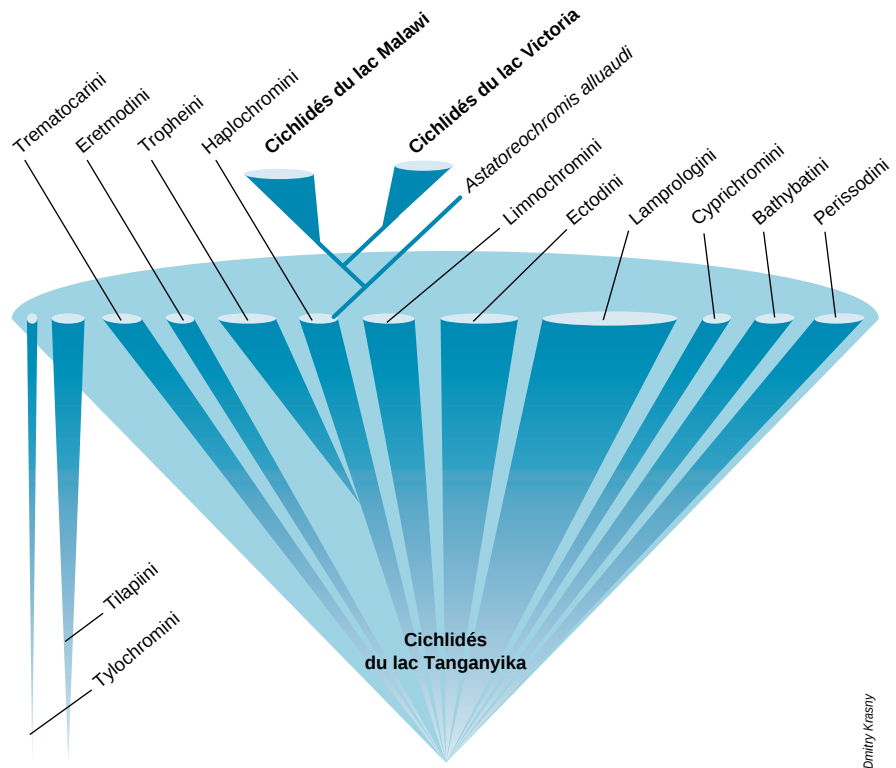


quand les contraintes écologiques étaient identiques.

De surcroît, on observe que certaines caractéristiques morphologiques ont évolué à un rythme très irrégulier, et parfois indépendamment des modifications génétiques. Quelques espèces du lac Tanganyika se sont très peu transformées et ressemblent encore beaucoup aux cichlidés fossilisés, en particulier aux tilapias. Par exemple, la morphologie des *Tropheus*, à l'exception des couleurs, n'a presque pas changé. En revanche, les cichlidés du lac Victoria, présentant une grande diversité de tailles, de motifs et de formes, ont évolué en un temps très court. Il y a plus de variations génétiques au sein de la seule espèce *Homo sapiens* qu'il n'y en a entre les 400 espèces de cichlidés du lac. Les analyses génétiques indiquent que les différents cichlidés du lac Victoria sont apparus pendant ces derniers 200 000 ans.

De récentes études paléoclimatologiques restreignent encore l'origine des cichlidés du lac Victoria : le lac semble s'être asséché presque complètement il y a moins de 14 000 ans. Seuls quelques individus ont survécu : les cichlidés de ce lac présentent un taux de spéciation inégalé chez les autres vertébrés. De plus, le lac Nabugabo, séparé au Nord-Ouest du lac Victoria par un banc de sable et âgé au maximum de 4 000 ans, contient cinq espèces de cichlidés endémiques. Ces poissons sont probablement apparentés à ceux du lac Victoria, mais les mâles présentent des livrées nuptiales différentes. Sec il y a seulement 200 ans, le Sud du lac Malawi est cependant habité par de nombreuses espèces et formes colorées que l'on ne rencontre nulle part ailleurs.

