



■ Vue d'artiste d'un dinosaure, espèce qui a dominé la Terre jusqu'à la fin du tertiaire.

Les grandes extinctions du passé

L'annonce de la sixième extinction liée au changement climatique fait presque partie de notre quotidien contribuant par ses perspectives effrayantes au catastrophisme ambiant. Mais si la Terre et les espèces qui l'habitent peuvent à juste titre s'attendre dans un futur indéterminé à connaître la « sixième extinction », son histoire nous apprend que la vie sur la planète a résisté aux cinq extinctions répertoriées aujourd'hui pendant son évolution. Sortant un peu de son champ habituel, la REE vous invite, grâce à l'auteur, à voyager dans le temps jusqu'aux origines de la terre et de la vie et à « revivre » ces catastrophes d'un passé plutôt lointain.

Marc Leconte

Membre émérite de la SEE

Les extinctions se rapportent à l'évolution de la vie sur terre ce qui implique de remonter aux conditions d'apparition de la vie elle-même et du contexte dans lequel elle s'est développée, a régressé et s'est redéveloppée de manière différente, tout cela en fonction de différents facteurs

que sont l'atmosphère, la température et la géologie de la terre. Les extinctions sont ainsi des événements intervenus dans un passé qui s'étend bien au-delà des chiffres que nous avons l'habitude de manipuler y compris en préhistoire car ici il s'agit de centaines de millions et même de milliards d'années.

Comment sait-on ce que l'on sait ?

L'histoire des extinctions est liée à l'histoire de la dynamique de la terre, de son climat et de l'apparition de la vie, tous ces domaines étant imbriqués pour former un système complexe. La paléoclimatologie tente de

reconstituer le climat et d'en comprendre les mécanismes. La mémoire du climat est enregistrée sous forme de sédiments, de glace et de fossiles. La température et la pluviosité ont par exemple des influences sur la constitution de la glace ainsi que sur les sédiments. Les couches stratigraphiques sont, elles, les témoins de la dynamique de l'enveloppe terrestre et ce sont des techniques liées aux isotopes de la matière qui permettent de dater tous ces éléments. La technique du carbone 14 est bien connue mais elle ne permet pas de remonter au-delà de 40 000 ans, c'est pourquoi l'étude des isotopes s'étend à d'autres éléments. Comme la physique a permis de remonter très près du big bang (les trois premières minutes, la première seconde), la paléontologie a permis de remonter à la formation de la terre, d'en écrire l'histoire et d'en dresser une chronologie (figure1).

Brève histoire de la formation de la Terre et de son évolution.

Selon les études les plus récentes, la Terre s'est formée il y a 4,56 milliards d'années par accréation de la nébuleuse solaire primitive en même temps que les autres planètes telluriques. La Terre est un nuage gazeux qui se transforme en un amas de minéraux de silicate et de fer natif. Elle a continué de grossir pendant environ 150 millions d'années, a atteint sa taille actuelle entre 4,4 et 4,45 milliards d'années et formé son noyau et son atmosphère. Presque « immédiatement » après sa formation, la Terre a été bombardée de manière massive et continue durant des millions d'années par des projectiles, plus ou moins gros, des comètes mais plus probablement des astéroïdes ce qui a eu pour conséquence la création d'océans. Une deuxième période de bombardement est intervenue consécutivement aux migrations des grosses planètes Jupiter et Saturne. Ces dernières ont expulsé Uranus et Neptune aux confins de la ceinture de Kuiper dans laquelle circulent des centaines de millions de comètes qui, par leurs trajectoires fortement elliptiques, vont croiser les planètes telluriques provoquant de multiples collisions dont les traces peuvent encore se voir par exemple sur la Lune.

Ce bombardement massif a eu pour conséquence d'effacer l'histoire antérieure du globe terrestre sur une durée de 800 millions d'années. Par la suite, vers 3,8 milliards d'années, s'opère un retour à une certaine stabilité caractérisée par une atmosphère dépourvue d'oxygène dite anoxique, riche en gaz à effet de serre, et un océan qui recouvre la quasi-totalité de la Terre qui est pratiquement devenue une planète océan. Le Soleil dont les modèles de la physique décrivent bien l'évolution, est encore jeune mais moins puissant. Depuis 4,5 milliards d'années, après la disparition du disque solaire et la formation des planètes, la luminosité du Soleil augmente et augmentera de manière continue dans les milliards d'années à venir. En effet le Soleil, gigantesque réacteur nucléaire à fusion, brûle d'abord son hydrogène, puis son hélium et sa luminosité s'accroît d'environ 7 % par milliard d'années.

