

EN CHIFFRES

242

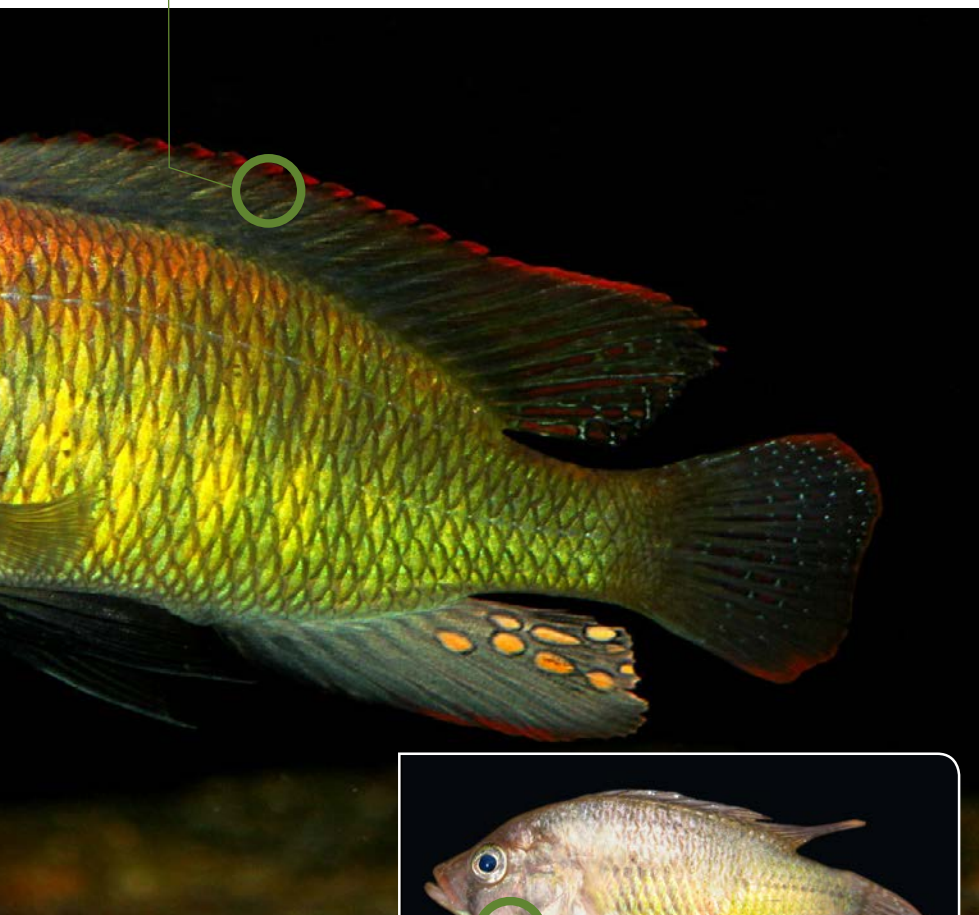
La lignée de poissons cichlidés qui a conduit au bouquet d'espèces du lac Victoria compte pas moins de 242 gènes présents en plusieurs exemplaires.

156

Pour déterminer pourquoi les cichlidés du lac Victoria se sont autant diversifiés, l'équipe d'Ole Seehausen, de l'université de Berne, a comparé les génomes de 156 poissons de la région.

18 %

Avec ses 68 100 km² de superficie et sa profondeur maximale de 82 mètres, le lac Victoria est l'un des plus grands lacs africains. Il est cependant 7 fois moins volumineux que son voisin le lac Tanganyika qui, avec une superficie de 32 900 km² et une profondeur maximale de 1 433 mètres, représente à lui seul 18 % des eaux douces du monde.



Cette nouvelle espèce du genre *Astatotilapia* vit au Congo.



Astatotilapia yaekama n. sp.

s'est peu diversifiée, comme point de repère, et quatre espèces issues des grands lacs. Les résultats sont en cohérence avec les études morphologiques. Ainsi, trois gènes de développement (*bmp4*, *bmp1b* et *nog2*), connus pour jouer un rôle sur la forme des mâchoires, présentent une évolution accélérée chez les cichlidés des grands lacs, avec un taux élevé de mutations ponctuelles. De même, trois autres gènes, eux aussi avec un taux élevé de mutations ponctuelles, ont certainement joué un rôle majeur dans la diversification des cichlidés: l'un d'eux (*ednrb1*) affecte le

patron de coloration, tandis que les deux autres (*kfn-g* et *rho*) codent des opsines – des protéines essentielles pour la vision.

