



Collaborateur scientifique du Fonds national de la recherche scientifique en Belgique (FNRS), Eric Parmentier, 36 ans, travaille au sein du Laboratoire de morphologie fonctionnelle et évolutive de l'Université de Liège. Il se dit interpellé par la nature et son fonctionnement, et motivé par le défi scientifique permanent qui consiste à se mesurer aux questions qu'il se pose. Il a d'abord centré ses recherches sur les Carapidae carapus, poissons dont la singularité réside dans leur capacité de pénétrer et de séjourner dans des invertébrés.

Les Carapidae carapus, auxquels il consacre encore une partie de ses travaux, produisent du son. C'est pourquoi, dans un but de comparaison, Eric Parmentier s'est intéressé aux poissons-clowns. En effet, ces frères de Nemo émettent des sons, eux aussi, et vivent par couples en symbiose avec un invertébré, une anémone de mer. En mai 2007, Eric Parmentier bénéficia d'une première publication dans la revue *Science* pour avoir élucidé le mécanisme de production sonore chez le poisson-clown de Clark.

Les poissons émettent des sons dans un but de communication. Deux des principaux mécanismes présidant à la production de leurs messages sonores étaient relativement bien connus: le premier implique les dents pharyngiennes, le second, la vessie natatoire. Pour la première fois, cependant, a été décelée, chez le poisson-clown, une communication sonore par voie buccale. De sorte que, en maniant l'analogie, on pourrait avancer que ces poissons de la famille des Pomacentridae (350 espèces) "parlent". Cette découverte, qui fut relayée récemment par le magazine américain *Science*, a été réalisée par une équipe du Laboratoire de morphologie fonctionnelle et évolutive de l'Université de Liège (ULg), en association avec des chercheurs américains et d'autres de l'Université d'Anvers. Dès les années 30, la littérature scientifique fait état de la capacité du poisson-clown à émettre des sons. L'originalité du travail de l'équipe de l'ULg, conduite par Eric Parmentier, collaborateur scientifique du FNRS, est précisément d'avoir réussi à démontrer le mécanisme de production sonore chez une des vingt-sept espèces de poissons-clowns: le poisson-clown de Clark (*Amphiprion clarkii*).

Eric Parmentier, biologiste

"Chez le poisson-clown, chaque séquence de sons suggère un code-barre"

Interview: Philippe LAMBERT

Les poissons communiquent entre eux de différentes manières. Depuis Aristote, on sait qu'ils émettent des sons. Quels sont les soubassements de cette production sonore?

Contrairement à ce qu'on observe chez les autres vertébrés, les mécanismes mis en jeu se caractérisent par leur diversité. Ils sont de trois grands types.

Le premier consiste en la production de sons dits de stridulation. Ceux-ci résultent de la friction de deux parties dures du corps. Par exemple, le frottement de l'articulation de la nageoire pectorale sur la ceinture scapulaire ou celui des dents pharyngiennes les unes contre les autres. Les poissons possèdent en effet des dents buccales, dont le rôle principal est la préhension de la nourriture, et des dents pharyngiennes, situées au niveau des branchies. Chez certaines espèces, elles servent à mastiquer les aliments; chez d'autres, elles sont assimilables à un tapis roulant qui entraînerait la nourriture dans l'œsophage.

La deuxième catégorie de mécanismes producteurs de sons implique la vessie natatoire, qui, gonflée d'air, permet au poisson, plus lourd que l'eau en raison de la densité de son squelette, de se maintenir entre deux eaux en économisant son énergie. Mais elle est également utilisée par diverses espèces pour générer du son. Un cas bien connu est celui de l'anguille, qui rote en période de reproduction afin d'attirer les femelles. Le pois-

son contracte les muscles situés au niveau de la cavité abdominale et l'air, véhiculé dans l'œsophage par un petit canal pneumatique, est expulsé vers l'extérieur par la bouche.

Chez le hareng, par contre, l'expulsion de l'air se fait par l'anus. L'équipe de Wilson, de la *University of British Columbia*, a montré qu'il s'agissait bien d'un acte de communication et non d'une tendance prononcée à la flatulence. D'une part, quel que soit le type de nourriture qui lui est délivré dans son aquarium, le hareng continue à péter de la même façon. D'autre part, plus les poissons sont nombreux, plus chacun d'eux émet de sons par ce canal. Bref, un facteur social conditionne leur production sonore.

La littérature décrit également un second mécanisme mettant à contribution des muscles qui entourent entièrement la vessie natatoire...