Or cette insolation de la terre par le soleil aurait dû conduire à une terre complètement englacée et, vue de l'espace, ressembler aux astres glacés que sont par exemple Encelade, le satellite de Saturne ou Europe le satellite de Jupiter. Or l'évolution que nous pouvons reconstituer montre que cela n'a pas été le cas. Non seulement le climat de la Terre a été chaud pendant l'Archéen, entre 3,8 et 2,5 milliards d'années et le Protérozoïque, période comprise entre 2,5 milliards d'années et 540 millions d'années (Cf. la figure 1 qui rappelle la succession des âges géologiques), mais il y a eu peu de traces de glaciation. La « faiblesse » du Soleil jeune a été compensée par d'autres facteurs. Les paléontologues et historiens du climat ont par exemple avancé l'hypothèse de la présence dans l'atmosphère de plusieurs gaz à effet de serre. La question se posait alors de savoir quels gaz s'étaient maintenus sur des échelles de temps aussi

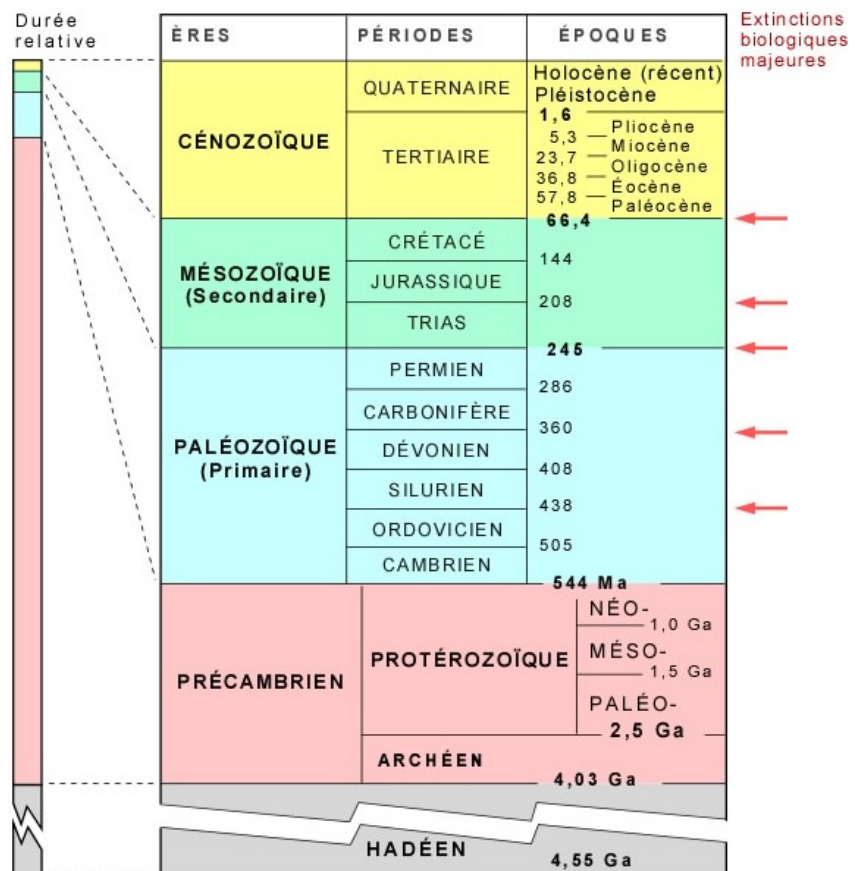


Figure 1 : Tableau des ères géologiques subdivisées en périodes puis en époques. Les flèches rouges indiquent les extinctions. La sémantique des périodes est déterminée soit par des lieux géographiques (Devon), des caractéristiques du climat (Carbonifère) ou par des espèces (Silurien).

