



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Palevol

www.sciencedirect.com



Analyses d'ouvrages

Temps de la Terre, temps de l'Homme, P. De Wever. Albin Michel, Paris (2012). 213 pp., 20 €

Version française

Ce livre destiné au grand public traite, comme son titre l'indique, du temps, tel qu'il a été perçu par les diverses cultures et par les scientifiques, et particulièrement les géologues. Le temps est depuis longtemps un sujet de préoccupation, comme on l'apprend dans ce livre, et à travers ses diverses ramifications, c'est certainement un sujet d'actualité.

Le livre est illustré de quelques clichés ou dessins, pour la plupart dus à l'auteur. La bibliographie, présentée dans des notes infrapaginales, facilite la lecture ; elle est assez fournie pour un livre de ce genre, même si le spécialiste la souhaiterait encore plus étoffée. Le livre est bien structuré ; il comprend préface, prodrome, avant-propos, introduction, six chapitres, épilogue, index et table des matières.

La préface de Gilles Bœuf explique que le temps de la Terre est lié à celui de l'Homme, entre autres à cause des changements anthropiques, dont un des plus perceptibles est, malheureusement, notre effet dévastateur sur la biodiversité. En effet, selon le *Millenium Ecosystem Assessment* (Mace et al., 2005 : 105), le taux d'extinction actuel serait entre 100 et 1000 fois supérieur au taux normal, calculé sur les derniers soixante millions d'années.

Le prodrome de Jean Dercourt démontre que prendre en compte le temps « long » est essentiel dans la planification de nos constructions. En effet, un recul historique insuffisant fit que les murs de protection des centrales nucléaires furent construits trop bas, comme on le vit récemment au Japon, où un tsunami d'une importance similaire à ceux qui se sont produits il y a seulement quelques siècles causa des dommages conséquents. Le temps de la Terre (géologique) est donc d'importance vitale, pour toute la société, pas seulement pour les seuls scientifiques.

Le premier chapitre discute de la perception du temps dans les cultures et à travers les âges. Il explique que la plupart des civilisations avaient au moins un dieu pour réguler le temps, comme Thot pour les Égyptiens ou Chronos chez les Grecs et que, chez les Aymaras (peuple des Andes), le futur est derrière nous et le passé, devant, peut-être parce que, comme l'indique un proverbe arabe, le passé est bien connu (devant nos yeux), alors que le futur est inconnu.

Il mentionne des mythes sur les tentatives anciennes de manipuler le temps, comme celle de Pénélope défaisant, la nuit, l'ouvrage qu'elle tissait le jour. L'auteur suggère même un lien entre le temps relatif, « élastique », d'Einstein et les montres molles, déformées, du peintre Dali. Il explique également pourquoi les journées sont divisées en 24 heures (plutôt que 10) et pourquoi les semaines comportent sept jours. Mais ce chapitre aborde également des aspects techniques et pointus de la science, comme la définition de la seconde ou la difficulté de passer du temps réversible de la physique des particules au temps irréversible du monde macroscopique. Dans une veine plus géologique, l'auteur explique que la sensibilité extrême aux conditions initiales nous empêche de prédire la température avec précision au-delà de quelques jours, et ce que ceci implique quant à la fiabilité des prévisions des changements climatiques, à l'échelle d'une ou plusieurs décennies. Il présente courageusement cette opinion politiquement incorrecte, qui déplaira sûrement à de nombreux militants écologistes ! Il explique aussi qu'à cause du ralentissement de la rotation de la Terre sur son axe, l'année comptait plus de jours (400) au Dévonien que maintenant, comme en témoigne l'enregistrement des cycles quotidiens et annuels dans les coraux ou coquillages fossilisés.

