

L'amour fusionnel, ou comment vivre aux crochets de l'autre



Trouver l'amour de sa vie n'est pas toujours facile, surtout lorsque l'on habite dans des milieux isolés. Aussi, une fois l'âme sœur rencontrée, il est tentant de s'accrocher à elle... de façon permanente, au sens propre du terme. Un tel attachement nécessite des mécanismes adaptatifs qui commencent à peine à être compris.

La reproduction sexuée requiert deux individus de sexes complémentaires, l'autofécondation d'organismes hermaphrodites restant l'exception. Ainsi, avant de pouvoir se reproduire, les deux futurs amants doivent-ils d'abord se rencontrer. Les choses deviennent difficiles lorsque les populations sont clairsemées. Une des solutions auxquelles l'évolution a conduit est de rassembler les

deux amants de manière aussi radicale que définitive: le mâle pénètre dans le corps de la femelle, comme chez un certain nombre de parasites tels la sacculine, crustacé qui parasite d'autres crustacés; le mollusque *Enteroxenos*, parasite des concombres de mer, ou encore la bonellie, un ver échiurien qui vit sur le fond marin. Chez ces différents organismes, le mâle s'invite dans le corps de la femelle durant l'état larvaire. Seuls ses organes sexuels, les testicules, subsisteront et viendront approvisionner en spermatozoïdes la femelle qui les nourrit: le reste du corps mâle dégénère.

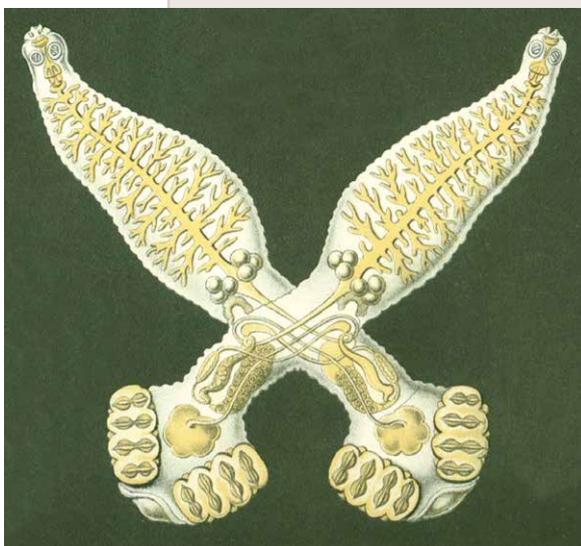
Une autre solution de rapprochement peut se faire par fusion externe des deux partenaires: au lieu de pénétrer dans le corps de la femelle, le mâle reste à l'extérieur et se fixe à



CURIOSITÉS MARINES

**Denis
Allemand,**
directeur scientifique
du centre scientifique
de Monaco

En haut: La baudroie abyssale, *Melanocetus johnsonii*, représentée dans les *Résultats scientifiques de l'expédition du paquebot Valdivia*, de Carl Chun, 1908.



Ci-contre: *Diplozoon paradoxum* (dessin de E. Haeckel, issu des *Formes artistiques de la nature*, 1899-1904).

elle. C'est le cas du ver plat parasite hermaphrodite, *Diplozoon paradoxum*, un trématode monogénien, parasite externe des branchies de certains poissons. La fusion des deux vers a lieu pendant leur vie larvaire. Elle provoque la maturation des organes génitaux: le canal génital mâle se termine près du canal génital femelle, permettant une fécondation croisée permanente. En l'absence de fusion, les jeunes larves meurent rapidement.

Quand deux ne font qu'un

Mais le cas qui nous intéresse ici plus particulièrement est le phénomène

Femelle de diable épineux, *Neoceratias spinifer*, avec le mâle attaché
(cliché GmbH/Alamy Stock Photo).

de fusion présent chez quelques poissons téléostéens des zones abyssales appartenant à l'ordre des Lophiiformes. Le plus familier des poissons de ce groupe est la baudroie – vendue chez le poissonnier une fois débarrassée de son effrayante tête – sous le nom commercial de lotte. Les lophiiformes sont des animaux vivant souvent sur les grands fonds, donc sans lumière, qui ont pour se nourrir un type de pêche tout à fait original: ils disposent d'un leurre constitué par le premier rayon de la nageoire dorsale, celui-ci ayant migré loin de cette nageoire, le leurre peut se positionner près de leur énorme bouche. Cet artifice, formé par un lobe cutané charnu que l'animal agite, produit de la lumière à l'aide de bactéries symbiotiques qu'il abrite (on parle de luminescence). Il attire donc les proies potentielles qui sont alors happées en un éclair sous l'effet de la dépression quand l'animal ouvre son énorme bouche.