“ Il y a 2,4 à 2,2 milliards d’années, l’oxygène est passé d’un état totalement marginal dans les océans et l’atmosphère à une quantité mesurable. Cet évènement capital dans l’écosystème océan/atmosphère va bouleverser l’évolution de la vie. ”

●●● longues, en l’occurrence des milliards d’années. Divers candidats ont été discutés, par impacts décroissants, l’ammoniac (NH_3), le méthane (CH_4) le gaz carbonique (CO_2) ou enfin l’eau (H_2O). Il semble qu’il y ait eu tous ces éléments couplés avec des inversions de proportion pour maintenir un effet de serre suffisant pour éviter une glaciation complète et durable pendant plus d’un milliard d’année.

Apparition de la vie

En évitant le problème compliqué consistant à donner une définition de la vie, nous nous bornerons simplement à indiquer qu’un virus n’est pas vivant mais une bactérie l’est. La période qui débute il y a 3,8 milliards d’années n’offre que très peu de données accessibles du point de vue de la géologie et de la géochimie. La Terre de cette époque a laissé peu de traces, pas de squelettes, pas de coquilles mais, cependant, c’est au cours de ces centaines de millions d’années que de minuscules microbes et bactéries vont utiliser différentes sources d’énergie et qu’ils sont à ce titre considérés comme les premiers témoins de l’apparition de la vie terrestre. Mais cet évènement capital ne peut pas être daté précisément : il est intervenu alors que la Terre était proprement inhabitable pour la vie actuelle alors que dans l’atmosphère le dioxyde de carbone et le méthane semblent avoir régulé la température de la Terre à des valeurs élevées. Les traces de vie prennent place dans l’océan archéen dans un monde sans oxygène. Le groupe fondateur de la vie primitive est représenté par les archées, des organismes monocellulaires sans noyau. Les conditions qui régnaient alors à la surface de la Terre, température des océans élevée, atmosphère et océans sans oxygène, favorisaient leur présence. Or ces

archées ont la propriété, d’une part, d’être très productrices en méthane une source très importante de gaz à effet de serre et, d’autre part, d’être intolérantes à l’oxygène car une très petite quantité d’oxygène suffit à les éliminer. Mais un évènement considérable appelé le Grand Évènement d’oxydation va modifier la Terre.

Apparition de l’atmosphère oxygénée

Il y a 2,4 à 2,2 milliards d’années, l’oxygène est passé d’un état totalement marginal dans les océans et l’atmosphère à une quantité mesurable. Cet évènement capital dans l’écosystème océan/atmosphère va bouleverser l’évolution de la vie. La teneur en oxygène va évoluer vers une valeur de 5 à 18 % de sa teneur actuelle (les 21 % de l’air que nous respirons aujourd’hui). C’est un début du phénomène d’oxygénation, d’autres étapes seront à franchir pour porter la teneur en oxygène à des valeurs proches des nôtres. Au cours de l’Histoire, il y a eu des augmentations au Néoprotérozoïque, entre 800 et 600 millions d’années, comme par exemple au Carbonifère où la proportion d’oxygène est devenue un peu plus élevée que la valeur actuelle. La valeur que nous connaissons aujourd’hui n’a été atteinte que bien plus tard à la fin du Dévonien (408-355 millions d’années), quand le système Terre a « équilibré » sa teneur en oxygène à 21 %.

L’origine de cette oxygénation de l’atmosphère reste une question très débattue. Pour expliquer l’apparition de l’oxygène dans l’océan et l’atmosphère terrestre, des chercheurs ont proposé de considérer que le fer, massivement présent dans l’océan archéen, a fixé l’oxygène produit par les premières cyanobactéries. Ces organismes

primitifs produisent de l’oxygène par photosynthèse et vont déséquilibrer l’oxydation du fer en n’étant plus capables d’absorber par oxydation la quantité croissante d’oxygène provenant du développement de la vie. Ce phénomène a conduit l’oxygène excédentaire à envahir océan et atmosphère. Cette évolution correspond à l’apparition chez les bactéries de la photosynthèse qui permet de fabriquer l’hydrogène dont elles ont besoin et l’oxygène qui est un déchet. Ce déchet va se répandre à bas bruit, réagir avec les roches et les fonds océaniques. Pendant des centaines de millions d’années, les bactéries l’ont produit sans qu’il se diffuse dans les océans ou l’air de l’atmosphère. C’est seulement quand tout est oxydé que l’oxygène va envahir l’air et la surface des océans. Lorsque commence le Protérozoïque, les grands perdants de l’arrivée de l’oxygène sont les archées qui ont été empoisonnées à la surface des océans par la montée de l’oxygène, tandis que les grands vainqueurs de la révolution de l’oxygène sont les cyanobactéries qui en produisent.