Le second chapitre, sur le « temps enregistré » (par les phénomènes géologiques), explique comment les strates rocheuses enregistrent le temps à un taux variable et avec de grandes lacunes. Quelques exemples simples permettent d'exposer ce phénomène ; ainsi, une marée dans la baie du Mont Saint-Michel peut déposer une quinzaine de centimètres de sédiments, ce qui se traduirait par 7000 m de sédiments en un siècle, si ce dépôt était continu ! Mais il ne l'est pas, et l'érosion a tôt fait de détruire ce que la marée avait déposé. Certaines strates comprenant des tempestites démontrent qu'une seule tempête peut déposer de 50 cm à 5 m de sédiments, et qu'un tel dépôt peut être séparé du suivant par des milliers d'années. Un autre exemple de lacunes dans le registre sédimentaire est l'absence de croûte océanique actuelle avant le Trias (200–250 Ma). Après avoir lu tout ceci, on n'est pas surpris d'apprendre qu'on estime que seulement entre 0,01 % et 1 % des organismes se fossiliseraient (et encore, c'est peut-être optimiste). La découverte des cycles astronomiques par l'astronome serbe Milutin Milankovich, ainsi que leur utilisation – bien plus tardive en géologie –, est évoquée. Des cas de fossilisation

exceptionnels (comportant des tissus mous, non minéralisés), comme les animaux et plantes préservés en trois dimensions dans les geysérites de Rhynie (Dévonien moyen, vers 410 Ma), présentent un côté plus positif de la paléontologie. Ici, on trouve une petite erreur ponctuelle qui en déconcertera certains, car les fameux schistes de Burgess sont rapportés comme datant de 600 Ma (p. 82), ce qui les placerait dans l'Édiacarien (pré-Cambrien terminal ; Gradstein et al., 2012), donc vers le début de l'explosion biologique du Cambrien, selon les paléontologistes (les âges moléculaires suggèrent une radiation évolutive plus précoce ; Welch et al., 2005). En fait, la riche faune de Burgess (Johnston et al., 2009) date plutôt du milieu du Cambrien (510–500 Ma), vers la fin de l'explosion biologique qui donna naissance aux grands groupes de métazoaires (Collom et al., 2009).

Le troisième chapitre, « Temps repéré », présente les modifications du paysage, des climats, et de la biodiversité à travers les temps géologiques, en utilisant des exemples, tels que les déplacements du rivage, les glaciations et les grandes crises biologiques. On y apprend que la plus connue des courbes de la biodiversité à travers les âges géologiques est fondée sur des données vieilles d'un demi-siècle et qui comportent des problèmes d'échantillonnage. À cela, on pourrait ajouter que cette courbe représente une compilation du nombre de familles à travers le temps, et même que la plupart des études plus récentes dans ce domaine sont fondées sur des décomptes de genres. Or, les genres et familles sont des catégories nomenclaturales qui n'existent pas dans la nature (Laurin, 2008). Ceci soulève des doutes supplémentaires quant à la fiabilité de ces études (Bertrand et al., 2006). Parmi les trouvailles les plus récentes, on lit que les dinosaures du Mésozoïque étaient sur leur déclin avant la fin du Crétacé (Barrett et al., 2009 ; Lloyd, 2012). Certaines notions assez avancées sont brièvement exposées, comme l'effet Signor–Lipps, qui explique qu'un échantillonnage limité (typique des macrofossiles) génère un patron d'extinction apparemment graduel (Signor et Lipps, 1982). L'auteur évoque les faits les plus surprenants et les plus récents dans ce chapitre, comme la survie d'au moins deux clades d'ammonites au début du Cénozoïque. Effectivement, au Danemark, au moins un individu (et donc une espèce) aurait survécu jusqu'à 200 000 ans après la crise K/T (Crétacé/Tertiaire, appelée aussi crise K/Pg, pour Crétacé/Paléogène), mais les autres fossiles d'ammonites du Paléocène ont peut-être été déplacés dans la section (Machalski, 2002 ; Machalski et Heinberg, 2005). Au New Jersey, Landman et al. (2012) évoquent la possibilité (mais pas la certitude) d'une survie de plusieurs espèces d'ammonites pendant quelques jours à quelques centaines d'années après la limite K/T. L'auteur mentionne également qu'un hadrosaure (dinosaur à bec de canard) a également été retrouvé (apparemment avec toute une faune d'autres dinosaures) dans des sédiments datant de juste après la crise K/T, à 65,7 Ma (Fassett, 2009, 2013). (La limite K/T a récemment été redatée à 66,043 Ma, plutôt que 65,5 Ma). La crise K/T n'a donc peut-être pas été aussi sévère et les extinctions pas aussi rapides qu'on l'a souvent affirmé. L'auteur soulève des doutes sur l'importance des météorites dans les grandes crises, en mentionnant qu'il en tombe à peu près cent tonnes quotidiennement

