

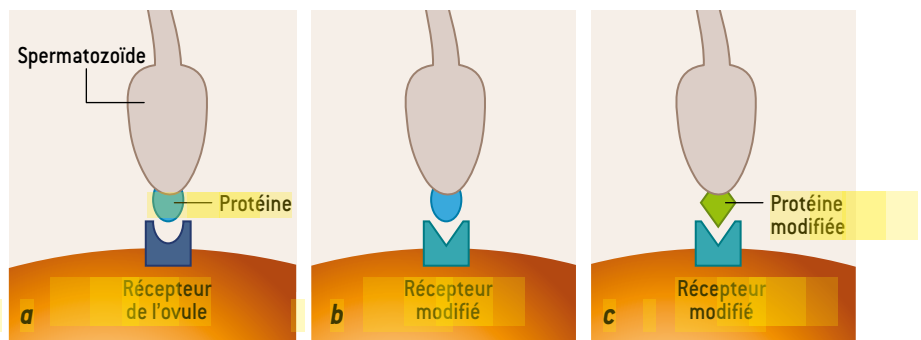
Par ailleurs, l'évolution a fait apparaître chez les mâles diverses tactiques pour réduire les chances des spermatozoïdes d'un autre mâle de féconder l'ovule, tels les bouchons copulateurs (voir la figure 3). Ainsi, le mâle bonobo est pourvu de gros testicules et ses liquides séminaux forment un épais bouchon dans les voies génitales de la femelle après l'accouplement. En revanche, le gorille, pour qui la compétition spermatique est quasi nulle, a de minuscules testicules qui produisent peu de spermatozoïdes : après avoir défendu son territoire et son harem de femelles, le gorille mâle s'accouple avec toutes les femelles, sans aucune pression des autres mâles.

Des systèmes clé-serrure qui évoluent vite

De son côté, nous l'avons vu, la femelle peut rechercher d'autres qualités qu'un spermatozoïde compétitif chez un partenaire sexuel ou vouloir éviter la polyspermie. Ces divergences peuvent conduire à un conflit sexuel. Par exemple, une mutation modifiant une protéine de l'enveloppe de l'ovule peut améliorer la protection de ce gamète en réduisant le nombre de spermatozoïdes qui pourront y entrer : seul un spermatozoïde présentant une protéine de forme compatible pourra se fixer sur l'enveloppe de l'ovule et la traverser. De leur côté, au fil des générations, les spermatozoïdes augmentent leur compatibilité avec cette nouvelle protéine, devenant ainsi plus compétitifs (voir la figure 4).

De telles protéines interagissant à la façon d'une serrure et d'une clé sans cesse perfectionnées changent vite, et les biologistes retrouvent l'empreinte de ces modifications rapides sur les gènes de la reproduction. Des recherches ont ainsi montré qu'un tel système clé-serrure mis en évidence chez l'orveau – la lysine du spermatozoïde et son récepteur VERL sur l'ovule – évolue vite dans les populations, selon un schéma qui suggère que cette évolution est bien influencée par un conflit sexuel.

Diverses autres hypothèses sont envisagées pour expliquer l'évolution des caractéristiques et des gènes sexuels. Chez les plantes, comme l'autofécondation donne des descendants moins diversifiés que la fécondation par du pollen d'un autre individu, la capacité de distinguer le soi du non-soi jouerait un rôle important. La



4. LE CONFLIT SEXUEL peut conduire à l'évolution rapide des gènes de la reproduction. Considérons un système où les spermatozoïdes ne peuvent se fixer sur l'ovule que si leurs protéines sont compatibles (a). S'il existe une pression de sélection pour que l'ovule ne soit pas fécondé par plusieurs spermatozoïdes, des modifications des protéines de l'ovule réduisant le nombre de spermatozoïdes compatibles seront sélectionnées au fil des générations (b). Mais les spermatozoïdes, eux, subissent une pression de sélection en faveur de leur pouvoir fécondant. Aussi les protéines spermatiques compatibles se développent-elles dans la population au fil des générations (c).

■ BIBLIOGRAPHIE

S. Dennenmoser et J. H. Christy, *The design of a beautiful weapon : compensation for opposing sexual selection on a trait with two functions*, *Evolution*, vol. 67, pp. 1181-1188, 2013.

K. G. Claw et W. J. Swanson, *Evolution of the egg : new findings and challenges*, *Ann. Rev. of Gen. and Hum. Genetics*, vol. 13, pp. 109-125, 2012.

M. R. Palmer et W. J. Swanson, *Evolution of sperm-egg interaction*, dans R. S. Singh et al. (éd.), *Rapidly Evolving Genes & Genetic Systems*, Oxford Univ. Press, 2012.

D. J. Emlen et al., *A mechanism of extreme growth and reliable signaling in sexually selected ornaments and weapons*, *Science*, vol. 337, pp. 860-864, 2012.

D. Joly et al., *Diversité morphologique et fonctionnelle des spermatozoïdes chez les drosophiles*, *J. de la Soc. de Biologie*, vol. 202, pp. 103-112, 2008.

W. J. Swanson et V. D. Vacquier, *Reproductive protein evolution*, *Ann. Rev. of Ecology and Systematics*, vol. 33, pp. 161-179, 2002.

capacité des spermatozoïdes et des ovules à se protéger contre une attaque microbienne pourrait aussi intervenir : de nombreux gènes impliqués dans la reproduction ont des fonctions antibactériennes et immunitaires.

Les avancées de la génomique et de la protéomique ont ouvert de nouvelles perspectives pour tester ces hypothèses. La génomique permet de séquencer la totalité du génome d'un organisme, qu'il s'agisse d'une bactérie, d'un virus, d'un ornithorynque ou d'un homme. Grâce au nombre croissant de génomes désormais accessibles, les hypothèses sur l'évolution rapide des traits et gènes sexuels sont testées sur divers organismes. La protéomique, elle, fournit des outils pour identifier des protéines dans des tissus ou cellules spécifiques et confirme les types d'interactions qui s'y produisent. De nouvelles protéines ont ainsi été identifiées dans les spermatozoïdes, l'ovule, le liquide séminal et le liquide folliculaire.

Nous utilisons les deux approches pour étudier l'évolution des protéines de la reproduction chez les ormeaux, les plantes et les primates. Mes recherches sur la reproduction des primates visent à élucider comment l'accouplement avec des partenaires multiples et la compétition spermatique influent sur l'évolution des protéines du liquide séminal. Ces approches devraient aussi permettre d'identifier des protéines d'interaction des spermatozoïdes et des ovules et de caractériser les protéines de la reproduction. Une chose est sûre : la reproduction sexuée est bien plus complexe que la simple rencontre de deux cellules... ■