Oui, leurs contractions provoquent des variations de pression dans l'organe, lesquelles sont à l'origine du son produit. Toutefois, la vessie n'a pas de capacité de résonance. Aussi a-t-on pu établir que la fréquence principale d'émission du son correspondait à la fréquence de contraction du muscle, soit 300 à 500 hertz chez le poisson-crapaud (*Opsanus tau*)! Cette singularité attise l'intérêt des physiologistes, car elle nécessite une série d'adaptations tant au niveau neurologique qu'au niveau de la morphologie des muscles concernés – fibres d'actine et de myosine, organi-

sation même de la cellule musculaire, etc. On ne connaît pas dans le règne animal de muscle qui se contracte plus vite que ceux-là. A l'inverse, notre laboratoire a découvert que l'aurin (*Carapidae*) émettait, par le biais d'un mécanisme complexe, des sons à partir de contractions lentes (fréquence de 1 à 5 hertz) des muscles en relation avec la vessie natatoire.

Vous avez élucidé, chez le poisson-clown, un autre mode de production sonore?

Absolument. L'originalité de notre travail est d'avoir démonté un tel mécanisme, en l'occurrence chez une des vingt-sept espèces de poissons-clowns: le poisson-clown de Clark. Cette fois, ce sont les dents buccales et non les dents pharyngiennes qui occupent le devant de la scène.

Lorsque le poisson "jette" la tête en arrière, l'inertie entraîne l'ouverture de la bouche et, simultanément, un abaissement de la langue (ndlr : la langue des poissons est osseuse et se termine par la "corbeille branchiale" qui porte les branchies). Or cette dernière est reliée à la mâchoire inférieure par deux ligaments. Aussi, au-delà d'un certain point, leur extension provoque la fermeture très rapide (moins de 10 millisecondes) de la bouche, induisant ainsi un claquement des mâchoires. Le choc des dents est à l'origine du son. Nous savons donc maintenant par quel processus celui-ci est initié, mais nous ignorons encore comment il est amplifié. Peut-être le mouvement

des mâchoires engendre-t-il des vibrations dans les ligaments? Ou, autre éventualité, l'amplification se réalise-t-elle au niveau de la vessie natatoire? Voilà qui sera au centre de prochaines recherches.

Quel fut le support méthodologique de vos travaux?

Nous avons filmé avec une caméra à haute vitesse (500 images par seconde) des poissons produisant des sons lors de la défense de leur territoire. Ensuite, nous avons passé au ralenti les images ainsi récoltées et analysé les mouvements de l'animal. Cela nous a permis de comprendre que nous devions focaliser nos recherches sur la tête. Étape suivante: nous avons inséré de petites billes de plomb dans plusieurs éléments osseux du crâne. Les poissons ont alors été de nouveau filmés à l'aide d'une caméra rapide, mais couplée cette fois à un appareil à rayons X du même type que ceux utilisés dans les hôpitaux pour observer le squelette. De la sorte, nous avons pu suivre le déplacement des structures osseuses, les billes de plomb bloquant les rayons X et, de ce fait, apparaissant en blanc sur le film. C'est l'analyse de ces données qui nous dévoila le mécanisme présidant à la production du son chez le poisson-clown.

Néanmoins, les résultats obtenus nécessitaient confirmation. Aussi avons-nous entrepris deux expériences complémentaires. *Primo*, nous avons montré qu'un poisson dont les ligaments reliant la mâchoire inférieure à la langue ont été sectionnés devient muet. *Se-*

cundo, si l'on coupe les dents d'un individu, il se met à produire ensuite un autre type de sons. Les interventions nécessaires ont évidemment été pratiquées sous anesthésie.

Le son que vous avez décrit dans vos études est typiquement lié à la défense d'un territoire contre un intrus?

Oui. Le groupe des poissons-clowns rassemble vingt-sept espèces vivant dans l'océan Indo-Pacifique, où ils font partie du paysage des récifs coralliens. Ils ont développé un mode de vie assez singulier. D'une part, la "cellule familiale" est assez originale, puisqu'elle se compose d'une femelle dominante et de son conjoint, plus petit et moins volumineux. Autour du couple gravite une série de mâles satellites de plus petite taille encore. En cas de décès de la femelle, le mâle dominant se métamorphose en femelle par un mécanisme que notre équipe va s'atteler à élucider avec l'aide des chercheurs de l'Aquarium de La Rochelle et de l'Université de Girona, en Espagne. La "nouvelle femelle" choisit ensuite, parmi les mâles satellites, celui qui deviendra le mâle fonctionnel du couple.

Chaque couple de poissons-clowns vit en outre en symbiose avec une anémone de mer, dont les tentacules lui servent de refuge. En effet, contrairement à ses prédateurs, le poisson-clown ne souffre pas des attaques urticantes de celles-ci. Toutefois, on observe des variations entre les espèces. Par exemple, le poisson-clown de Clark est capable de vivre dans une dizaine d'espèces d'anémones de

mer, tandis que d'autres, tel *Amphiprion frenatus*, ne peuvent trouver asile que dans une seule d'entre elles.

