



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Comptes Rendus

Biologies

Henri Décamps


The ecology of adaptive radiation twenty years after

Volume 343, issue 4 (2020), p. 1-3.

Published: 21st April 2021

<<https://doi.org/10.5802/crbio.43>>

© Académie des sciences, Paris and the authors, 2020.
Some rights reserved.

 This article is licensed under the
CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION 4.0 INTERNATIONAL LICENSE.
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



*Les Comptes Rendus. Biologies sont membres du
Centre Mersenne pour l'édition scientifique ouverte*
www.centre-mersenne.org



News and Views / *C'est apparu dans la presse*

The ecology of adaptive radiation twenty years after

L'écologie de la radiation adaptative vingt ans après

Henri Décamps^a

^a Laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement, UMR 5245,
CNRS-Université Paul Sabatier - Institut National Polytechnique, France
E-mail: hdecamps@wanadoo.fr

Keywords. Diversification, Adaptive radiation, Cichlid fishes, Lake Victoria, Lake Tanganyika.

Mots-clés. Diversification, Radiation adaptative, Poisson cichlides, lac Victoria, lac Tanganyika.

Manuscript received and accepted 5th February 2021.

The notion of adaptive radiation links the fields of ecology and evolution. In a classic work, Dolph Schluter defined adaptive radiation as “the evolution of phenotypic and ecological diversity in a rapidly multiplying lineage” based on a common ancestor [1]. 20 years later, in 2020, three articles provide an updated assessment of the issue [2] and shed new light on the causes of adaptive radiation in two East African lakes [3, 4].

The first article [2], written by the arachnologist Rosemary Gillespie and about 20 specialists, explores the common characteristics across the various adaptive radiations currently known, highlighting the great diversity of situations encountered, ranging from plants to vertebrates. The authors analyze the influence of hybridizations on the evolutionary capacity of the species constituting a radiation, drawing attention to the importance of the period of hybridization, before or after the beginning of the radiation [5]. The paper concludes on the need to consider a wide variety of evolutionary trajectories to understand the impact of radiations on speciation

processes—and their consequences on the dynamics of communities and ecosystems.

The starting point of the second paper by McGee *et al.* [3] is an impressive phylogenetic analysis of the 1712 known species in the fish family Cichlidae. This analysis clearly situates the most explosive speciation in the youngest lakes, particularly in Lake Victoria, where 500 species of haplochromine cichlids appeared in 15,000 years. This high rate of speciation cannot be explained by the ecological context alone—aridity and the absence of large predators in particular. Instead, the authors demonstrate the existence of a positive association between the speciation rate and an enrichment of insertion/deletion polymorphisms, often linked to ecological (diet, habitat) and sexual characteristics (nuptial coloration of males), with recombination occurring in a “fundamentally non-tree” like evolution. Thus, the adaptive radiations of the haplochromines in Lake Victoria can be explained by a combination of new ecological opportunities, strong sexual selection and exceptionally high genomic potential,

induced by a high density of ancient indel polymorphisms. This finding represents an important step towards answering the question “why some lineages produce spectacular radiations and others do not” [2, 6].

The third paper, by Fabrizia Ronco *et al.* [3], details the radiation of cichlids in Lake Tanganyika, the oldest lake in East Africa—a radiation that gave rise to 240 endemic species over about 10 million years. The authors first reconstructed the complete phylogeny of the lake’s cichlids, based on their whole genomes. These data point to a non-gradual ecomorphological diversification over the course of the radiation of the cichlids in Lake Tanganyika: three trait-specific pulses occurred, the first one, early and explosive, affecting the shape of the body, the second one modifying the mouth morphology, and the last one varying the shape of the pharyngeal jaw, which appears to be a fundamental trait of cichlid radiations, since changes in jaw shape (as well as body

pigmentation) coincide with a large number of speciation events.

This result provides empirical support for the theoretical scenarios proposed for the adaptive radiation process [7]. Moreover, the study illustrates the influence of within-species genetic diversity on the development of the evolutionary lineages—an influence to be confirmed beyond the cichlids of Lake Tanganyika.

The three papers refresh our understanding of adaptive radiation, while confirming the value of the cichlid model of East African lakes. The papers also echo ideas about the considerable variation among lineages, the simultaneous action of different drivers, and the essential role of “contingencies of place and time in the direction of the evolutionary process” [7].

Acknowledgment

I thank Mark O. Gessner for his insightful comments.

French version

La notion de radiation adaptative relie les champs de l’écologie et de l’évolution. Dans un ouvrage classique, Dolph Schluter a défini cette radiation comme « l’évolution de la diversité phénotypique et écologique dans une lignée se multipliant rapidement » à partir d’un ancêtre commun [1]. En 2020, vingt ans après, trois articles livrent un bilan actualisé de la question [2] et un nouvel éclairage sur les causes des radiations adaptatives en deux lacs d’Afrique de l’Est [3, 4].

