et sa collègue, Elisabeth Vrba.

Comme on peut le voir, ce travail va bien au-delà d'une "simple" étude d'écologie comportementale. Il



souligne le rôle complexe que jouent les signaux chimiques dans les interactions interspécifiques en milieu marin... un domaine encore largement inexploré! ■

Retrouvez d'autres chroniques et de nombreuses informations sur www.centrescientifique.mc

POUR EN SAVOIR PLUS

- Chivers D. P. et al., 2007 – "Epidermal 'alarm substance' cells of fishes maintained by non-alarm functions: possible defence against pathogens, parasites and UVB radiation", *Proceedings of the Royal Society B*, 274(1625), p. 2611-2619 [Doi: 10.1098/rspb.2007.0709].
- Gould S. J. et Vrba E. S., 1982 – "Exaptation – a missing term in the science of form", *Paleobiology*, 8(1), p. 4-15 [Doi: 10.1017/S0094837300004310].
- Lönnstedt O. M. et McCormick M. I., 2015 – "Damsel in distress: captured damselfish prey emit chemical cues that attract secondary predators and improve escape chances", *Proceedings of the Royal Society B*, 282(1818), 20152038 [Doi: 10.1098/rspb.2015.2038].
- Mathis A., Chivers D. P. et Smith R. J. F., 1995 – "Chemical alarm signals: predator deterrents or predator attractants?", *The American Naturalist*, 145(6), p. 994-1005 [Doi: 10.1086/285780].
- Pandey S. et al., 2021 – "Epidermal club cells in fishes: a case for ecoimmunological analysis", *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1440 [Doi: 10.3390/ijms22031440].
- Smith R. J. F., 1992 – "Alarm signals in fishes", *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2, p. 33-63.