

Histoire évolutive de la Vie

Evolutionary history of Life

Avant-propos

Le 12 février 1809, Charles Darwin naissait à Shrewsbury dans le Shropshire (Angleterre). Jeune naturaliste passionné, il s'embarqua en décembre 1831 sur le *Beagle* pour un tour du monde de cinq années. Durant ce périple, Darwin multiplia les récoltes de spécimens animaux et végétaux, rassembla une grande quantité d'observations sur la formation des îles volcaniques, sur la construction des récifs coralliens, sur le soulèvement du continent sud-américain et sur la distribution géographique des espèces. De retour dans son pays, il s'attacha à la publication des résultats scientifiques de son voyage, se passionna pour les effets de la domestication et se plongea dans l'étude des crustacés cirripèdes, tout en préparant les premières esquisses de la théorie qui devait le rendre célèbre.

Le 24 novembre 1859, Darwin publia la première des six éditions de son fameux ouvrage sous le titre : *De l'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle, ou la préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie*. L'exposé fondateur de Darwin impliquait que l'apparition de nouvelles formes vivantes était le fruit d'une succession de variations dont le seul moteur est l'influence des conditions externes. C'était donc une approche résolument nouvelle et féconde de l'histoire de la vie, en opposition complète à toute finalité.

L'année 2009 sera à la fois celle du bicentenaire de la naissance de Charles Darwin et celle du cent-cinquantième de la publication de *L'origine des espèces*. Ce sera donc une année d'hommages à Darwin. L'Académie des sciences a souhaité s'associer à cette commémoration en publiant deux numéros exceptionnels de ses Comptes rendus, l'un de *Biologies* et l'autre de *Palevol*, consacrés à la théorie darwinienne et à l'Évolution, sous ses aspects biologiques et paléobiologiques.

En un temps où paraissent ici ou là quelques ouvrages qui voudraient contester le fait évolutif en présentant un florilège de fantasmagories, d'arguments non

Foreword

On February 12, 1809, Charles Darwin was born in Shrewsbury in Shropshire, England. An avid young naturalist, he left in December 1831 for a five-year world tour on HMS *Beagle*. During this voyage, Darwin collected a tremendous quantity of animals and plants, and assembled a great number of observations on the formation of volcanic islands, the construction of coral reefs, the elevation of the South American continent, and the geographic distribution of species, among other things. On his return, he threw himself into the publication of the scientific results of the voyage, became absorbed with the effects of domestication, and plunged into a study of cirriped crustaceans (barnacles), all in the service of preparing the first sketches of his celebrated theory.

On November 24, 1859, Darwin published the first of six editions of his famous work entitled *On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the preservation of favored races in the struggle for life*. Darwin's foundational work implied that the appearance of new forms of life was the result of a succession of variations whose only cause was the influence of external conditions. This was a resolutely new and seminal approach to the history of life, opposed as it was to all notions of finality and teleology.

The year 2009 will be at the same time the bicentennial of the birth of Darwin and the 150th anniversary of the publication of *The Origin of Species*. So it will be a year of homage to Darwin. The French Academy of Sciences has become involved in this celebration by publishing two special issues of its *Comptes Rendus* – one in *Biologies* and the other in *Palevol* – dedicated to Darwinian theory and evolution, in its biological and paleobiological aspects.

At a time when many works are still published that contest the fact of evolution with a flurry of fantasies,

scientifiques et malhonnêtes, en un temps où divers groupes de pression tentent de suggérer qu'un plan, qu'un dessein guide la marche de l'Évolution, il est bon de rappeler avec force que la démarche rationnelle et scientifique a permis, au cours des siècles, de découvrir, de décrire les caractéristiques du monde dans lequel nous vivons et de proposer une représentation exacte de la place de l'homme dans la nature. Ainsi, la Terre, de plate est devenue ronde, le soleil ne tourne plus autour de notre planète, les continents se déplacent au fil des millions d'années et les espèces évoluent et se transforment depuis les débuts de la vie. La théorie de l'Évolution, tout comme celle de la gravitation universelle, reposent sur des fondations solides ; elles sont le fruit de l'observation et de l'expérience.

