

Faire un bébé tout seul ?



CURIOSITÉS MARINES

Denis Allemand,
directeur scientifique
du Centre scientifique
de Monaco

Squalius alburnoides, une étonnante petite espèce de poisson d'eau douce issue d'une hybridation entre deux autres espèces (cliché D. Frade/CC).

Généralement la reproduction des animaux fait appel à l'union de deux gamètes, les ovules, produits par les femelles, et les spermatozoïdes, produits par les mâles : c'est la fécondation. Les gamètes n'ayant qu'un seul jeu de chromosomes (soit n chromosomes, on appelle ces cellules haploïdes), la fécondation rétablit le nombre normal de chromosomes ($2n$, cellules diploïdes). Le spermatozoïde est de petite taille et ne contient que peu d'organites cellulaires, hormis les mitochondries qui lui permettent

de fournir l'énergie nécessaire au mouvement de son flagelle. L'ovule, quant à lui, est de grande taille (son diamètre est en moyenne 30 fois supérieur à celui de la tête du spermatozoïde) et contient d'importantes réserves qui permettront à l'embryon d'initier son développement. Chez de nombreux animaux, les femelles sont capables de produire une descendance sans fécondation : c'est la parthénogenèse, un cas de reproduction unisexuée. En effet, la taille de l'ovule permet facilement d'assurer la formation d'un embryon.



Ce phénomène est assez fréquent dans la nature, y compris chez les vertébrés où environ 80 taxons unisexués ont été décrits. En revanche, le phénomène équivalent pour les mâles, la production d'un bébé à partir du seul génome du père, ou androgenèse, est difficile à imaginer étant donné la petite taille du spermatozoïde. Difficile à imaginer, mais pas impossible ! C'est ce que viennent de découvrir par hasard des chercheurs portugais de l'université de Lisbonne chez un poisson d'eau douce, *Squalius alburnoides*.

Une espèce singulière

Squalius alburnoides appartient à la famille des Cyprinidae, une famille de poissons d'eau douce qui compte plus de 3000 espèces, dont la carpe ou le poisson rouge. Il est endémique de la péninsule Ibérique (Portugal et sud de l'Espagne). Ce poisson a une particularité génétique : son espèce est issue de l'hybridation passée entre deux autres espèces de cyprinidés : des femelles de *Squalius pyrenaicus* et des mâles d'une autre, probablement éteinte, *Anaocypris hispanica*. Cet épisode d'hybridation semble s'être produit, d'après les chercheurs, entre -1,4 Ma et

La parthénogenèse a été observée chez plusieurs espèces de vertébrés, notamment des "reptiles", comme ce lézard de Dahl (*Darevskia dahli*; cliché TeklaLilith/CC).



-700000 ans. L'hybride conserve les génomes des deux espèces parentales : *Squalius alburnoides* est une espèce polyploïde, dont le nombre de chromosomes peut varier. Le plus souvent, elle est triploïde ($3n$ chromosomes au lieu de $2n$). Son mode de reproduction est aussi particulier, car plusieurs formes sont possibles : reproduction sexuée "normale", hybridogenèse avec d'autres espèces de *Squalius* ou encore formation de gamètes par simple mitose*. Cette triploïdie semble s'être maintenue au cours de l'évolution. Une équipe

de chercheurs portugais et allemands a en effet découvert que certains allèles* de l'un des trois jeux de chromosomes étaient spécifiquement réduits au silence.

Encore un coup de la sérendipité !

Plus récemment, une équipe d'autres chercheurs portugais a entrepris une étude expérimentale afin de déterminer les taux de succès reproductif au sein d'une population de *Squalius alburnoides* appartenant à des lignées



Un spécimen de *Squalius pyrenaicus*, une des deux espèces "parentes" de *Squalius alburnoides* (cliché D. Perez/CC).

