

PÉRIODE	DATE (MA)	ÉVÈNEMENTS MAJEURS	PRINCIPALES VICTIMES
NÉOGÈNE		ÉVOLUTION HUMAINE	Plancton, invertébrés marins
	24		
PALÉOGÈNE			Plancton, mammifères Plancton, invertébrés marins, mammifères
	65	LES PLANTES À FLEURS DEVIENNENT PRÉDOMINANTES SUR TERRE	Plancton, invertébrés et reptiles marins, dinosaures Invertébrés marins
CRÉTACÉ			
	144	ÉVOLUTION DES PREMIERS OISEAUX	Plancton, invertébrés marins, reptiles marins, dinosaures.
JURASSIQUE			
	213		Invertébrés marins
TRIAS		ÉVOLUTION DES PREMIERS MAMMIFÈRES	Invertébrés marins
	248		Protozoaires, invertébrés marins, reptiles mammaliens
PERMIEN			
	286		
CARBONIFÈRE		ÉVOLUTION DES PREMIERS REPTILES	
	320		
	360	INVASION DES TERRES PAR LES VERTÉBRÉS	
DÉVONIEN			Plancton, invertébrés marins, poissons primitifs
	408	EXPLOSION DES PLANTES TERRESTRES	
SILURIEN			
	438		Invertébrés marins, dont les bâtisseurs de coraux
ORDOVICIEN			
	505	ÉVOLUTION DES POISSONS	Invertébrés marins (trilobites)
CAMBRIEN			
	590	DIVERSIFICATION DE LA VIE MARINE	
PRÉCAMBRIEN			
	650		

4. LES GRANDES EXTINCTIONS, (en rouge), ont ponctué l'histoire des êtres vivants, éliminant certaines espèces et permettant l'explosion évolutive d'autres lignées. Ces extinctions sont liées à des crises de l'environnement terrestre dont les causes seront précisées par des recherches sur les fossiles et sur la dynamique du Système solaire.

en 1859, les fossiles acquièrent rapidement le statut de témoins privilégiés de l'évolution. Ce fut la grande époque de la recherche des chaînons manquants, mais aussi celle de la recherche de «lois» de l'évolution, que l'on espérait découvrir par l'étude des données paléontologiques. Cette recherche de lois s'est révélée assez vaine, et les rares tentatives récentes dans ce sens paraissent tout aussi vouées à l'échec. Depuis l'avènement de la théorie synthétique, ou néo-darwinienne, de l'évolution, qui a intégré notamment les données fondamentales de la génétique, qu'ignorait Darwin, il est apparu que ce n'est pas la paléontologie qui peut nous renseigner le plus utilement sur les *mécanismes* de l'évolution (qui relèvent beaucoup plus de la génétique et de la biologie moléculaire), alors qu'elle reste une source d'information absolument irremplaçable sur son *déroulement*. Cela a conduit à souligner de nouveau le caractère de science historique de la paléontologie. Dans la seconde moitié du XX^e siècle, on a assisté à un change-

ment d'approche très net dans le domaine de la paléontologie historique. L'accent fut longtemps mis sur l'analyse, fondée sur des études anatomiques détaillées, des grandes transitions évolutives, par exemple, dans le domaine de la paléontologie des vertébrés, le passage des poissons aux amphibiens, puis des amphibiens aux reptiles, des reptiles aux mammifères, etc. Plus récemment, la reconstitution des relations de parenté entre les organismes a pris le dessus, du fait du développement de l'approche cladiste, la recherche des ancêtres étant remplacée par celle des groupes-frères. Le changement méthodologique a été important, mais a parfois relégué au second plan l'approche historique. Un cladogramme veut exprimer des relations de parenté, mais il ne devient une représentation de l'histoire évolutive d'un groupe d'animaux ou de plantes que lorsqu'un stade suivant est franchi et qu'il est «calibré», replacé dans une succession stratigraphique.