(p. 97). Au moins une étude statistique soutient pourtant que la chute de météorites de grande taille, lorsqu'elle coïncide avec un épisode de volcanisme intensif, semble jouer un rôle déterminant dans les crises biologiques (Arens et West, 2008). Mais l'auteur a des arguments persuasifs, dont le fait que les recherches d'Alvarez et al. (1980), qui lancèrent l'hypothèse selon laquelle une chute de météorite aurait causé la crise K/T, furent financées par le Pentagone (plutôt que par la NSF, comme c'est habituellement le cas en géologie), ce qui soulève la possibilité d'une motivation politique, pour faciliter le financement du programme de « guerre des étoiles ». L'évolution de la perception des fossiles dans le temps est expliquée, entre autres, à l'aide d'amusantes anecdotes, dont l'interprétation erronée donnée par Voltaire, sans doute motivée par ses sentiments antireligieux. Quelques rares passages gagneraient à être clarifiés. Ainsi, on pourrait interpréter le texte (p. 105) comme indiquant que le coelacanth et le *Ginkgo* sont des espèces qui perdurent depuis le Paléozoïque. Ce n'est pas l'intention de l'auteur (qui sait bien que ce n'est pas le cas), ce sont plutôt des survivants de groupes anciens dont l'aspect a relativement peu changé, mais les représentants paléozoïques du taxon Actinoptera, qui inclut le coelacanth, sont bien distincts des actuels et ne sont classés, ni dans la même espèce, ni dans le même genre ou la même famille (Dutel et al., 2012). Les formes apparentées au *Ginkgo* étaient également taxonomiquement distinctes au Paléozoïque (Fischer et al., 2010) ; bien que la délimitation des taxons en nomenclature linnéenne soit largement subjective (Laurin, 2008), de nombreux auteurs considèrent plutôt que le genre *Ginkgo* est apparu au Jurassique et l'espèce actuelle, *Ginkgo biloba*, plus récemment encore (Quan et al., 2010). Dans certains cas, des simplifications étaient inévitables dans un livre pour le grand public, comme dans la discussion de la durée de vie des espèces, et donc la tentative de prédire la date plausible d'extinction de notre propre espèce (pp. 105–107). Traiter ce sujet dans un tel livre était une véritable gageure car, d'une part, les espèces, comme les catégories linnéennes supérieures, sont une catégorie ontologiquement vide, selon certains auteurs (Ereshefsky, 2002), et, d'autre part, en paléontologie, il n'est pas souvent facile d'établir si la succession des espèces représente l'extinction d'une espèce qui est remplacée par une autre ou simplement de l'anagenèse (simple transformation d'une lignée au cours du temps) ou de la cladogenèse (une espèce ancestrale pouvant être remplacée par deux espèces-filles), phénomènes qui n'impliquent pas d'extinctions. On ne peut donc pas simplement compter la durée stratigraphique moyenne de ces morpho-espèces pour prédire combien de temps une lignée doit pouvoir survivre avant de s'éteindre, ni même avant de se scinder en deux pour donner naissance à deux nouvelles lignées. Pour cela, une analyse plus sophistiquée, avec des modèles de naissance et de mort, serait plus judicieuse, mais la présentation de tels concepts aurait été difficile dans un livre destiné au grand public, car ces méthodes utilisent des concepts mathématiques avancés et commencent à peine à être développées pour la paléontologie (Didier et al., 2012).