Mais ce qui a frappé le plus les génomiciens est le nombre de duplications de gènes – plus de 200 –, six fois supérieur au taux moyen attendu. De plus, la proportion de transposons (éléments mobiles du génome) était élevée: 16 à 19 % de l'ensemble des quatre génomes de cichlidés des grands lacs. Les chercheurs ont ainsi relevé trois vagues de nouvelles insertions de transposons dans chacun de ces génomes, corrélées avec une augmentation de l'expression des gènes modifiés dans tous les tissus des poissons. Enfin, le bouquet d'espèces du lac Victoria s'est révélé le plus récent.

UNE ÉVOLUTION RAPIDE

En d'autres termes, les génomes des cichlidés des grands lacs portent les traces d'une évolution rapide, avec une sélection importante de quelques gènes clés et plusieurs mobilisations rapides de transposons. On entrevoit donc les rouages qui ont permis l'étonnante diversification de ces poissons. Mais quel en a été le déclencheur? C'est à cette question qu'a répondu l'équipe d'Ole Seehausen, de l'université de Berne, en 2017, en se focalisant sur les poissons du lac Victoria. Pour cela, elle a séquencé des génomes supplémentaires >

> (ou des portions susceptibles de présenter des mutations) en privilégiant les cichlidés du lac Victoria et de ses satellites, mais aussi ceux des bassins de drainage adjacents, c'est-à-dire du Nil supérieur, au nord, et du Congo, à l'ouest. Complété par des animaux venant du bassin versant est et des autres grands lacs, l'échantillonnage comptait 156 spécimens.

Cette très belle étude met en évidence un point capital, passé inaperçu : les cichlidés du lac Victoria sont le résultat d'une hybridation entre une lignée provenant du bassin du Nil et une autre, du bassin du Congo, et cette hybridation a joué le rôle de déclic pour l'évolution du bouquet d'espèces du lac Victoria.