Pour envisager ce que pourrait être la paléontologie du futur, il faut sans

doute s'intéresser à des changements d'approche plus récents encore. L'un des plus importants est sans doute la redécouverte du phénomène d'extinction. La paléontologie scientifique est née, à la fin du XVIII^e siècle, avec la découverte de ce phénomène, lorsqu'il a été démontré de façon irréfutable, par Georges Cuvier notamment, que d'innombrables espèces animales et végétales n'avaient plus de représentants actuels, et qu'elles avaient donc disparu. La paléontologie naissante acquerrait ainsi son objet d'étude, les espèces qui n'existent plus de nos jours. Mais le phénomène d'extinction lui-même parut à beaucoup perdre de son intérêt dès lors que les catastrophes furent bannies de l'histoire de la Terre par une géologie systématiquement actualiste et gradualiste, et que la théorie de l'évolution permit de concevoir que beaucoup d'espèces avaient en fait disparu par transformation en d'autres espèces. Dans un tel cadre conceptuel, les extinctions n'apparaissaient plus que comme un phénomène secondaire, voire anecdotique, et, depuis le milieu du XIX^e siècle jusqu'à la fin du XX^e, ce sont l'origine et la transformation des espèces qui ont mobilisé les énergies des paléontologues, bien plus que leur extinction.

Les extinctions, problème majeur

Les choses ont changé depuis 1980, avec l'arrivée sur le devant de la scène d'un nouveau catastrophisme, bien sûr complètement débarrassé des arrière-pensées religieuses qui avaient coloré certaines des conceptions catastrophistes (mais pas toutes) au XIX^e siècle. Les catastrophes étudiées par la géologie moderne n'ont plus rien de surnaturel, qu'il s'agisse d'impacts d'objets extraterrestres ou d'éruptions volcaniques massives. L'étude des extinctions connaît depuis lors un regain d'intérêt, notamment celle des extinctions en masse, qui affectent en un court laps de temps de nombreux groupes très divers d'organismes – et paraissent éventuellement liées à des phénomènes catastrophiques.

Refaire des extinctions l'un des sujets centraux de la recherche paléontologique est en soi une petite révolution, même si relativement peu de paléontologues semblent en avoir pris conscience, ce qui est d'ailleurs paradoxal, parce que les récents débats sur

la question ont souvent été pour le moins vigoureux, notamment au sujet de la grande extinction de la limite Crétacé-Tertiaire, il y a 65 millions d'années. Il est vrai que physiciens, astronomes et géochimistes ont souvent occupé la première place dans les débats en question, mais il n'en est pas moins vrai que la question des extinctions en masse et de leurs causes remet la paléontologie au cœur d'un des débats majeurs des sciences de la Terre, position qu'elle n'avait pas occupée depuis longtemps. L'intérêt majeur des grandes crises environnementales qui ont affecté à plusieurs reprises notre planète, quelles que soient leurs causes exactes, est leurs effets sur le monde vivant. Ce sont d'ailleurs les données paléontologiques qui permettent de repérer ces crises. Pour prendre l'exemple le plus connu, il est clair que l'impact d'un astéroïde de la limite Crétacé-Tertiaire n'aurait pas suscité autant d'intérêt s'il avait simplement laissé un énorme cratère, aujourd'hui invisible dans la topographie, sur la côte du Yucatán, et une mince couche d'argile contenant de curieuses anomalies géochimiques et minéralogiques au sein des sédiments déposés à cette époque dans le monde entier. Ce qui a rendu célèbre cet impact, c'est qu'il a provoqué une des plus sévères extinctions en masse, dont les dinosaures, entre autres, ont été les victimes. Les centaines d'articles publiés sur ce sujet, depuis 1980, par des scientifiques issus des disciplines les plus diverses tournent fondamentalement autour d'un problème paléontologique.

Que reste-t-il à dire aux paléontologues sur de tels sujets? Beaucoup de choses, et leur contribution sera essentielle. En effet, découvrir le ou les phénomènes physico-chimiques à l'origine d'une grande crise environnementale est une étape cruciale, mais il reste à comprendre le lien exact entre ces phénomènes et leurs effets sur les êtres vivants.

Les paléontologues sont bien évidemment les mieux placés pour répondre à ces questions qui sont d'ordre biologique. Une des caractéristiques des extinctions en masse est qu'elles sont sélectives : alors que certains groupes d'organismes sont complètement éliminés (les dinosaures, par exemple), certains survivent (les crocodiliens), parfois sans être apparemment affectés. La naïveté des explications proposées à ce phénomène par des non-biologistes est parfois étonnante, et, dans ce

domaine en particulier, il reste énormément à faire aux paléontologues d'abord pour déterminer précisément quelles espèces s'éteignent et quelles survivent, ensuite proposer des explications biologiquement acceptables.