Que se passe-t-il quand un intrus ou une intruse fait mine de s'intéresser à l'anémone occupée par un couple? L'importun est d'abord menacé par des coups sourds et isolés. Si ce premier avertissement ne suffit pas, les sons seront alors émis en rafales cadencées de quatre à dix coups. Il s'agit de véritables sommations et la désobéissance aux ordres d'évacuation sera sanctionnée par des morsures aux nageoires ou des coups de museau.

Si l'intrus est une femelle de la même espèce, le couple délèguera la femelle pour intervenir, le mâle restant confiné dans l'anémone; si l'intrus est un mâle, on observera une inversion des rôles. Et s'il s'agit d'une autre espèce, c'est généralement la femelle qui intervient. Par ailleurs, nos enregistrements révèlent que lorsque le poisson-clown "monte au créneau", il émet des rafales de sons avec ses dents buccales, mais que lorsqu'il revient ensuite vers l'anémone, il produit un autre son, sans doute avec ses dents pharyngiennes, dont la fonction est apparemment de rassurer l'autre membre du couple.

Les poissons-clowns émettent des sons de natures différentes. A-t-on pu "décrypter" les types de messages correspondants?

Les sons des poissons-clowns peuvent revêtir plusieurs formes caractérisées par des variations dans les fréquences, les longueurs d'émission ou encore le nombre de répétitions d'une même impulsion. On sait entre autres que, dans une espèce, les sons permettent une identification du sexe et de la taille du poisson émetteur. Plus l'individu est gros, plus sa fréquence d'émission sera basse. Chez certaines espèces de *Gadidae*, famille qui inclut les morues, aiglefin, merlans et lieus noirs, l'appariement entre un mâle et une femelle ne se réalise d'ailleurs qu'au sein de classes de tailles, les petits copulant avec les petits, les grands avec les grands. Les sons produits permettraient à chacun de s'orienter vers un partenaire à sa mesure.

La littérature a décrit plusieurs sons différents produits par les poissons-clowns et a associé une signification à chacun d'eux. Ces résultats semblent sujets à caution et méritent d'être revisités, ce à quoi s'emploie actuellement un membre de mon équipe, Orphal Colleye. Que peut-on avancer? Que chez la majorité des espèces, poissons-clowns ou autres, la plupart des sons de communication ont trait à la défense d'un territoire et à la recherche d'un partenaire sexuel. Outre les coups de semonce destinés à écarter un intrus, le poisson-clown, nous revenons à lui, émet d'autres sons en période amoureuse lors de la préparation du lieu de ponte, lequel est



Les couples de poissons-clowns vivent en symbiose avec une anémone de mer. Ici, au large de Moorea, en Polynésie française, un *Amphiprion chrysopterus*.

généralement un morceau de corail ou de pierre nettoyé par le couple. Entre le mâle et la femelle, de brèves séquences de sons plus aigus sont également échangées. Elles rappellent certains sons de canards et serviraient à renforcer la cohésion du couple.

Existe-t-il une grande différence de raffinement entre les sons produits par les poissons et ceux émis par les mammifères marins?

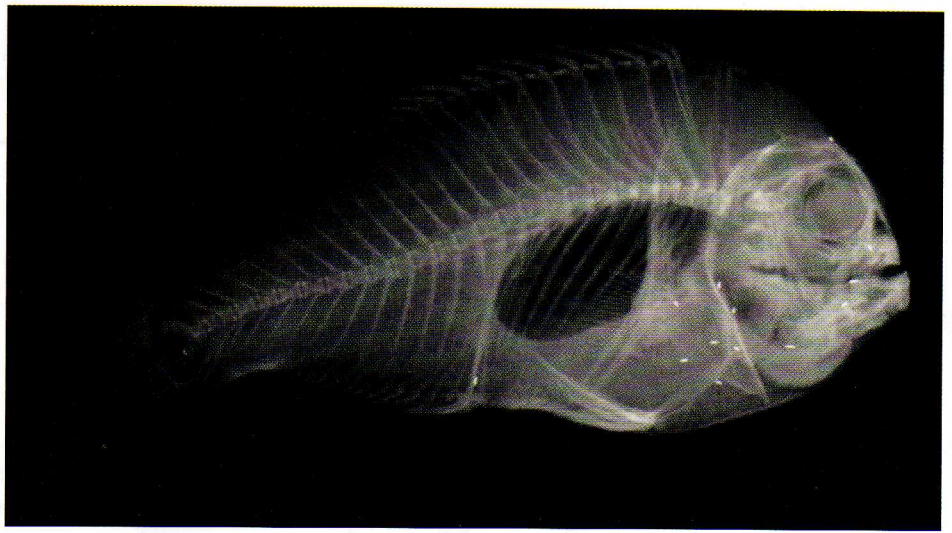
Sans conteste. Si les sons se révèlent assez rudimentaires chez les poissons – on ne peut d'ailleurs pas parler de chant –, ils sont beaucoup plus élaborés chez les mammifères marins comme les dauphins ou les baleines. David Mann, de la *University of South Florida*, aux Etats-Unis, suit actuellement 147 spécimens de dauphins à travers leurs audiogrammes. Il a pu montrer qu'il est possible non seulement d'identifier chaque individu émetteur sur la base de sa signature sonore, mais aussi d'établir de la même manière les liens de parenté au sein de la colonie, principalement entre mère et enfant.