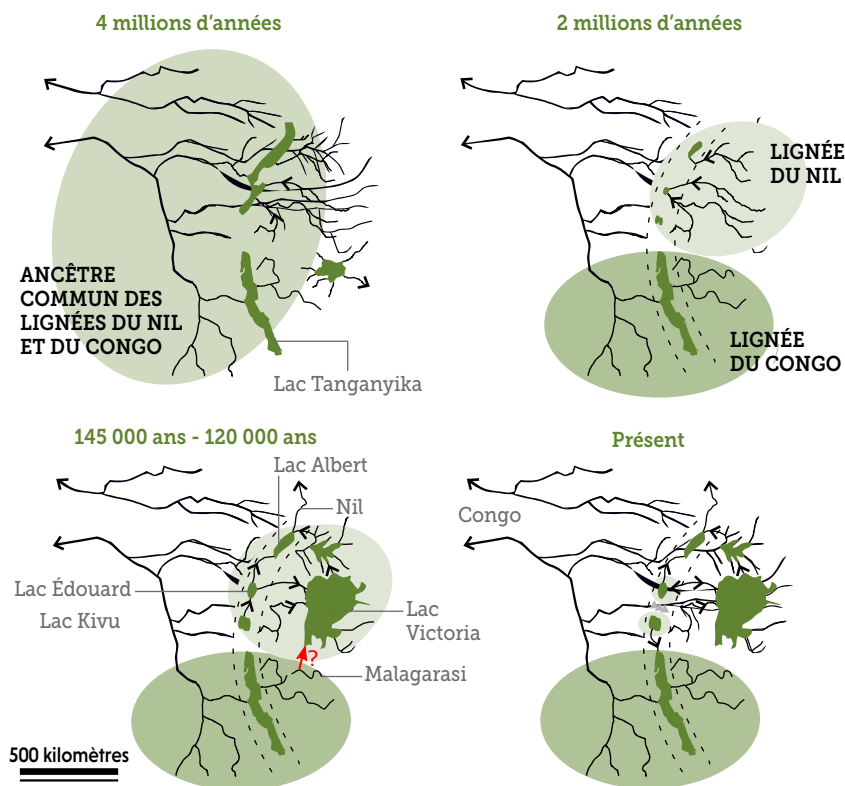
UN ESSAIM D'HYBRIDATION

Cette hybridation explique une curiosité qui avait été incidemment citée dans la première analyse des génomes : les gènes prétendument dupliqués se ressemblent... un peu trop. Or quand un gène est dupliqué, une copie au moins évolue vite, allant même jusqu'à adopter un nouveau rôle. Avec l'hybridation, plus de problème : les différentes copies correspondent à une diversité ancestrale provenant d'une des lignées hybridées. Ainsi, il s'agit non pas de nouvelles copies soumises au jeu habituel de mutations et de sélections, mais de la mise en commun de gènes existants et donc déjà passés par ce crible. Tout peut donc aller très vite et fournir à l'animal hybride des gènes déjà testés chez un ancêtre.

De telles hybridations surviennent dans ce que les évolutionnistes appellent un essaim. Ce ne sont pas quelques individus qui sont entrés en contact, mais des populations entières provenant des deux lignées – Nil et Congo. Leur rencontre a produit un énorme brassage d'une diversité génétique déjà existante, laquelle s'est recombinaisonnée et a conduit à un bouquet d'espèces. L'étude des gènes des opsines des cichlidés victoriens en fournit une illustration étonnante. Ces protéines permettent la vision des couleurs : plus on en a, mieux on distingue les teintes. Or on s'aperçoit que ces poissons ont acquis toutes les possibilités de vision dans la colonne d'eau, de la surface aux profondeurs. De plus, la vision des couleurs a un rôle crucial lors des parades nuptiales, pour la reconnaissance des partenaires. Elle a ainsi certainement joué un rôle essentiel dans la spéciation. Enfin, l'hybridation a autorisé la mobilisation de transposons, entraînant un bouleversement génétique qui a surtout touché la régulation de l'expression des

QUAND LE LAC VICTORIA S'EST REMPLI

Il y a 4 millions d'années, le lac Victoria n'existait pas et toute la région appartenait au système de drainage du Congo. Puis, il y a 2 millions d'années, les mouvements géologiques du rift africain ont isolé la région du lac Victoria. Il y a environ 400 000 ans, de nouveaux mouvements géologiques ont modifié le sens d'écoulement de deux anciens affluents du Congo, qui ont alors rempli le lac, lequel s'est déversé vers le Nil. Enfin, il y a environ 140 000 ans, une période très humide a probablement reconnecté la région au système de drainage du Congo via la capture d'un affluent, le Malagarasi, et remis en contact les cichlidés des deux bassins.



gènes. On comprend pourquoi cette diversification a été si rapide et si importante.

Comment les poissons du Congo et du Nil se sont-ils rencontrés ? La géologie fournit une réponse (voir l'encadré ci-dessus). Il y a quatre millions d'années, le lac Victoria n'existait pas et toute la région drainait l'actuel Congo. Puis des mouvements géologiques ont isolé la région du lac Victoria, lequel s'est rempli et déversé vers le Nil. Mais plus tard, la capture, par cette région, d'un affluent du système de drainage congolais, le Malagarasi, a connecté à nouveau les deux bassins. Ainsi, les cichlidés des bassins du Nil et du Congo ont évolué indépendamment pendant des dizaines de milliers d'années avant d'être soudainement mis en contact. Curieusement, malgré cet isolement géographique, les animaux ont pu s'hybrider. C'est cet accident géologique fortuit qui a donné naissance à l'essaim d'hybridation, à la source de l'extraordinaire bouquet d'espèces du lac Victoria. ■

BIBLIOGRAPHIE

D. A. Marques et al., **A combinatorial view on speciation and adaptive radiation**, *TREE*, vol. 34(6), pp. 531-544, 2019.

J. Meier et al., **Ancient hybridization fuels rapid cichlid fish adaptive radiations**, *Nat. Commun.*, vol. 8, article 14363, 2017.

D. Brawand et al., **The genomic substrate for adaptive radiation in African cichlid fish**, *Nature*, vol. 513, pp. 375-381, 2014.