

> barrière géographique. Le cas des bassins-ver-sants mexicains où coulent des eaux tantôt normales, tantôt sulfureuses suggère que des conditions différentes régnant dans des zones différentes du même biotope suffisent parfois à déclencher une spéciation, en l'absence de barrière géographique.

Nos observations sur les Poeciliidés adaptés au H_2S vont-elles dans ce sens? Nous pensons que oui, puisque nous avons découvert que l'adaptation à un habitat donné, qu'il soit sulfuré ou non sulfuré, limite les capacités qu'ont les poissons à passer aisément dans l'autre type d'habitat. Cette forme de sélection naturelle conduit essentiellement à la présence de poissons adaptés au sulfure dans les sites sulfureux, et inversement, même quand les deux habitats ne sont séparés que de quelques dizaines de mètres.

UNE SPÉCIATION EN MOINS DE 100 000 ANS

D'autres facteurs vont dans le même sens, par exemple le fait que hors de leur habitat sulfureux, les poissons spécialisés sont plus facilement victimes de prédateurs. Par ailleurs, si une migration entre habitats se produit, ou si des individus d'un écotype (forme issue d'un certain écosystème) rencontrent des individus d'un autre écotype dans les zones intermédiaires, ils ne se reproduiront pas ensemble. Des expériences sur le choix des partenaires ont en effet montré que les femelles vivant dans les eaux non sulfureuses préfèrent s'accoupler avec des mâles de leur propre écotype.

L'existence et le degré de cette préférence semblent dépendre de la force de la sélection naturelle: nous avons découvert que les préférences des femelles pour leur propre écotype sont plus fortes quand la sélection naturelle des mâles migrants adaptés au sulfure est faible. Il semble que plus une femelle a la possibilité de rencontrer un mâle issu d'un autre écotype et donc de donner naissance à une progéniture hybride, plus elle développe d'aversion envers les étrangers. Au contraire, quand la sélection naturelle des migrants est forte et donc que la probabilité de les rencontrer est faible, les femelles ont moins d'aversion à l'égard des mâles étrangers.

On ignore combien de Poeciliidés ont évolué pour former de nouvelles espèces adaptées aux sources sulfureuses parce que, dans de nombreux cas, nous ne savons pas encore jusqu'où la différenciation génétique a été ou si des croisements avec les populations voisines se produisent encore. Toutefois, certaines des lignées adaptées aux eaux sulfureuses présentant toutes les adaptations sont âgées d'environ 100 000 ans – ce qui est très peu à l'échelle de l'évolution.

Le fait que ces espèces aient pu développer des traits distinctifs en un temps assez court et atteindre, par rapport à leurs voisins vivant dans des eaux non toxiques, un certain degré d'isolement reproductif, suggère que les conditions extrêmes des eaux sulfureuses accélèrent la spéciation. L'une de nos études récentes corrobore cette idée: nous avons découvert que le degré d'isolement reproductif chez les Poeciliidés adaptés au sulfure est corrélé à la concentration de H_2S régnant dans leur écosystème.

La rapidité avec laquelle les Poeciliidés se sont adaptés à cet agent toxique naturel qu'est le H_2S signifie-t-elle que ces poissons seraient aussi capables de s'adapter à une pollution due aux activités humaines? Une étude publiée l'année dernière par Noah Reid, de l'université du Connecticut et des collègues montre que les fondules (des poissons d'une famille différente de celle des Poeciliidés, quoique proche) qui vivent dans certains sites pollués d'Amérique du Nord ont réussi des adaptations évolutives rapides et répétées à la pollution toxique provenant de complexes industriels.

Ces chercheurs suggèrent que cela pourrait résulter de l'existence chez les fondules de nombreuses variations génétiques, parmi lesquelles ils pourraient « piocher » afin de faire face aux pressions de sélection dues à la pollution. On ne sait pas encore bien si les Poeciliidés sont ou non équipés de la même façon, bien que nos recherches suggèrent que chez ces poissons des mutations de l'ADN nouvelles jouent un rôle adaptatif plus important que l'existence ancienne et permanente de nombreuses variations génétiques.

UNE ADAPTABILITÉ MÊME AUX CHANGEMENTS RADICAUX D'ORIGINE ANTHROPIQUE?

Considérées dans leur ensemble, ces recherches sur les fondules et nos propres découvertes suggèrent que certaines espèces de petits poissons ayant une faible longévité, mais qui produisent plusieurs générations par an, pourraient, sous certaines conditions, s'adapter même aux changements environnementaux radicaux imposés par les activités humaines.