Le chapitre quatre, « Le temps subdivisé, les limites », raconte avec humour l'histoire de la stratigraphie, tout en

rectifiant diverses idées erronées. Il souligne la contribution du pionnier de la stratigraphie que fut l'abbé Jean-Louis Giraud-Soulavie (1751–1813), dont la contribution n'a pas reçu tout le crédit qu'elle mérite. Le concept de stratotype est explicité, et l'auteur en profite pour souligner (p. 133) que « Sur la quarantaine de stratotypes situés en France, seuls huit sont protégés ». Dans la présentation des stratotypes limites, l'auteur explique les difficultés d'application (assez nombreuses) et le remplacement de divers stratotypes situés en Europe par d'autres, souvent situés dans des parties du monde (telles que la Chine) où la recherche géologique semble mieux valorisée, au point même que les nouveaux mariés, en Chine, vont faire des photos dans le géoparc créé pour le stratotype limite entre Paléozoïque et Mésozoïque !

Le chapitre cinq, « Le temps compté », donne une synthèse historique des idées sur l'âge de la Terre. On y constate comment les auteurs occidentaux ont dû lutter contre la version courte (environ six mille ans) de l'histoire de la Terre propagée par la culture chrétienne. L'histoire de l'interprétation des fossiles et de leur utilisation en datation, ainsi que le développement des méthodes de datation radiométriques, est retracée. Ici aussi, l'auteur corrige certaines idées reçues. Ainsi, il explique que William Smith ne publia pas la première carte géologique, car Georges Cuvier et Brongniart avaient déjà publié de telles cartes du bassin de Paris en 1808, sept ans avant celle de Smith. Il conclut donc, avec humour (p. 158), qu'« Une manière d'être magnanime avec nos voisins d'Albion serait de dire avec eux qu'il s'agit de la première carte géologique en couleur de tout un pays et d'un seul ». Même pour les principes fondateurs de la géologie, l'auteur trouve des précurseurs à Lyell, comme des lettres de J.-A. Deluc rédigées en 1790–1793, ainsi que des travaux de Buffon, dont un datant de 1756.

Le sixième et dernier chapitre, « Que faire de tout ce temps ? », explique l'impact que le grand âge de la Terre, une fois connu, eut sur nos idées à propos de divers sujets géologiques, dont la dérive des continents et l'évolution biologique. L'âge de la vie sur cette planète (entre 3,9 et 2,7 Ga, selon l'auteur), nos vagues idées sur LUCA (le dernier ancêtre commun universel), et les particularités du Quaternaire, avec ses hautes montagnes et les calottes glaciaires aux deux pôles, font partie des thèmes abordés.

Bref, ce livre, produit d'une érudition impressionnante et couvrant plusieurs domaines du savoir (religions, histoire, géographie, paléontologie, physique, etc.), permettra à tous ceux qui sont curieux de passer des heures agréables tout en acquérant des notions essentielles sur le temps. Il semble spécialement indiqué pour l'entourage des paléontologues, autres géologues et évolutionnistes.

Version anglaise

This popular book deals, as its title suggests, with time, as it has been conceptualized by various cultures and by scientists, especially geologists. Time has preoccupied people since the dawn of history, and through its various ramifications, it remains an important topic.

This book is illustrated by a few pictures and drawings, mostly by the author. The bibliography is presented in

infrapaginal notes, which is convenient; it is fairly extensive for a popular book, even though specialists would have preferred a larger one. The book is well structured; it is composed of a preface, a prodromus, a foreword, an introduction, six chapters, an epilogue, an index, and a table of contents.

The preface, by Gilles Bœuf, explains that the time of the Earth is linked with human time, among other reasons because of anthropic changes, the most perceptible aspect of which is the devastating loss in biodiversity. Indeed, according to the Millennium Ecosystem Assessment (Mace et al., 2005: 105), the current extinction rate is between 100 and 1000 times greater than the normal rate calculated over the last sixty million years.