La théorie de l'Évolution s'appuie notamment sur la découverte de fossiles trouvés dans la succession des terrains qui se sont déposés tout au long de l'histoire de la terre. Plus les sédiments sont anciens, plus les espèces fossiles qu'ils renferment diffèrent des espèces actuelles ; plus les sédiments sont récents, plus les espèces fossiles sont proches des actuelles. Darwin a donc avancé l'idée, après les travaux précurseurs de Lamarck et en même temps que ceux de son collègue anglais Alfred Russel Wallace, que les espèces changent et évoluent au cours du temps. Depuis les débuts du XIX^e siècle, la découverte et l'étude d'un nombre sans cesse croissant de fossiles dans des couches de terrains d'âges différents sont venues confirmer les changements des formes vivantes, tels qu'ils avaient été prédits par la théorie de l'Évolution. La découverte en 1861 du fameux *Archaeopteryx*, cet oiseau du Jurassique supérieur, pourvu de dents et de griffes reptiliennes était venue deux ans après *L'origine des espèces* conforter les idées de Charles Darwin et avait conduit Huxley, son fougueux disciple, à proposer une origine dinosaurienne des oiseaux. Aujourd'hui, la méthode cladistique permet de donner un tableau précis et argumenté des relations de parenté qui existent entre les différents groupes d'animaux et de végétaux fossiles et actuels. Cet examen des relations de parenté est un préalable indispensable ; il permet de fournir une base objective à l'établissement des processus qui ont agi au cours du temps, au sein des divers groupes vivants ; ces processus ont, par ailleurs, été illustrés ces dernières années par des découvertes spectaculaires de nouveaux fossiles, découvertes qui éclairent entre autres, les modalités de la sortie des eaux, les différentes phases de l'histoire des éléphants, de celle des baleines ou les étapes de l'homínisation.

Ce numéro de *Palevol* présente une série d'articles destinés à montrer les progrès de nos connaissances

unscientific arguments, and falsehoods, in a time when various pressure groups try to suggest that a grand plan or design guides the pattern of evolution, it is good to recall that rational, scientific thinking, over the course of centuries, has allowed us to discover and describe the features of the world in which we live, and to propose a precise representation of Man's place in nature. The Earth, once flat, has become round; the Sun no longer revolves around our planet; the continents have moved over millions of years; and species have been evolving and transforming themselves since the beginning of life. The theory of evolution, just like that of universal gravitation, rests on solid ground; they are the fruits of observation and experimentation.

The theory of evolution is inextricable from the discovery of fossils deposited in a great succession of outcrops throughout the history of the Earth. The older the sediments, the less fossils that they entomb resemble living forms. Darwin published his arguments that species change and evolve through time, after the pioneering work of Lamarck and at the same time as his English colleague, Alfred Russel Wallace. Since the beginning of the 19th century, the discovery and study of countless fossils in beds of different ages have confirmed the changes in forms of life that had been predicted by the theory of evolution. The discovery in 1861 of the famous *Archaeopteryx*, the Late Jurassic bird with reptilian teeth and claws, two years after *The Origin of Species*, supported Darwin's ideas and led Huxley, his enthusiastic disciple, to propose a dinosaurian origin of birds. Today, cladistic methods have enabled a precisely argued case for the evolutionary relationships of all groups of living and extinct animals and plants. This test of relationships is an indispensable prerequisite: it provides an objective basis for establishing the processes that acted in the course of time on diverse groups; these processes have, furthermore, been illustrated in recent years by spectacular discoveries of new fossils that have illuminated, among other things, how animals came onto land, the different phases of the evolutionary history of elephants and whales, and how human features evolved.

This issue of *Palevol* presents a series of articles designed to show the progress of our understanding of past life on Earth. It is obviously impossible to treat every group of plants and animals in a single volume. These articles, however, provide a broad-brush panorama of past worlds that help us to understand our present one.

Jean-Claude Gall [7] shows us at the outset, that the history of life is inseparable from the history of the Earth. Fabricio Cecca [3] describes the role of paleobioge-

relatives au passé de la vie sur terre. Il était bien évidemment impossible de traiter dans un seul volume chacun des groupes animaux et végétaux. Les articles proposés brossent cependant un large panorama des mondes disparus dont l'étude permet de comprendre le monde vivant actuel.