Les résultats des récentes analyses d'ADN des poissons provenant du lac Tanganyika corroborent ces exemples et indiquent que les isolements répétés sont à l'origine de la spéciation des cichlidés. Les baisses successives du niveau du lac Tanganyika, qui ont parfois atteint 600 mètres, ont favorisé l'apparition des formes colorées de *Tropheus* et de tous les autres cichlidés vivant dans les rochers. Les populations habituées à échanger des gènes ont alors été isolées dans de petites poches d'eau. Elles ont évolué indépendamment et, lorsque le niveau d'eau est remonté, les populations sont à nouveau entrées en contact, mais elles n'étaient alors plus interfécondes.



7. CET ARBRE PHYLOGÉNIQUE montre que les cichlidés des lacs Malawi et Victoria descendent probablement d'une seule lignée d'incubateurs buccaux (*Haplochromini*) qui s'est échappée du lac Tanganyika. Les cichlidés de ce dernier, le plus ancien, montrent la plus grande diversité génétique. La section des cônes est approximativement proportionnelle au nombre d'espèces par groupe.

Un record plus sombre

La vitesse des extinctions d'espèces dans le lac Victoria est également très importante. Il y a 50 ans, les cichlidés constituaient plus de 99 pour cent de la biomasse ichtyologique du lac. Aujourd'hui, ils représentent moins d'un pour cent. La plupart des espèces sont déjà éteintes, et beaucoup d'autres ont des populations si réduites que leurs chances de se rétablir sont très faibles. Ces extinctions massives sont la conséquence de la destruction de l'habitat, de l'introduction de nouvelles espèces, de la pollution, de la croissance démographique et de la surexploitation.

Par exemple, dans les années 1950, l'introduction de la perche du Nil, afin d'augmenter les rendements de la pêche a divisé, en 30 ans, la population de

cichlidés d'un facteur 10 000. Un grand nombre des cichlidés que les perches chassaient se nourrissaient d'algues. En leur absence, les algues mortes se sont accumulées et se sont décomposées : l'oxygène s'est raréfié dans l'eau, et la plus grande partie du lac est devenue anoxique. De plus, des perches d'environ deux mètres ne sèchent pas de la même manière que les petits cichlidés ; elles doivent être fumées. La déforestation nécessaire au fumage a provoqué l'entraînement du sol dans le lac, par l'eau de pluie, ce qui a augmenté la turbidité et des conditions anoxiques.

Une communauté autrefois prospère est aujourd'hui extrêmement réduite. L'extraordinaire théâtre évolutif des cichlidés du lac Victoria est en passe de se fermer plus vite qu'il ne s'est ouvert.

Melanie STIASSNY dirige le département d'ichtyologie du Muséum américain d'histoire naturelle. Axel MEYER est professeur de biologie à l'Université de Constance.

Michio HORI, *Frequency-Dependent Natural Selection in the Handedness of Scale-Eating Cichlid Fish*, in *Science*, vol. 260, pp. 216-219, 9 avril 1993.

A. MEYER, *Phylogenetic Relationships and Evolutionary Processes in East African*

Cichlid Fishes, in *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 8, n° 8, pp. 279-284, août 1993.

Tijs GOLDSCHMIDT, *Darwin's Dreampond : Drama in Lake Victoria*, traduction de Sherry Marx-Macdonald, MIT Press, 1996.

Melanie L.J. STIASSNY, *An Overview of Freshwater Biodiversity : With Some Lessons from African Fishes*, in *Fisheries*, vol. 21, n° 9, pp. 7-13, septembre 1996.

Les sources de rayonnement X mou

PETER KAHABKA • EDWARD VAN DEN HEUVEL • SAUL RAPPAPORT

Des systèmes d'étoiles doubles où une naine blanche arrache les couches externes de son compagnon sont à l'origine de phénomènes variés, de l'émission intense de rayonnements X de faible énergie à des explosions de supernovae.