Parmi l'un des cinq sous-ordres des Lophiiformes, la fusion entre mâles et femelles n'est connue qu'au sein des Céратиоіdés. Elle est restreinte à 23 espèces sur les 160 répertoriées à ce jour. Ces espèces présentent un important dimorphisme sexuel: le mâle est généralement une dizaine de fois plus petit que sa femelle et jusqu'à 500 000 fois plus léger! Il est fixé sur le corps de sa compagne, tel un lambeau de peau...

C'est un biologiste islandais, Bjarni Sæmundsson qui, en 1922, a observé l'existence de deux petits individus d'environ 5 cm fixés sur le corps



d'une femelle de *Ceratias holboelli* de 66 cm. Vu leur taille, il crut d'abord qu'il s'agissait des bébés de la femelle et il resta étonné de constater que ces derniers étaient fermement attachés à sa peau. La réponse à son interrogation fut apportée à peine trois ans plus tard par l'ichtyologiste anglais C. Tate Regan. Tate Regan fit la dissection de ces poissons nains et découvrit qu'il s'agissait en fait de mâles. Sa surprise fut totale: « *Au point de jonction entre le poisson mâle et le poisson femelle, la fusion est totale [...] leurs systèmes vasculaires ne font qu'un.* » Il remarque également que le mâle ne semble pas se nourrir par lui-même et devient entièrement dépendant du système circulatoire de la femelle. Une partie de ses organes internes dégénère tandis que le cœur reste fonctionnel. De même, ses ouïes – pour aider à sa respiration – et ses reins continuent à excréter ses déchets. Le plus remarquable dans cette relation amoureuse un peu particulière est la fourniture

de spermatozoïdes à la femelle: contrairement aux autres organes, les testicules du mâle nain croissent rapidement. Leur maturation et la production des spermatozoïdes se synchronisent avec la production d'ovules par le système hormonal de la femelle. Les deux types de gamètes sont diffusés dans l'eau où la fécondation a lieu. En fait, il s'agit du seul cas connu chez un vertébré où la maturation sexuelle est indépendante de l'âge ou de la taille de l'individu.

Pour former cette véritable parabiose* naturelle, le mâle nain doit cependant d'abord trouver une femelle. Sans cela, il est condamné à mourir puisqu'il ne semble pas pouvoir se nourrir par lui-même. Fort heureusement, il possède un sens de l'odorat très développé tandis que chez certaines espèces, c'est plutôt la vision qui joue un rôle moteur – grâce, peut-être, à la luminescence du leurre de la femelle. Pour revenir à notre Roméo, une fois le parfum

* **Parabiose:** à l'origine, la parabiose est un type de greffe par laquelle on soude deux organismes.

de sa femelle détecté, le mâle lui mord la peau et y libère une enzyme qui digère ses tissus, facilitant ainsi la fusion entre les deux amoureux. Une femelle peut porter jusqu'à huit mâles sur son corps, mais elle se contente généralement d'un partenaire unique. Curieusement, seul un faible pourcentage de femelles, de 6 à 40 % selon les espèces, portent des mâles, ce qui signifie que la majorité des femelles ne se reproduit pas.

Cette relation originale est souvent appelée dans la littérature "parasitisme sexuel", mais est-ce bien du parasitisme? Le parasitisme est une relation où l'un des deux protagonistes tire des bénéfices au détriment de l'autre. Stephen Jay Gould ouvre une critique sur cette vision. Il souligne que « *les mâles fusionnés dépendent des femelles pour se nourrir, [...] ils fournissent en échange le plus précieux des dons biologiques: la possibilité d'accéder à la génération suivante et de se prolonger sur le plan évolutif.* » (Gould, 1984). En termes évolutifs, le mâle est bénéfique à la femelle qui n'a pas d'autre moyen de se reproduire... aussi faudrait-il parler de symbiose sexuelle.