The prodromus by Jean Dercourt shows that taking deep time into consideration is essential in designing our buildings. Indeed, failure to take into consideration climatological events on a scale of more than a few decades resulted in protective walls for nuclear power plants being built too low, as we recently saw in Japan, where a tsunami of a magnitude similar to those that occurred only a few centuries ago caused severe damages. Earth's (geological) time is thus important for society as a whole, not only for scientists.

The first chapter deals with the perception of time in cultures and through history. It explains that most civilizations had at least one God to regulate time, like Thoth for the Egyptians or Chronos for the Greeks, and that for the Aymaras (an indigenous people of the Andes), the future is behind us because it is unknown, whereas the past is well known (before our eyes). It mentions the early mythical attempts to manipulate time, like Penelope, who each night destroyed the tissue that she had woven during the day. The author even suggests a link between the relative, "elastic" time of Einstein and the flabby watches painted by Dali. He also explains why the day is divided into 24 hours (rather than 10) and the weeks into seven days. But this chapter also deals with technical, scientific topics, such as the definition of the second, or the problem we have to go from the reversible time of particle physics to the irreversible one of the macroscopic world. In a more geological vein, the author argues that an extreme sensibility to starting conditions precludes forecasting weather precisely beyond a few days, and what this implies about the reliability of our forecasts of long-term climate change, at the scale of one or a few decades. He courageously presents this politically incorrect opinion that will surely displease many ecological militants ! He also explains that because of the progressive slowdown of the Earth's rotation on its axis, the year lasted longer (400 days) in the Devonian than now, as shown by the records of daily and yearly cycles in the growth rings of fossilized corals and shells.

The second chapter, on "recorded time" (through geological phenomena), explains how the rock strata record time at a variable rate, with long gaps. A few simple examples illustrate this phenomenon; thus, a single tide in the Mont Saint-Michel bay can leave 15 cm of sediments, which would amount to 7000 m of sediments in a century, if the deposit were continuous ! But they are not, of course, and erosion soon destroys what tides leave behind. Some strata include tempestites that demonstrate that a single

storm can lay down 50 cm to 5 m of sediments, and that such deposits can be separated from each other by thousands of years. Another example of gaps in the sedimentary record is the current absence of oceanic crust older than the Triassic (200–250 Ma). After reading all this, we are not surprised to learn that only between 0.01% and 1% of organisms fossilize (and this may still be optimistic). The discovery of astronomical cycles by the Serbian astronomer Milutin Milankovich, and their subsequent use (much later) in geology are evoked. Cases of exceptional fossilization (including soft, unmineralized tissues), like those of the animals and plants preserved in three dimensions in the geysers of Rhynie (Middle Devonian, about 410 Ma) present a more positive side of paleontology. Here, we find a small mistake that will puzzle a few readers because the famous Burgess shales are reported as dating from 600 Ma (p. 82), which would place them in the Ediacaran (Latest pre-Cambrian; Gradstein et al., 2012), towards the beginning of the Cambrian biodiversity explosion, according to paleontologists (molecular ages suggest a somewhat earlier evolutionary radiation; Welch et al., 2005). In fact, the rich Burgess fauna (Johnston et al., 2009) dates from mid-Cambrian times (510–500 Ma), towards the end of the Cambrian explosion that gave rise to all main metazoan taxa (Collom et al., 2009).