Depuis les années 1930, les astronomes savent que la lumière des étoiles est produite par la fusion nucléaire qui se déroule dans leur cœur. Ainsi, au centre du Soleil, 600 millions de tonnes d'hydrogène se transforment chaque seconde en hélium. Cette réaction dégage de l'énergie sous forme de rayonnements X et gamma, qui diffusent vers la surface à travers d'épaisses couches de gaz, où ils sont partiellement transformés en lumière visible.

Récemment, on a découvert une nouvelle catégorie d'étoiles où la fusion nucléaire ne se déroule pas dans le cœur, mais dans les couches externes. Ces étoiles sont des naines blanches (des étoiles denses ayant épuisé leur carburant nucléaire) en orbite autour d'étoiles ordinaires : la naine blanche attire le gaz des couches externes de son compagnon, surtout de l'hydrogène, et, quand l'hydrogène accumulé en surface est suffisamment comprimé, la fusion commence. Il en résulte une émission de rayonnement X «mou», c'est-à-dire de relativement faible énergie. En prenant du poids, ces naines blanches deviennent parfois instables, se contractent en étoiles à neutrons, encore plus denses, ou explosent.

Par ailleurs, on supposait depuis longtemps que les supernovae de type Ia étaient des explosions de naines blanches. Les sources de rayonnement X mou sont les premiers systèmes stellaires dont on sache qu'ils engendrent de telles explosions. Comme la luminosité des

supernovae de type Ia est utilisée comme référence pour la mesure des distances des galaxies lointaines et, donc, de la vitesse de l'expansion cosmique, l'analyse des sources de rayons X mous devrait préciser l'âge et la vitesse d'expansion de l'Univers.

Un satellite pour les mous

L'histoire des sources de rayonnement X mou a commencé avec le lancement du satellite allemand *ROSAT*, en 1990. Cet observatoire en orbite autour de la Terre a dressé la première carte complète du ciel en rayonnement X mou, domaine du spectre électromagnétique compris entre le rayonnement ultraviolet et le rayonnement X «dur», où l'énergie des photons est comprise entre 100 et 2 500 électronvolts. Excepté l'Observatoire *Einstein* de la NASA et un instrument de l'Observatoire européen *EXOSAT*, qui couvraient la gamme d'énergies de 200 à 4 000 électronvolts, tous les satellites précédents équipés de détecteurs X observaient dans une gamme de rayonnement X dur, d'énergie supérieure.

L'équipe de *ROSAT* a rapidement remarqué quelques astres étranges dans le Grand Nuage de Magellan, petite galaxie satellite de la Voie lactée : ces astres émettaient un rayonnement X très intense (leur puissance était 5 000 à 20 000 fois supérieure à celle du Soleil), mais à des énergies anormalement basses. Les sources de rayonnement X brillantes ont, en général, des spectres durs, dont les intensités

maximales sont réparties entre 1 000 et 20 000 électronvolts. Ces rayons X sont produits par des gaz chauffés à des températures de 10 millions à 100 millions de kelvins. Elles correspondent à des systèmes doubles : une étoile à neutrons ou un trou noir arrachent les couches externes de l'autre étoile. Or, les spectres observés des nouvelles étoiles, à des énergies inférieures à celles des autres sources X brillantes, correspondaient à des températures de quelques centaines de milliers de kelvins seulement.

En fait, après les découvertes de *ROSAT*, des recherches dans les archives ont révélé que deux de ces sources de rayonnement X de basse énergie avaient été découvertes dix ans auparavant, à l'aide de l'Observatoire *Einstein*. Ces sources, nommées CAL 83 et CAL 87, avaient été classées avec les autres sources intenses du Grand Nuage de Magellan, malgré la mollesse inhabituelle de leurs spectres.

À l'époque, des astrophysiciens avaient supposé que CAL 83 et CAL 87 étaient des systèmes doubles où un trou noir