* **Mitose** : processus de division cellulaire par laquelle une cellule mère forme deux cellules filles génétiquement identiques. Au contraire de la méiose, le nombre de chromosomes (ploïdie) est conservé.

* **Allèle** : forme d'un gène résultant d'une évolution d'un gène ancestral. Les différents allèles d'un même gène occupent la même position sur le chromosome.



Ponte de chabot commun (*Cottus gobio*) sur un rocher en bord de mer (cliché Scienceexploration/CC).

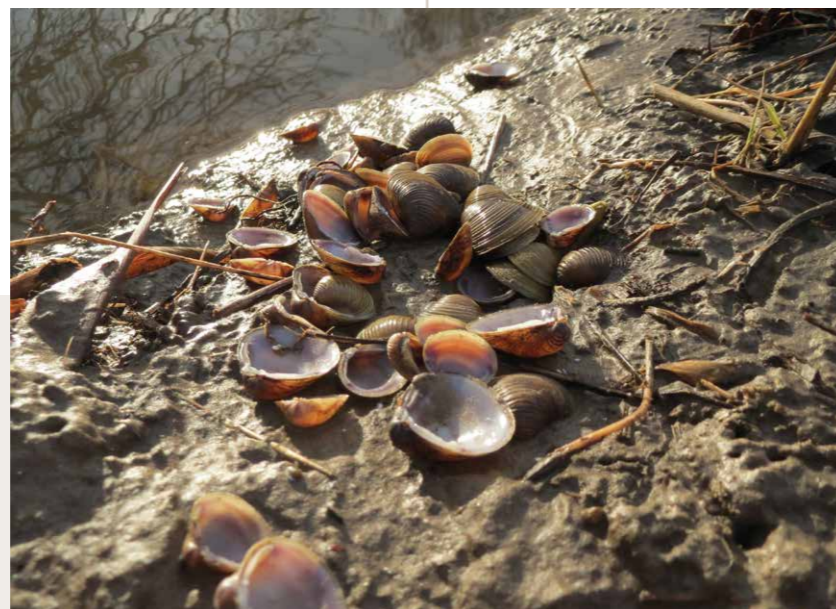
situation ne pouvait résulter que d'un phénomène d'androgenèse.

Comment une telle reproduction est-elle possible ?

Si l'androgenèse n'avait jamais été observée chez un vertébré dans la nature, elle est connue chez un certain nombre d'invertébrés. Bien entendu, contrairement à la parthénogenèse, où la femelle produit seule une descendance, pour des raisons évidentes, le mâle ne peut y parvenir. Nous l'avons vu plus haut, ses spermatozoïdes ne permettent tout simplement pas le développement d'un embryon. Il a donc besoin d'un "réceptacle" pour que ses gènes puissent se perpétuer. Quel peut donc être ce réceptacle ? Il s'agit tout

simplement de l'ovule. Mais, pour qu'on puisse parler d'androgenèse, il sera nécessaire de se débarrasser des chromosomes femelles. Ainsi, par homologie avec les observations faites sur certains invertébrés, comme les bivalves du genre *Corbicula*, les chercheurs portugais ont proposé le schéma suivant pour expliquer la naissance du bébé poisson "sans maman": il y aurait bien eu fécondation à partir des spermatozoïdes du "papa", mais ces derniers ont soit pénétré un ovule qui, par accident, n'avait pas de chromosomes femelles, soit l'ADN maternel a été éliminé plus tard, par un mécanisme qui reste à définir. De tels mécanismes d'élimination de génomes ne sont en réalité pas si rares dans la nature: ils sont connus sous le nom de parasitisme sexuel.