The third chapter presents the changes in landscape, climate, and biodiversity through geological ages, using examples, such as changes in coastlines, ice ages, and great biological crises. We learn that the most famous curve of biodiversity through ages is based on half a century old data that suffer from sampling problem. To these problems, we might add that the curve represents a compilation of the number of families through time, and that even most recent studies in this field are based on numbers of genera. Unfortunately, families and genera are nomenclatural categories that do not exist in nature (Laurin, 2008). This raises additional doubts about the reliability of studies based on such data (Bertrand et al., 2006). Among the recent findings, we read that the Mesozoic dinosaurs were declining before the end of the Cretaceous (Barrett et al., 2009; Lloyd, 2012). Some advanced notions are covered, like the Signor–Lipps effect, which explains that a limited sample (typical of macrofossils) generates a deceptively gradual extinction pattern (Signor and Lipps, 1982). The author evokes the most surprising and recent discoveries in this chapter, such as the survival of at least two clades of ammonites into the Early Cenozoic. Indeed, in Denmark, at least one individual (and hence, a species) appears to have survived until about 200,000 years after the K/T crisis (Cretaceous/Tertiary, also called K/Pg, for Cretaceous/Paleogene), but the other Paleocene ammonites may have been moved up in the section (Machalski, 2002; Machalski and Heinberg, 2005). In New Jersey, Landman et al. (2012) evoke the possibility (but not the certainty) that several ammonite species survived from a few days to a few hundred years after the K/T boundary. The author also mentions that remains of a hadrosaur (duck-billed dinosaur) have been found (apparently with a fairly diverse dinosaur fauna) in sediments dating from just after the K/T crisis, at 65.7 Ma (Fassett, 2009, 2013). (The K/T boundary has recently been redated to 66.043 Ma, rather than 65.5 Ma.) The K/T crisis may thus not have

been as severe as has often been claimed. The book also raises doubts about the importance of meteorite impacts in explaining the great biological crises and he mentions that about one hundred tons fall daily onto the Earth. However, at least one statistical study supports the hypothesis that the impact of a large meteorite, when it coincides with an intensive phase of volcanism, plays an important role in triggering mass extinction events (Arens and West, 2008). But the author has persuasive arguments, including the fact that the research of Alvarez et al. (1980), who formulated the hypothesis that a meteorite impact caused the K/T event, was financed by the Pentagon (rather than the NSF, as is normally the case in geology), which raises the possibility of a political motivation, to facilitate financing of the “Star Wars” program. The explanation of evolution of our perception of fossils includes amusing anecdotes, such as the erroneous interpretation offered by Voltaire, probably motivated by his anti-religious feelings. A few passages could be clarified, however. Thus, the text (p. 105) could be interpreted as indicating that the coelacanth and *Ginkgo* are Paleozoic species that persist today. This is not the author’s intent (he knows well that this is not so); rather, both taxa are survivors of groups that changed little since the Paleozoic, but the Paleozoic relatives of the coelacanth and the *Ginkgo* are taxonomically distinct from the living forms (Fischer et al., 2010). And even though delimitation of taxa under rank-based nomenclature is fairly subjective (Laurin, 2008), many authors consider that the genus *Ginkgo* appeared in the Jurassic, and that the extant species *Ginkgo biloba* is more recent still (Quan et al., 2010). In some cases, simplifications are unavoidable in such a popular book, as in the discussion of the life span of species and the attempt to predict the plausible extinction date of our own species (pp. 105–107). To deal with such a topic in a popular book was certainly a bold enterprise because, on the one hand, the species, like higher Linnaean categories, is an ontologically empty designator (Ereshefsky, 2002), and, on the other hand, in the fossil record, it is not always clear if the succession of species involves extinction of a species that is replaced by another, or if it represents anagenesis (a simple morphological evolution within an evolutionary lineage) or cladogenesis (an ancestral species being replaced by two daughter-species), phenomena that involve no extinction. It is thus impossible to simply count the stratigraphic duration of morphospecies to predict how long a species can survive before becoming extinct, or even to give rise to two other lineages through cladogenesis. For this, a more sophisticated analysis with birth and death processes is required, but presenting such concepts in a popular book would have been difficult because these methods require advanced mathematics and they have barely started being developed for paleontology (Didier et al., 2012).