Une étonnante adaptation du système immunitaire

La notion de parabiose entre deux individus soulève un problème biologique crucial: elle devrait provoquer le rejet du greffon, en l'occurrence du mâle. Il était difficile jusqu'à présent d'étudier ces animaux que l'on ne parvenait pas à maintenir

vivants en aquarium. Cette apparente dissonance est restée inexplicite jusqu'à ce que l'étude de Jeremy Swann et de ses collègues, publiée en septembre 2020 dans la prestigieuse revue *Science*, vienne nous éclairer davantage. L'équipe germano-américaine du Max Planck Institute en Allemagne et de l'université de Washington à Seattle (USA), a analysé génétiquement pendant dix ans des échantillons de tissus extraits de 31 poissons représentant dix espèces de cératoidés. Leurs travaux ont montré que le système immunitaire adaptatif de ces poissons était déficient. Les vertébrés possèdent deux systèmes immunitaires qui agissent en synergie: un système dit inné – que possèdent aussi les cnidaires – et un système dit adaptatif, spécifique aux vertébrés (excepté les lamproies et myxines). Ce dernier implique des lymphocytes, un type de globules blancs, et la production d'anticorps. Or, chez les poissons étudiés par Jeremy Swann et ses collègues, les gènes impliqués dans la maturation des anticorps sont absents, tout comme les gènes qui permettent la formation des lymphocytes T*.

Ainsi, au cours de l'évolution, ces poissons ont-ils perdu la reconnaissance du "non-soi" qui orchestre habituellement le rejet d'une greffe. C'est pourquoi la perte de plusieurs gènes impliqués dans le système immunitaire adaptatif, au lieu d'être néfaste, a pu, curieusement, devenir chez certains lophiiformes un élément évolutif positif.

Comme toujours, de nombreuses questions restent ouvertes et les réponses ne seront pas facilement fournies tant l'étude de ces poissons est difficile. À titre d'exemple, on ignore encore la façon dont leur

* **Lymphocytes T**: catégorie de globules blancs impliqués dans la réponse immunitaire adaptative et maturés dans le thymus, d'où la lettre T.

système immunitaire combat les pathogènes. Mais contrairement à ce que l'on supposait, on sait maintenant que le seul système immunitaire inné peut suffire à la vie entière d'un vertébré.

L'étude des lophiiformes amorce de nouveaux horizons médicaux concernant l'élaboration de stratégies thérapeutiques visant à renforcer les défenses immunitaires innées chez des patients immunodéficients. Elle démontre surtout que l'exploration de la biodiversité offre un véritable vivier d'innovations. C'est tout l'enjeu de la bio-inspiration, considérée comme l'outil de la prochaine révolution industrielle qui vise à exploiter les réponses évolutives du vivant afin de créer de nouveaux produits, services et modèles d'organisation durables pour l'humanité... une raison de plus de maintenir une recherche fondamentale forte. ■

POUR EN SAVOIR PLUS

- **CEEBIOS, 2018** – *Biomimétisme en France: un état des lieux*, ministère de la Transition écologique et solidaire [téléchargeable sur <https://ceebios.com>].
- **Gould S. J., 1984** – *Quand les poules auront des dents*, Fayard [chapitre I].
- **Max Planck Institute**, *Immune functions traded in for reproductive success: www.ie-freiburg.mpg.de/5321814/news_publication_15212439_transferred*
- **Pietsch T. W., 2005** – "Dimorphism, parasitism, and sex revisited: modes of reproduction among deep-sea ceratoid anglerfishes (Teleostei: Lophiiformes)", *Ichthyological Research*, 52, p. 207-236.
- **Swann J. B. et al., 2020** – "The immunogenetics of sexual parasitism", *Science*, 369 (6511), p. 1608-1615.
- **Vidéo** – *The Deep Sea Anglerfish*: <https://youtu.be/3sqXblBODeg>