La paléontologie du futur aura donc à se pencher sur la question des extinctions, bien plus qu'elle ne l'a fait depuis près de deux siècles, et l'on peut certainement s'attendre à des découvertes intéressantes dans l'explication des phénomènes de disparition des espèces. Contrairement à ce que l'on a pu croire aux débuts de la paléontologie évolutive, et à ce que quelques chercheurs, extrêmement minoritaires, essaient encore de prouver aujourd'hui, les espèces ne sont pas vouées à l'extinction par de mystérieux mécanismes internes. Tout au contraire, les liens entre l'histoire des organismes et celle de leur environnement apparaissent de plus en plus clairement. Les grandes crises de l'environnement terrestre, quelles que soient leurs causes (et il est probable qu'elles furent diverses), ont eu une influence considérable sur le déroulement de l'histoire de la vie sur Terre, et y ont introduit un élément de hasard, ou de contingence, non négligeable.

Dire que l'évolution des êtres vivants et l'évolution de la planète qui les porte sont inséparables peut apparaître comme une banalité, mais c'est une constatation simple qui peut montrer la voie de certains développements futurs de la paléontologie. Dès l'avènement de la tectonique des plaques, et parfois même avant, les paléontologues ont compris que l'histoire des plantes et des animaux devait être interprétée en fonction des déplacements continentaux et des ouvertures océaniques. Mais la géographie n'est bien sûr qu'un des aspects du problème. Ce sont les changements de l'environnement dans son ensemble, y compris ceux de la composition de l'atmosphère, du climat, des circulations océaniques, etc., qui doivent être pris en considération pour comprendre les influences qui se sont exercées sur l'évolution des êtres vivants. La reconstitution des environnements du passé n'est pas chose aisée, mais les études en ce domaine se multiplient, avec par exemple la production de modèles climatiques pour des périodes de plus en plus anciennes. La paléontologie est en mesure de jouer un rôle considérable dans l'élaboration de tels modèles, parce qu'elle fournit des don-

nées concrètes qui peuvent être confrontées aux modèles théoriques, et éventuellement les réfuter. Cela peut être aisément illustré par les travaux sur les périodes de crise ou de catastrophe, pour lesquelles certains modèles proposés se révèlent inadéquats, car ils sont en contradiction avec les données paléontologiques. Ainsi, les scénarios qui postulent une baisse considérable et durable des températures à la limite Crétacé-Tertiaire doivent être rejetés, pour la simple raison que beaucoup de reptiles, dont on sait que les représentants actuels ne résistent pas au froid, ont survécu aux événements de cette période.

L'évolution n'est pas un long fleuve tranquille

La vision uniformitariste et statique de l'histoire de la Terre qui a dominé la géologie pendant plus d'un siècle a commencé à s'effacer, au profit d'une vision plus dynamique, avec l'hypothèse de la dérive des continents, puis avec l'avènement de la tectonique des plaques. Elle est battue en brèche d'une façon encore plus sévère par le retour du catastrophisme qui souligne l'importance des périodes de crise. Dans un tel contexte, il n'est plus possible de concevoir l'évolution générale des êtres vivants comme un déroulement calme et majestueux. C'est une histoire pleine de bruit et de fureur qu'il faut sans doute envisager, et c'est dans ce cadre renouvelé que se feront sans doute les grandes découvertes paléontologiques de demain. Mais, quelles que soient les approches utilisées, à la source des progrès les plus spectaculaires il y aura toujours la recherche et la découverte de nouveaux fossiles sur le terrain.

Éric BUFFETAUT est directeur de recherche au CNRS.

Éric BUFFETAUT, *Dinosaures. À la recherche d'un monde perdu*, L'Archipel, 1997.

Rob DESALLES et David LINDLEY, *La science de Jurassic Park*, Bayard Éditions, 1997.

Walter ALVAREZ, *La fin tragique des dinosaures*, Hachette, 1998.

Éric BUFFETAUT, *Histoire de la paléontologie*, collection «Que sais-je?», Presses universitaires de France, 1998.

Les fossiles, témoins de l'évolution, collection Bibliothèque Pour la Science.