Chapter four, “subdivided time”, provides an entertaining history of stratigraphy that corrects various misconceptions. It highlights the contribution of the pioneer of stratigraphy, the abbot Jean-Louis Giraud-Soulavie (1751–1813), whose contributions have not been given all the credit they deserved. When explaining the concept of stratotype, the author laments (p. 133) that “Of the forty stratotypes located in France, only eight are protected” (all translations in this paper are mine). In the presentation

of Global Stratotype Section and Points (GSSPs), we learn about the numerous problems faced when trying to find and apply them, and the replacement of various stratotypes located in Europe by others, often located in other parts of the World (like China) where geological research seems to enjoy a better status. As an extreme example, many newly-weds in China take pictures in the geopark created for the GSSP that delimits the boundary between Paleozoic and Mesozoic!

Chapter five, "Counted time", provides a historical review of ideas about the age of the Earth. It recounts how occidental authors had to struggle against the recent age (about six thousand years) of the Earth that had been propagated by Christian culture. The history of interpretations of fossils and their use in dating strata, as well as the development of radiometric dating, are summarized. Here too, the author refutes some misconceptions. Thus, he explains that William Smith did not publish the first geological map because Georges Cuvier and Alexandre Brongniart had already published such maps of the Paris basin in 1808, seven years before those of Smith. He thus concludes (p. 158) that "One way to be magnanimous with our neighbors of Albion would be to assert, with them, that it [Smith's map] is the first color geological map of an entire country, and of only one". Even for the founding principles of geology, the author finds precursors to Lyell, like the letters of J.-A. Deluc, written in 1790–1793, and the works of Buffon, including one from 1756.

The sixth and last chapter, "What to do with all this time?", explains the impact that the great age of the Earth, once known, had on our ideas on various geological topics, such as continental drift and biological evolution. The age of Life on this planet (between 3.9 and 2.7 Ga, according to the author), our vague ideas of LUCA (Last Universal Common Ancestor) and the peculiarities of the Quaternary, with its high mountains and the ice caps on both poles, are among the covered topics.

To sum up, this book, the product of an impressive erudition that covers several fields (religion, history, geography, paleontology, physics, etc.) will provide hours of pleasant and instructive readings to all curious individuals. It is especially appropriate for family or friends of paleontologists, geologists, or evolutionary biologists.

Références

- Alvarez, W., Alvarez, F., Asaro, F., Michel, H.V., 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous–Tertiary extinction. *Science* 208, 1095–1108.
- Arens, N.C., West, I.D., 2008. Press-pulse: a general theory of mass extinction? *Paleobiology* 34, 456–471.
- Barrett, P.M., McGowan, A.J., Page, V., 2009. Dinosaur diversity and the rock record. *Proc. R. Soc. Lond. B* 276, 2667–2674.
- Bertrand, Y., Pleijel, F., Rouse, G.W., 2006. Taxonomic surrogacy in biodiversity assessments, and the meaning of Linnaean ranks. *Syst. Biodiversity* 4, 149–159.
- Collom, C.J., Johnston, P.A., Powell, W.G., 2009. Reinterpretation of "Middle" Cambrian stratigraphy of the rifted western Laurentian margin: Burgess shale formation and contiguous units (Sauk II megasequence), Rocky Mountains, Canada. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 277, 63–85.
- Didier, G., Royer-Carenzi, M., Laurin, M., 2012. The reconstructed evolutionary process with the fossil record. *J. Theor. Biol.* 315, 26–37.