Le premier article [2], écrit par l’arachnologue Rosemary Gillespie et une vingtaine de spécialistes, explore les caractères communs aux divers cas connus de radiations adaptatives, soulignant la grande diversité des situations rencontrées des plantes aux vertébrés. Les auteurs analysent l’influence des hybridations sur l’aptitude évolutive des espèces qui composent ces radiations, rappelant l’importance de la période d’hybridation, avant ou après le début de la radiation [5]. L’article conclut sur la nécessité de prendre en compte toute la variété des trajectoires évolutives pour comprendre la portée des radiations sur les processus de spéciation — et leurs conséquences sur la dynamique des communautés et des écosystèmes.

Dans le deuxième article, Matthews McGee *et al.* [3] partent d’une imposante analyse phylogénétique des 1712 espèces connues de poissons de la famille des cichlides. Cette analyse situe clairement les spéciations les plus explosives dans les lacs les plus jeunes, particulièrement le lac Victoria où 500 espèces de cichlides haplochromines sont apparues en 15 000 ans. Un tel taux de spéciation ne saurait s’expliquer par le seul contexte écologique — aridité et absence de grands prédateurs notamment. Les auteurs démontrent en effet l’existence d’une association positive entre le taux de spéciation et un enrichissement en polymorphismes d’insertion/délétion (indel), ce dernier souvent lié à des caractéristiques écologiques (régime alimentaire, habitat) et sexuelles (coloration nuptiale des mâles), avec des recombinaisons dans le cadre d’une évolution « fondamentalement non arborescente ». Les radiations adaptatives des haplochromines du lac Victoria s’expliquent à la fois par l’association de nouvelles opportunités écologiques, d’une forte sélection sexuelle et d’un potentiel génomique exceptionnellement élevé, induit par une forte densité d’anciens polymorphismes indel. Ce résultat représente un pas important vers la ré-

ponse à la question de savoir « pourquoi certaines lignées produisent des radiations spectaculaires et d'autres non » [2, 6].

Le troisième article, par Fabrizia Ronco *et al.* [3] détaille la radiation des cichlides du lac Tanganyika, le plus ancien lac d'Afrique de l'Est — une radiation responsable de l'essor de 240 espèces endémiques, sur environ 10 millions d'années. Les auteurs reconstruisent d'abord la phylogénie complète des cichlides du lac, à partir du séquençage de leurs génomes. Sur cette base, ils montrent que la diversification éco-morphologique des cichlides du lac Tanganyika n'a pas été graduelle au cours de la radiation : trois impulsions successives ont affecté d'abord, d'une manière précoce et explosive, la forme du corps, puis la morphologie de la bouche et enfin la forme de la mâchoire pharyngienne, ce dernier trait apparemment fondamental pour la radiation car coïncidant (ainsi que la pigmentation) avec un nombre élevé d'événements de spéciation. Ce résultat livre un support empirique aux scénarios théoriques du déroulement des radiations adaptatives [7]. Ce travail illustre également l'influence de la diversité génétique des espèces sur le développement des lignées évolutives — une influence à confirmer au-delà des cichlides du lac Tanganyika.

Ces trois articles renouvellent notre compréhension des radiations adaptatives, tout en confirmant la valeur du modèle cichlides des lacs d'Afrique de l'Est. Ils font aussi écho aux idées sur la variation considérable entre lignées, la simultanéité d'action des facteurs impliqués, le rôle essentiel des « contingences

de lieu et de temps dans l'orientation du processus évolutif » [7].

Remerciement

Je remercie Mark O. Gessner pour ses commentaires judicieux.

References

- [1] D. Schluter, *The Ecology of Adaptive Radiation*, Oxford University Press, Oxford, 2000.
- [2] R. G. Gillespie, G. M. Bennett, L. De Meester, J. L. Feder, R. C. Fleischer, L. J. Harmon, A. P. Hendry, M. L. Knope, J. Mallet, C. Martin, C. E. Parent, A. H. Patton *et al.*, “Comparing adaptive radiations across space, time, and taxa”, *J. Hered.* **111** (2020), p. 1-20.
- [3] M. D. McGee, S. R. Borstein, J. I. Meier, D. A. Marques, S. Mwaiko, A. Taabu, M. A. Kishe, B. O'Meara, R. Bruggmann, L. Excoffier, O. Seehausen, “The ecological and genomic basis of explosive adaptive radiation”, *Nature* **586** (2020), p. 75-79.
- [4] F. Ronco, M. Matschiner, A. Böhne, A. Boila, H. H. Büscher, A. El Taher, A. Indermaur, M. Malinsky, V. Ricci, A. Kahmen, S. Jentoft, W. Salzburger, “Drivers and dynamics of a massive adaptive radiation in cichlid fishes”, *Nature* **589** (2021), p. 76-81.
- [5] O. Seehausen, “Hybridization and adaptive radiation”, *Trends Ecol. Evol.* **19** (2004), p. 198-207.
- [6] J. I. Meier, R. B. Stelkens, D. A. Joyce, S. Mwaiko, N. Phiri, U. K. Schliewen, O. M. Selz, C. E. Wagner, C. Katongo, O. Seehausen, “The coincidence of ecological opportunity with hybridization explains rapid adaptive radiation in Lake Mweru cichlid fishes”, *Nat. Commun.* **10** (2019), article no. 5391.
- [7] S. Gavrillets, J. B. Losos, “Adaptive radiation: contrasting theory with data”, *Science* **323** (2009), p. 732-737.