De surcroît, comme le met en lumière l'analyse des bandes sonores de différentes époques, le son évolue au fil du temps dans certaines populations de mammifères marins. Comment expliquer ce phénomène? Vu la rivalité qui les oppose, les mâles s'efforcent de raffiner leurs chants afin d'attirer à eux les femelles. Comme l'espèce est dotée de capacités d'apprentissage, les "chants à succès" s'imposent et remplacent les précédents. A l'instar des amphibiens et des reptiles, mais contrairement aux mammifères marins, les poissons n'ont pas de cortex. Par conséquent, leurs facultés sont très limitées quand il s'agit d'apprendre.

Chez le poisson-clown, la production sonore par voie buccale repose sur une alternance de sons et de silences. Un simple système binaire, en apparence... Cependant, nos analyses soulignent des variations dans la longueur des sons et des silences, de sorte que chaque séquence suggère un code-barre. La question est alors: le poisson-clown se contente-t-il de se référer à l'alternance des sons et des silences ou tient-il compte de la longueur respective de chaque élément? Si la seconde hypothèse s'avérait la bonne, notre conception de la communication au sein de ces espèces devrait sans doute être revue, car il serait alors fort probable que les messages qui y circulent soient moins rudimentaires qu'on le pense actuellement.

Vos travaux relèvent de la recherche fondamentale. L'étude de la communication sonore chez les poissons s'ouvre cependant aussi sur des applications pratiques...

Absolument. Historiquement, le véritable essor des études sur les communications soniques des poissons marins découle en fait



Vue latérale, par radiographie, d'une femelle d'*Amphiprion Clarkii*. Des billes de plomb (points blancs) ont été insérées dans certaines structures osseuses de son crâne afin d'étudier leur déplacement grâce à une caméra à haute vitesse (500 images par seconde) couplée à un appareil à rayons X.



Au large de Madagascar, un poisson-clown de l'espèce *Amphiprion akallopisos* à l'abri dans les tentacules urticants d'une anémone de mer.

d'applications pratiques liées à la Seconde Guerre mondiale. Au début du conflit, les sons de la flotte ennemie étaient confondus avec les sons des poissons. Les ports se mettaient alors inutilement en alerte. De même, des mines soniques explosaient à cause des sons animaux.

Mais revenons aux problèmes pratiques actuels. Le gouvernement tahitien, par exemple, s'inquiète des ravages que les balistes et certains *Tetraodons* provoquent dans les populations d'huîtres perlières.

Les balistes sont des poissons des récifs coralliens à la bouche munie de dents assez fortes pour briser les coquilles de mollusques, et qui sont réputés venimeux, tandis que le genre *Tetraodon* – du grec ancien *tetra* (quatre) et *odous* (dent) – regroupe des poissons de la famille des Tetraodontidae, comme le poisson-coffre et le poisson-globe. Très toxiques, ils provoquent chaque année de nombreux décès, notamment au Japon où leur consommation est très prisee.

Les autorités ont contacté notre laboratoire pour envisager le lancement d'une étude axée sur la diffusion de sons qui auraient pour

fonction d'effrayer et d'éloigner ces prédateurs.

Sur le plan scientifique, une application attendue de l'étude de la communication sonore chez les poissons concerne ce qu'il est convenu d'appeler la détection automatique. L'analyse des sons enregistrés par des micros placés dans l'eau permettrait de procéder à des études de recensement (tels groupes de poissons, combien d'individus), de colonisation de récifs, etc.

Au-delà de la sphère stricte de la communication biologique, l'enregistrement des bruits produits par les poissons élevés en aquaculture n'est pas dénué d'intérêt pour les exploitants. En France, il a permis des économies de l'ordre de 20 % sur les frais de nourriture dans certains élevages. En effet, un système de béc verseurs automatisés "intelligents" a pu être mis au point grâce à la pose de micros dans l'eau. Lorsque les béc verseurs commencent à délivrer des aliments, les poissons font beaucoup de bruit en mangeant car ils ont faim. Mais lorsqu'ils sont rassasiés, le bruit s'estompe, descend sous un certain seuil, et les machines se relèvent. ●