Jean-Claude Gall [7] nous montre tout d'abord que l'histoire de la vie est indissociable de l'histoire de la terre ; Fabricio Cecca [3] expose le rôle de la paléobiogéographie, la disposition des terres et des mers ayant joué un rôle déterminant au cours des millions d'années, dans la répartition et la diversification des espèces. Jean Vannier [18] brosse un tableau des débuts de la vie au cours du Cambrien, tandis que Brigitte Meyer-Berthaud et Anne-Laure Decombeix [11] présentent l'évolution du monde végétal, avec les débuts d'une innovation importante qui est réalisée au cours du Dévonien, celle du tronc, structure indispensable à l'existence des arbres. Les océans du passé ont été peuplé d'innombrables formes d'invertébrés, parmi lesquels les Ammonites, aujourd'hui disparues dont l'étude a servi et sert toujours de modèle privilégié pour décrire et percer les rythmes et les modalités de l'Évolution, comme le montre Pascal Neige [14]. La diversification de certains Echinodermes du Paléozoïque inférieur présentée par Elise Nardin, Bertrand Lefebvre, Bruno David et Rich Mooi [13], ainsi que l'Évolution et les radiations adaptatives des Échinides au cours du Mésozoïque proposées par Bruno David, Rich Mooi, Didier Néraudeau, Thomas Saucède et Loïc Villier [5], offrent d'autres exemples passionnants de la malléabilité du vivant au cours du temps. Philippe Janvier [10] fait le point sur l'évolution des vertébrés primitifs et sur la formation du crâne, tandis que Gaël Clément et Charlène Letenneur [4] abordent la phase cruciale de la sortie des eaux. Jean-Sébastien Steyer [17] évoque les travaux de Darwin sur les amphibiens d'Amérique du Sud. Les faunes de vertébrés sur les continents vont, à partir du Dévonien, occuper tous les écosystèmes ; sont ainsi présentés, l'origine et l'évolution des Dinosaures Sauropodes par Ronan Allain et Emilie Läng [1], l'origine et l'évolution des Oiseaux par Kevin Padian et Armand de Ricqlès [15], l'origine et l'évolution des Mastodontes et celle des Éléphants par Emmanuel Gheerbrandt et Pascal Tassy [9], l'origine et l'histoire des baleines par Christian de Muizon [12], l'hominisation par Michel Brunet [2].

Le volume se referme sur deux articles en forme de bilan : Jean Gayon [8] pose un regard d'épistémologue sur cette théorie si féconde introduite par Darwin il y a 150 ans, tandis qu'Armand de Ricqlès et Kévin

graphy, how the positions of the oceans and continents have played a determining role in the distribution and diversification of species over millions of years. Jean Vannier [18] provides a tableau of the beginnings of life in the Cambrian, while Brigitte Meyer-Berthaud and Anne-Laure Decombeix [11] present the evolution of the plant world through the beginning of an important innovation that occurred during the Devonian, namely the trunk, an indispensable structure to the existence of trees. The oceans of the past were populated with innumerable forms of now-extinct invertebrates, including the ammonites, whose study has historically served (and continues to serve) as a valuable model to describe and understand the tempo and mode of evolution, as Pascal Neige [14] shows. The diversification of some early Paleozoic echinoderms, presented by Elise Nardin, Bertrand Lefebvre, Bruno David, and Rich Mooi [13], and the evolution and adaptive radiation of echinoids during the Mesozoic, provided by Bruno David et al. [5], offer other vivid examples of the flexibility of living forms through time. Philippe Janvier [10] epitomizes the evolution of early vertebrates and the formation of the skull, while Gaël Clément and Charlène Letenneur [4] treat the critical event of the transition from water to land. Jean-Sébastien Steyer [17] brings us Darwin's work on South American amphibians. Once on land in the Devonian, vertebrate faunas occupied all continental ecosystems; here we include recent progress on the origin and evolution of sauropod dinosaurs by Ronan Allain and Emilie Läng [1], the origin and evolution of birds by Kevin Padian and Armand de Ricqlès [15], the origin and evolution of mastodonts and elephants by Emmanuel Gheerbrandt and Pascal Tassy [9], the origin and history of whales by Christian de Muizon [12], and Michel Brunet's [2] take on "hominization".

The volume closes with two summary essays. Jean Gayon [8] takes a look at Darwin's theory from the point of view of the epistemologist, and Armand de Ricqlès and Kevin Padian [16] summarize and analyze the challenges to the orthodoxy of the "Modern Synthesis of Evolution" during the decades of the 1970s to 2000, resulting in the more recent synthesis known as Evo-Devo (Evolutionary Developmental Biology).

One hundred and fifty years after the publication of the *Origin of Species*, Darwin's theory has retained all its explanatory value, and represents one of the most important advances in knowledge. As Theodosius Dobzhansky rightly observed in 1973 [6], "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution".