Les climats

Il y a deux à trois millions d’années apparaissent des périodes cycliques, chaudes et froides, d’environ 40 000 ans. Cette durée n’est pas anodine, car elle correspond à la période de variation de l’orientation de l’axe de rotation de la Terre. Ces perturbations de la géométrie de l’orbite de la Terre atténuent de près de dix pour cent la différence entre la quantité de lumière solaire reçue en hiver et en été, ces variations pouvant être responsables du début ou de la fin des époques glaciaires.

Le Paléozoïque compris entre 543 et 250 millions d’années est globalement chaud, mais comporte des phases froides très différentes les unes des autres, tant par l’extension et le volume des calottes de glace que par la durée des glaciations. Les cinq périodes qui constituent le Paléozoïque sont le cambrien, l’ordovicien, le silurien, le dévonien et le carbonifère. Pendant ces longues périodes de temps, le climat, le cycle du carbone et la tectonique des plaques vont interagir avec des

alternances de climat chaud, et de phases froides bien marquées. Mais la régulation de la température au Paléozoïque était alors bien plus élevée qu'actuellement. L'un des aspects fondamentaux de cette régulation était lié à la teneur en gaz à effet de serre. Pour que le CO₂ puisse s'équilibrer à des taux élevés, il fallait que source et absorption puissent le maintenir. Or il semble que la source, le volcanisme, était plus élevée qu'actuellement du fait de dorsales océaniques plus importantes et d'un niveau de la mer également plus élevé. Par ailleurs, côté absorption, c'est à l'ère primaire, au dévonien, que la végétation va s'installer de manière irréversible sur les continents. La présence de sol et de végétation subaérienne va augmenter considérablement l'altération et, donc, l'absorption de CO₂. Un autre aspect reste, évidemment l'augmentation de la luminosité du Soleil qui au seuil de l'ère primaire est seulement 3,5 % plus faible que l'actuelle.

Les extinctions

Il y a 600 millions d'années, il se produit une extraordinaire multiplication des organismes vivants que les paléontologues appellent *l'explosion cambrienne*. La complexification des formes de vie s'intensifie au début dans l'océan puis sur des continents qui dérivent et prennent alors des formes de plus en plus diversifiées. Les évolutions que nous avons évoquées précédemment se déroulaient sur des temps géologiques dont l'échelle, des milliards et centaines de millions d'années, si elle sont intellectuellement accessibles à notre compréhension, le sont difficilement à la perception. Or avec l'explosion cambrienne apparaissent des crises biologiques qui ponctuent l'évolution des espèces sortant de l'échelle de temps très longue qui avait prévalu jusque-là. La découverte de la disparition de nombreuses espèces animales et végétales a introduit la notion catastrophique d'extinction. De nombreuses données démontrent l'existence sur le Phanérozoïque d'une vingtaine de crises biologiques et de cinq extinctions de grande ampleur. Celles-ci se situent à la fin de l'ordovicien, du dévonien, du permien (la plus massive) et à la fin du trias et du crétacé.

Extinction de la fin de l'ordovicien : 445 millions d'années

Avec l'apparition des coquilles et autres armatures solides des nouvelles espèces qui voient le jour, les éléments de l'évolution se mettent en place, et c'est dans ce contexte que les paléontologues identifient la première grande extinction en masse de la biosphère à la fin de l'ordovicien, il y a 445 millions d'années environ. La vie est alors largement répandue dans les océans et il n'y a que des mousses et plantes primitives sur les rivages marins et au bord des rivières. La configuration des continents est alors très différente d'aujourd'hui. Les continents ont commencé à émerger dans les périodes précédentes et la tectonique des plaques les a fait dériver (voir figure 2). Pendant ces ères géologiques, la plupart des continents sont rassemblés autour du pôle Sud, avec uniquement l'Amérique du Nord, la Sibérie et la Baltique chevauchant l'équateur. Probablement la disposition antarctique des principaux continents a favorisé leur invasion par les glaces car un

net refroidissement a secoué la planète. L'eau des glaciers soutirée aux océans, entraîna une baisse du niveau marin et les mers peu profondes qui s'enfonçaient au cœur des continents se sont retirées. Pour les populations de mollusques, coraux et trilobites, les familles dominantes de l'époque, cette diminution importante de leur surface habitable associée à un refroidissement brutal eut raison de près de 85 % des espèces, ce qui a fait de la fin de l'ordovicien la seconde plus grande extinction de masse de l'histoire de la planète, après celle de la fin du permien (voir ci-après). Les causes de cette grande glaciation et ses effets dévastateurs sur le monde vivant sont encore inconnues.