- Dutel, H., Maisey, J.G., Schwimmer, D.R., Janvier, P., Herbin, M., Clément, G., 2012. The giant Cretaceous coelacanth (*Actinistia*, *Sarcopterygii*) *Megalocoelacanthus dobiei* Schwimmer Stewart & Williams, 1994, and its bearing on latimerioidei interrelationships. *PLoS One* 7, 1–27.
- Ereshefsky, M., 2002. Linnaean ranks: vestiges of a bygone era. *Phil. Sci.* 69, S305–S315.
- Fassett, J.E., 2009. New geochronologic and stratigraphic evidence confirms the Paleocene age of the dinosaur-bearing Ojo Alamo sandstone and Animas formation in the San Juan basin, New Mexico and Colorado. *Palaeontol. Electron.* 12, 1–146.
- Fassett, J.E., 2013. Revised geochronology and paleomagnetic interpretations of Uppermost Cretaceous and Lowermost Paleocene rocks in the southern San Juan basin. *New Mexico Geological Society Guidebook, New Mexico*, pp. 215–222.
- Fischer, T.C., Meller, B., Kustatscher, E., Butzmann, R., 2010. Permian ginkgophyte fossils from the Dolomites resemble extant *O-ha-tzuki* aberrant leaf-like fructifications of *Ginkgo biloba* L. *BMC Evol. Biol.* 10, 1–17.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M., Ogg, G. (Eds.), 2012. *The Geologic Time Scale 2012*. Elsevier, Amsterdam.
- Johnston, P.A., Johnston, K.J., Collom, C.J., Powell, W.G., Pollock, R.J., 2009. Palaeontology and depositional environments of ancient brine seeps in the Middle Cambrian Burgess Shale at The Monarch, British Columbia, Canada. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 277, 86–105.
- Landman, N.H., Garb, M.P., Rovelli, R., Ebel, D.S., Edwards, L.E., 2012. Short-term survival of ammonites in New Jersey after the end-Cretaceous bolide impact. *Acta Palaeont. Pol.* 57, 703–715.
- Laurin, M., 2008. The splendid isolation of biological nomenclature. *Zool. Scr.* 37, 223–233.
- Lloyd, G.T., 2012. A refined modelling approach to assess the influence of sampling on palaeobiodiversity curves: new support for declining Cretaceous dinosaur richness. *Biol. Lett.* 8, 123–126.
- Mace, G., Masundire, H., Baillie, J., Ricketts, T., Brooks, T., Hoffmann, M., Stuart, S., Balmford, A., Purvis, A., Reyers, B., Wang, J., Revenga, C., Kennedy, E., Naeem, S., Alkemade, R., Allnutt, T., Bakarr, M., Bond, W., Chanson, J., Cox, N., Fonseca, G., Hilton-Taylor, C., Loucks, C., Rodrigues, A., Sechrest, W., Stattersfield, A., Rensburg, B.J., Whiteman, v., Abell, C., Cokeliss, R., Lamoreux, Z., Pereira, J., Thönell, H.M., Williams, J., Ceballos, P., Lavorel, G., Orians, S., Pacala, G.S., 2005. *Biodiversity*. In: Hassan, R., Scholes, R., Ash, N. (Eds.), *Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press, Washington, DC, pp. 77–122.
- Machalski, M., 2002. Danian ammonites: a discussion. *Bull. Geol. Soc. Den.* 49, 49–52.
- Machalski, M., Heinberg, C., 2005. Evidence for ammonite survival into the Danian (Paleogene) from the Cerithium Limestone at Stevns Klint, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Den.* 52, 97–111.
- Quan, C., Sun, G., Zhou, Z., 2010. A new Tertiary *Ginkgo* (*Ginkgoaceae*) from the Wuyun formation of Jiayin Heilongjiang, northeastern China and its paleoenvironmental implications. *Am. J. Bot.* 97, 446–457.
- Signor, P.W., Lipps, J.H., 1982. Sampling bias gradual extinction patterns and catastrophes in the fossil record. In: Silver, L.T., Schultz, P.H. (Eds.), *Geological Implications of Impacts of Large Asteroids and Comets on the Earth*. The Geological Society of America, Boulder, pp. 291–296.
- Welch, J.J., Fontanillas, E., Bromham, L.D., 2005. Molecular dates for the "Cambrian explosion": the influence of prior assumptions. *Syst. Biol.* 54, 672–678.

Michel Laurin
CR2P, CNRS/MNH/UPMC-U Paris 6,
UMR 7207, Centre de recherches sur la
paléobiodiversité et les paléoenvironnements,
Muséum national d'histoire naturelle,
8, rue Buffon – CP 38, 75005 Paris, France
Adresse e-mail : laurin@mnhn.fr,
michel.laurin@upmc.fr

Reçu le 23 février 2014

Accepté le 18 mars 2014

Disponible sur internet le 26 avril 2014