génétiquement distinctes. Pour cela, Miguel Morgado-Santos, docteur à l'université de Lisbonne et ses collègues ont laissé se reproduire librement en bassin extérieur des individus mâles et femelles de *S. alburnoides* avec des individus d'une autre lignée (*S. pyrenaicus*). La descendance a ensuite été analysée sur le plan génétique. Sur les quelque 261 poissons nés dans le bassin expérimental, les chercheurs ont sélectionné au hasard 100 individus. Leurs résultats, publiés en 2017, ont fait l'effet d'un pavé dans la mare. En effet, les auteurs ont eu l'énorme surprise d'identifier un individu dont le génome était l'exacte copie d'un poisson mâle *S. alburnoides*: cette



Coquilles de *Corbicula fluminea*, mollusque bivalve originaire d'Asie de l'est, se reproduisant par androgenèse... ce qui expliquerait en partie pourquoi il est aujourd'hui envahissant en Europe et en Amérique du Nord (ici, en Allemagne; cliché Ann/CC).

Une forme de reproduction unisexuée

On appelle parasite sexuel un organisme qui utilise un autre organisme (de la même espèce ou d'une autre espèce) pour propager son propre génome et se reproduire sans que les gènes de l'autre individu soient conservés dans la descendance. En effet, ceux-ci sont éliminés, soit immédiatement, soit après une génération dans le cas de l'hybridogenèse, phénomène bien connu chez la grenouille verte (*Rana klepton* esculenta*, aujourd'hui appelée *Pelophylax klepton esculenta*). Le génome éliminé peut être maternel ou paternel, ce qui implique que non seulement les femelles, mais aussi les mâles, peuvent se reproduire de manière unisexuée. Dans le cas de l'androgenèse, le mâle "détourne" les ovules pour assurer sa reproduction sans que la femelle ne transmette ses gènes.

Cette première observation d'une androgenèse naturelle chez un vertébré soulève la question de sa fréquence en milieu naturel. L'unique individu de *Squalius alburnoides* androgénétique identifié au cours de l'expérience décrite plus haut représentait 1% de la descendance totale examinée génétiquement, mais le mâle dont il est issu faisait preuve d'un succès reproductif étonnamment élevé, puisqu'il a engendré 77% de l'échantillon étudié! Ce "super-mâle" aurait donc fini par produire, parmi sa nombreuse descendance, une "copie" de lui-même. Les observations de ces

* **Klepton**: espèce qui a besoin de l'apport d'un autre taxon biologique (normalement d'une espèce étroitement apparentée) pour achever son cycle de reproduction, sans que les gènes de cette autre espèce soient conservés dans la descendance.

Pelophylax klepton esculenta, un cas bien documenté d'espèce formée par hybridogenèse chez les amphibiens (cliché M. Fumasoni/CC).



mécanismes originaux pourraient se multiplier.

Stephen Jay Gould titrait son célèbre ouvrage « *La vie est belle: les surprises de l'évolution* ». Il voulait dire par là que la vie est surtout une entreprise magnifique où toutes les stratégies pour se reproduire peuvent exister, y compris les plus improbables. L'exemple de notre petit poisson portugais l'illustre bien! ■

POUR EN SAVOIR PLUS

- **Cunha C. et al., 2011** – "The evolutionary history of the allopolyploid *Squalius alburnoides* (Cyprinidae) complex in the northern Iberian Peninsula", *Heredity*, 106, p. 100-112 [Doi: 10.1038/hdy.2010.70].
- **Gould S. J. 1998** – *La vie est belle: les surprises de l'évolution*, Seuil.
- **Lehtonen J. et al., 2013** – "Evolutionary and ecological implications of sexual parasitism", *Trends Ecology and Evolution*, 28(5), p. 297-306 [Doi: 10.1016/j.tree.2012.12.006].
- **Morgado-Santos M. et al., 2017** – "First empirical evidence of naturally occurring androgenesis in vertebrates", *Royal Society Open Science*, 4, 170200 [Doi: 10.1098/rsos.170200].
- **Pala I. et al., 2008** – "Dosage compensation by gene-copy silencing in a triploid hybrid fish", *Current Biology*, 18(17), p. 1344-1348 [Doi: 10.1016/j.cub.2008.07.096].