Extinction de la fin du dévonien à 372 millions d'années

Il y a 372 millions d'années débute la seconde des cinq grandes extinctions, qui « s'étale » sur trois millions d'années au moins, entraînant la disparition de 75 % des espèces, principalement des espèces

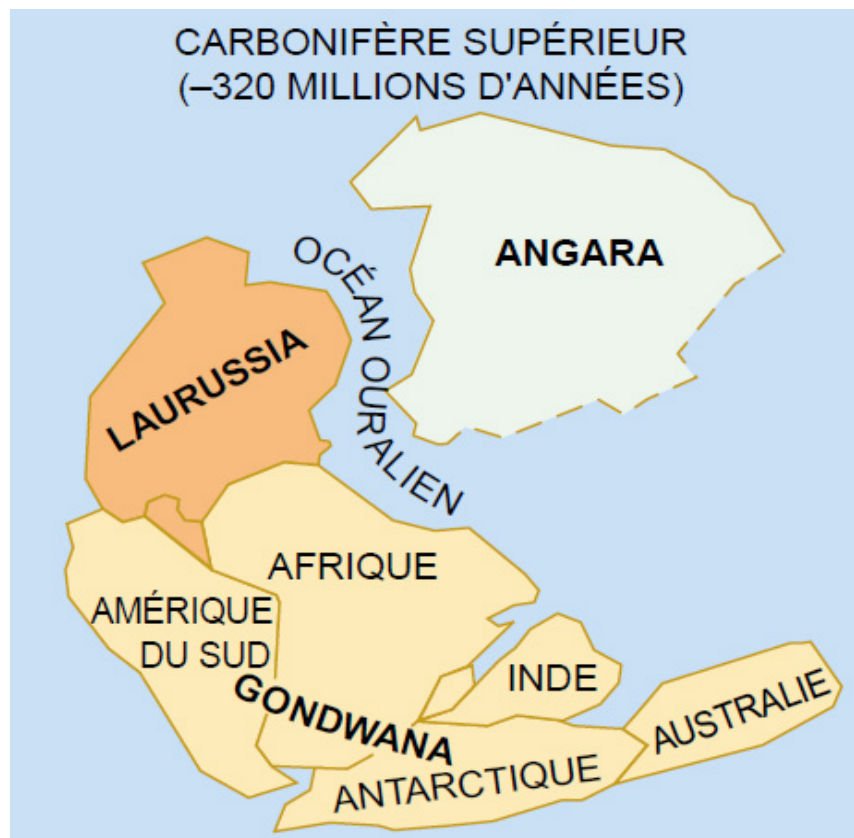


Figure 2 : Les continents émergés ont dérivé et forment un supercontinent, le Gondwana.

“La disparition des fossiles se concentre en de très minces strates de sédiments ce qui laisse penser à une catastrophe biologique s’étendant sur moins de 100 000 ans. L’extinction la plus massive, comme les précédentes, pose encore nombre de questions.”

●●● marines, alors que l’écosystème terrestre, qui comprend des forêts d’arbres primitifs et beaucoup d’insectes, semble relativement peu touché. Dans les océans le déclin des récifs coralliens est important ainsi que des extinctions chez les éponges, les trilobites et les poissons primitifs. Les causes de cette extinction comme la précédente ne sont pas bien identifiées mais il est notable que cette extinction affecte essentiellement la vie marine et est liée plus précisément à des troubles dans l’environnement marin, caractérisés par des chutes à répétition du taux d’oxygène, avec disparition des faunes qui vivent dans les fonds marins, accompagnée par des fluctuations du niveau des mers. Il n’y a pas de grandes glaciations, mais il subsiste quelques traces d’impacts de petits astéroïdes ou comètes mais qui ne permettent pas d’expliquer l’ampleur de l’extinction. Il n’y a pas non plus de crises volcaniques particulières qui marqueront d’autres extinctions ultérieures.