De nombreux points restent à explorer. Par exemple, nous ne comprenons pas pourquoi la présence de H_2S a conduit à des adaptations et à un isolement reproductif dans certains écosystèmes, mais pas dans les autres. Avec le progrès continu du séquençage de l'ADN, la baisse de ses coûts ainsi que la publication récente des génomes de plusieurs espèces de Poeciliidés, nous devrions bientôt comprendre beaucoup mieux les mécanismes génétiques à la base de l'évolution dans l'enfer des eaux sulfureuses. ■

BIBLIOGRAPHIE

A. Meyer, **Cichlidés : les clés d'une spectaculaire évolution**, *Pour la Science*, n° 463, mai 2016.

M. Pfenninger et al., **Unique evolutionary trajectories in repeated adaptation to hydrogen sulphide-toxic habitats of a neotropical fish (*Poecilia mexicana*)**, *Molecular Ecology*, vol. 24(21), pp. 5446-5459, 2015.

R. Riesch et al., **Colonisation of toxic environments drives predictable life-history evolution in livebearing fishes (*Poeciliidae*)**, *Ecology Letters*, vol. 17(1), pp. 65-71, 2014.

M. Pfenninger et al., **Parallel evolution of COX genes in H_2S -tolerant fish as key adaptation to a toxic environment**, *Nature Communications*, vol. 5, art. 3873, 2014.

L'ESSENTIEL

> Avant l'ère de la communication électronique, des villageois ont créé des versions sifflées de leurs langues maternelles afin de se parler à distance.

> De nouvelles études ont découvert la présence de la parole sifflée dans le monde entier. Environ 70 populations réparties à travers le monde

communiquent de cette manière.

> Certaines écoles des îles Canaries, de Turquie ou du Béarn l'enseignent aujourd'hui. Une langue sifflée représente à la fois un patrimoine culturel et un angle intéressant pour étudier comment le cerveau traite l'information.

L'AUTEUR



JULIEN MEYER
linguiste et bioacousticien
du CNRS au GIPSA-lab
de Grenoble

Parler en sifflant un phénomène planétaire

« JE VOUDRAIS MANGER », « CACHE-TOI, LA POLICE ARRIVE »... COMMENT TRANSMETTRE DE TELS MESSAGES SUR DES CENTAINES DE MÈTRES ? EN SIFFLANT ! DANS LE MONDE, DE NOMBREUSES POPULATIONS ONT DÉVELOPPÉ CETTE TECHNIQUE QUI FASCINE LES LINGUISTES.

Un matin de printemps, dans le petit village grec d'Antia, Panagiotis Kefalas est dans la taverne dont il est le propriétaire lorsqu'il reçoit un appel de son amie Kiriakoula Yiannakari. Panagiotis Kefalas avait prévu de prendre son petit déjeuner chez elle, à quelque deux cents mètres de là. Rien que de très banal, si ce n'est que l'appel ne débute pas par la sonnerie d'un téléphone portable, ni d'un fixe : c'est un appel direct de la bouche de Kiriakoula aux oreilles de Panagiotis, sous forme d'une série de sifflements aigus, à laquelle répond le tavernier, en sifflant les lèvres pincées. Et un dialogue s'instaure :

« Bienvenue, que veux-tu ? »

– S'il te plaît, je voudrais manger.

– D'accord.

– J'aimerais des œufs brouillés. »

De quoi laisser perplexe un visiteur... À entendre les modulations sifflées qui commencent la première phrase, « bienvenue » (*kalós irthate* en grec romanisé), on pourrait croire qu'une fille se fait siffler, à ceci près que le son de la seconde syllabe à rallonge monte brusquement dans les aigus.

Les récits traditionnels attestent que la pratique de la parole sifflée a représenté pendant des siècles le meilleur moyen pour les bergers et les chevriers de communiquer d'une colline à l'autre. Les sifflements, après tout, portent beaucoup plus loin que les cris et ménagent les cordes vocales. Et aujourd'hui encore, quelques habitants de ce village de la pointe sud de la deuxième plus grande île grecque, Eubée, maintiennent en vie et utilisent de maison à maison cette efficace forme naturelle de télécommunication sans fil pour transmettre des nouvelles, échanger des potins et s'inviter à déjeuner.

J'ai enregistré la conversation entre Panagiotis Kefalas et Kiriakoula Yiannakari en mai 2004. Depuis le début des années 2000, j'étudie la parole sifflée pratiquée par des villageois du monde entier vivant principalement dans des montagnes reculées et des forêts denses, autre type d'environnement où les sifflements sont plus efficaces pour communiquer que la parole ordinaire. Ce faisant, avec des collègues de divers laboratoires, nous avons découvert de nombreuses langues sifflées qui n'avaient pas encore été documentées. Nous avons également mesuré les distances >