Padian [16] brossent un tableau des apports à la théorie de l'Évolution proposés entre les années 1970 et 2000, c'est-à-dire depuis la synthèse orthodoxe néodarwinienne jusqu'à la synthèse récente, connue sous le nom d'Evo-Devo (Évolution-Développement).

Cent cinquante années après la publication de l'*Origine des Espèces*, la théorie formulée par Darwin garde toute sa valeur explicative et illustre l'une des avancées les plus importantes de la connaissance. Comme l'a souligné fort justement Théodore Dozhansky en 1973 [6], « Rien n'a de sens en biologie si ce n'est à la lumière de l'Évolution ».

Yves Coppens

*Collège de France, 3, rue d'Ulm,
75231 Paris cedex 05, France*

Kevin Padian

*Department of Integrative Paleontology and Museum
of Paleontology, University of California,
Berkeley CA 94720-4780, États-Unis*

Armand de Ricqlès

*Équipe ostéohistologie comparée, UMR 7179
CNRS–MNHN–université Paris-6,
Collège de France, 75231 Paris cedex 05, France*

Philippe Taquet*

*Laboratoire de paléontologie, Muséum national
d'histoire naturelle, 8, rue Buffon, 75005 Paris, France*

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : taquet@mnhn.fr (P. Taquet).

1631-0683/\$ – see front matter © 2008 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

doi:10.1016/j.crpv.2008.11.005

Références

- [1] R. Allain, E. Lång, Origine et évolution des saurischiens, C.R. Palevol 8 (2009) 243–256.
- [2] M. Brunet, Origine et évolution des hominidés Toumaï, une confirmation éclatante de la prédiction de Darwin, C.R. Palevol 8 (2009) 311–319.
- [3] F. Cecca, La dimension biogéographique de l'évolution de la Vie, C.R. Palevol 8 (2009) 119–132.
- [4] G. Clément, C. Letenneur, L'émergence des tétrapodes - une revue des récentes découvertes et hypothèses, C.R. Palevol 8 (2009) 221–232.
- [5] B. David, R. Mooi, D. Néraudeau, Thomas Saucedo, Loïc Villier, Évolution et radiations adaptatives chez les échinides, C.R. Palevol 8 (2009) 189–207.
- [6] Th. Dobzhansky, Nothing in biology makes sense except in the light of Evolution, *The American Biology Teacher* 35 (1973).
- [7] J.C. Gall, Terre et Vie : des histoires imbriquées, C.R. Palevol 8 (2009) 105–117.
- [8] J. Gayon, Mort ou persistance du darwinisme ? Regard d'un épistémologue, C.R. Palevol 8 (2009) 321–340.
- [9] E. Gheerbrant, P. Tassy, L'origine et l'évolution des éléphants, C.R. Palevol 8 (2009) 281–294.
- [10] P. Janvier, Les premiers vertébrés et les premières étapes de l'évolution du crâne, C.R. Palevol 8 (2009) 209–219.
- [11] B. Meyer-Berthaud, A.-L. Decombeix, L'évolution des premiers arbres : les stratégies dévoniennes, C.R. Palevol 8 (2009) 155–165.
- [12] C. de Muizon, L'origine et l'histoire évolutive des cétacés, C.R. Palevol 8 (2009) 295–309.
- [13] E. Nardin, B. Lefebvre, B. David, R. Mooi, La radiation des échinodermes au Paléozoïque inférieur, l'exemple des blastozoaires, C.R. Palevol 8 (2009) 179–188.

- [14] P. Neige, A. Brayard, S. Gerber, I. Rouget, Les Ammonoïdes (Mollusca, Cephalopoda): avancées et contributions récentes à la paléobiologie évolutive, *C.R. Palevol 8 (2009)* 167–178.
- [15] K. Padian, A. de Ricqlès, L'origine et l'évolution des oiseaux : 35 années de progrès, *C.R. Palevol 8 (2009)* 257–280.
- [16] A. de Ricqlès, K. Padian, Quelques apports à la théorie de l'Évolution, de la « Synthèse orthodoxe » à la « Super synthèse Evo-devo » 1970–2009 : un point de vue, *C.R. Palevol 8 (2009)* 341–364.
- [17] S. Steyer, Darwin, the amphibians, and the natural selection, *C.R. Palevol 8 (2009)* 233–241.
- [18] J. Vannier, L'Explosion cambrienne ou l'émergence des écosystèmes modernes, *C.R. Palevol 8 (2009)* 133–154.

Disponible sur Internet le 8 January 2009