Extinction permo-triassique : 250 millions d’années

Il y a 250 millions d’années à la transition entre ères primaire et secondaire intervient la troisième grande extinction du monde vivant qui est de loin la plus massive se traduisant par la disparition de 95 % des espèces. Elle ne concerne pas uniquement le milieu marin puisque les trois quarts des vertébrés disparaissent y compris les insectes. La disparition des fossiles se concentre en de très minces strates de sédiments ce qui laisse penser à une catastrophe biologique s’étendant sur moins de 100 000 ans. L’extinction la plus massive, comme les précédentes, pose encore nombre de questions.

Pour cette extinction majeure tout un ensemble de causes ont été avancées par les paléontologues. L’une des causes la plus probable semble être celle des « trapps », car la plus grande extinction correspond aux plus gros trapps connus. Les trapps sont de gigantesques explosions volcaniques s’étalant sur des milliers d’années et qui se produisent lors du mouvement tectonique des supercontinents qui recouvrent une partie des surfaces continentales de couches de basalte. Les trapps de Sibérie ont couvert une surface équivalente à celle des États-Unis. Les trapps constituent donc un candidat sérieux.

Une autre cause est la tectonique car la période, depuis 300 millions d’années, correspond à la formation d’un supercontinent appelé la Pangée (figure 3) réunissant d’une part une importante masse continentale qui provient du sud, le Gondwana (Australie, Inde, Afrique du Sud, Antartique), et une plus petite plaque qui vient du nord, la Laurasia (Amérique du Nord, Europe, Sibérie). Une telle configuration ne va plus permettre le maintien de la biodiversité antérieure car toutes les espèces se retrouvent sur un même et unique continent. Les conditions climatiques associées à une telle configuration correspondent à une très forte saisonnalité à l’intérieur du continent et à une distribution hydrologique très marquée, avec d’importantes précipitations près des côtes, mais, à l’intérieur, une masse continentale très sèche. Un tel climat est, peu favorable à une forte biodiversité. Cette évolution aurait été associée à une baisse du niveau marin et la réduction massive de zones peu profondes, idéales pour le plancton et certaines faunes marines aurait été déterminante. La baisse du niveau marin se situerait entre 200 et 280

mètres en raison d’une glaciation analogue à l’extinction ordovicienne. Il n’y a guère de preuves d’une telle glaciation à la limite Permo-Trias mais il faut remarquer que ce supercontinent est centré au pôle sud.

Une dernière cause est attribuée à une perturbation du cycle du carbone. Après une étude approfondie des planchers océaniques émergés sur le continent, on a émis l’hypothèse qu’à partir du Permien moyen, le cycle du carbone aurait été très perturbé ce qui aurait pu entraîner l’extinction.

Il est probable que ce sont l’ensemble de ces causes simultanées ou consécutives qui sont responsables de l’extinction. Le scénario pourrait être le suivant. De violentes éruptions volcaniques se sont déclenchées il y a environ 255 millions d’années ; elles ont d’abord entraîné un refroidissement de la Terre, puis, à plus long terme, un réchauffement et une diminution de la couche d’ozone. Après que les mers ont atteint leur plus bas niveau, la remontée des eaux a eu deux conséquences, d’une part les communautés vivantes littorales ont été menacées et de vastes régions ont été inondées par des eaux stagnantes. Sur les continents, plus des deux tiers des reptiles et des amphibiens, et près d’un tiers des insectes disparurent. L’accumulation de spores de champignons indique que de nombreuses plantes auraient également disparu. Il y a environ 250 millions d’années le niveau des mers a baissé, détruisant les habitats côtiers et déstabilisant le climat. Les ensembles d’espèces associés aux rochers et aux hauts fonds, notamment les coraux, les crinoïdes et les foraminifères, furent particulièrement touchés. La concentration atmosphérique en dioxyde de carbone augmenta en raison de l’oxydation de la matière organique. La Terre s’échauffa et la quantité d’oxygène dissoute dans l’eau diminua. Ainsi dans ce scénario possible qui s’étale quand même sur des millions d’années, plusieurs cataclysmes se sont combinés pour éliminer la quasi-totalité des espèces vivant sur la Terre, à la fin du Permien, il y a environ 250 millions d’années. C’est en fait la première extinction qui frappe l’unique continent émergé et les espèces continentales.

Extinction de la fin du trias : 250 millions d'années

Un nouvelle extinction qui a touché 75 % des espèces est intervenue près de 50 millions d'années après, à la fin de la transition Trias-Jurassique alors que le monde vivant s'est à peine remis de la plus grande catastrophe de son histoire. Cette nouvelle extinction massive a été fatale à la plupart des groupes du Primaire qui avaient survécu lors de la crise précédente. Sur les continents, la place laissée libre par la disparition de nombreux groupes de reptiles va permettre aux dinosaures de passer d'un statut relativement marginal à une position dominante. Bien que cette extinction soit importante, ses causes ne sont pas éclaircies.

Là encore plusieurs hypothèses ont été avancées, perturbations du cycle de l'oxygène ou astéroïde mais la plus retenue par les paléontologues est liée aux trapps et au dégazage de méthane, ces deux phénomènes pouvant être liés. En effet, les trapps qui correspondent à l'éclatement du supercontinent de la Pangée et à l'ouverture de l'Atlantique Nord, sont datés de la fin du trias. Ce serait donc un sursaut du volcanisme et de la tectonique des plaques qui commencent à séparer l'Amérique du Nord de l'Afrique, qui aurait causé cette extinction mais le synchronisme de ces événements est loin d'être prouvé.

Extinction à la limite Crétacé-Tertiaire : 65 millions d'années

La dernière extinction est la plus connue pour plusieurs raisons, d'une part elle est la plus « récente » dans l'échelle des temps géologiques que nous avons utilisée précédemment et d'autre part corrélativement elle est beaucoup plus documentée

“Un nouvelle extinction qui a touché 75% des espèces est intervenue près de 50 millions après, à la fin de la transition Trias-Jurassique alors que le monde vivant s'est à peine remis de la plus grande catastrophe de son histoire.”

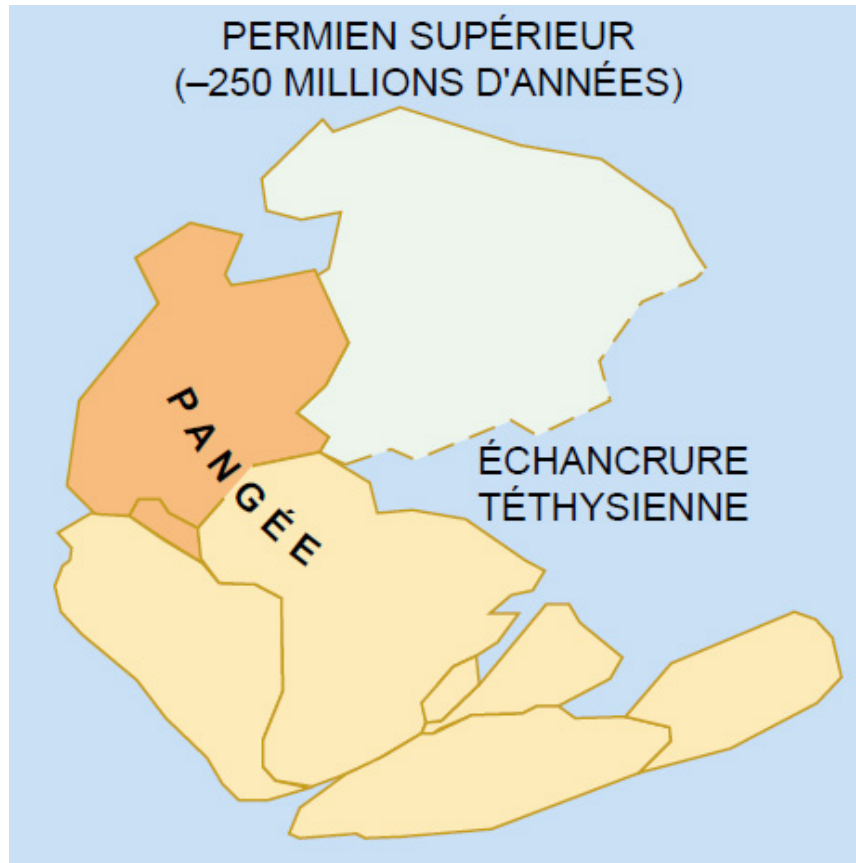


Figure 3 : Tous les continents n'en forment plus qu'un seul, la Pangée, au moment de la plus grande extinction il y a 250 millions d'années.

et c'est celle pour laquelle les différents scénarios qui sont élaborés peuvent être relativement bien évalués. Enfin elle a marqué le grand public à cause de la disparition des dinosaures.

Cette extinction est intervenue il y a 65 millions d'années à la limite crétacé-tertiaire entre le dernier étage de l'ère secondaire et le premier étage du tertiaire. Le Secondaire, après l'extinction de la fin du trias, était marqué, comme nous l'avons vu, par la domination des dinosaures. Le Tertiaire au contraire va connaître, après leur disparition, la domination des mammifères. La crise provoqua la disparition

d'environ 75 % des espèces. Mais avec les dinosaures disparaissent également beaucoup de grands reptiles comme les mésozoaires et la végétation terrestre par endroits a été détruite à près de 80 %.

Dans les océans, tandis que le nanoplankton calcaire a été très affecté, les dinoflagellés sont restés abondants et diversifiés. Les foraminifères planctoniques ont disparu de manière graduelle et sélective, les radiolaires et les diatomées furent peu ou pas touchés. Au contraire, les céphalopodes, ammonites et bélemnites ont été anéantis mais ce ne fut qu'à l'issue d'un déclin progressif étalé sur cinq ou six millions d'années. Chez les poissons, les séliaciens ont disparu à 45 % mais les espèces profondes et celles d'eaux saumâtres et douces ont été peu affectées. Les insectes, poissons d'eaux douces et batraciens furent peu ou pas touchés. Les disparitions cette fois ont été très sélectives et ont semblé affecter davantage les grands êtres vivants dont les archétypes sont les

“Il y a 66 millions d’années, le niveau marin était plus élevé et la plate-forme calcaire du Yucatán reposait sous plusieurs dizaines de mètres d’eau. L’impact, creusa une cavité béante de plusieurs kilomètres de profondeur que la mer envahit en trombe.”

●●● dinosaures. Comme pour les extinctions précédentes des hypothèses furent avancées avec les mêmes éléments, trapp, tectonique, changement d’atmosphère et de température mais des découvertes stratigraphiques et géologiques allaient conduire à privilégier l’hypothèse d’un astéroïde destructeur.

En 1980 deux chercheurs père et fils Louis et Walter Alvarez, qui venaient de deux champs disciplinaires différents, l’astrophysique (prix Nobel de physique) et la géologie respectivement, émirent l’hypothèse que la chute d’un astéroïde pouvait être la cause de l’extinction de la fin du crétacé. Leur hypothèse se basait sur la présence d’une bande d’iridium dans différentes couches de sédiments en Italie, mais aussi en Nouvelle-Zélande. L’iridium est très rare dans la croûte terrestre mais bien plus abondant dans les météorites. Un autre marqueur d’événement extraterrestre était la présence de quartz choqués qui sont habituellement formés lors d’un impact à très forte pression, puis dispersés. Mais c’est la découverte du cratère de Chicxulub dans la péninsule du Yucatán au Mexique qui a apporté de la vraisemblance à ce scénario. Cet énorme cratère d’impact datant de 65 millions d’années semblait de manière évidente la trace de l’impact d’un objet de plusieurs kilomètres d’envergure. Sa découverte mérite d’être connue.

Le Chicxulub

Sa découverte elle-même est assez curieuse car elle s’est effectuée grâce à une anomalie gravitationnelle qui avait été détectée au lendemain de la deuxième guerre mondiale dans le cadre de la recherche pétrolière et qui montrait une

structure circulaire. Il aurait pu s’agir d’un bassin sédimentaire ou d’un dôme enfoui, c’est-à-dire d’un piège à pétrole. La société pétrolière mexicaine Pemex avait ainsi foré jusqu’à 1 500 mètres de profondeur pour échantillonner la structure enfouie. Le forage a buté sur un socle en apparence volcanique composé de roches à moitié vitreuses que les opérateurs avaient cataloguées comme étant des andésites, similaires aux laves que crachent la plupart des volcans mexicains.

A la fin des années 1970, la Pemex effectua à nouveau une analyse détaillée, et le géologue de la société et un consultant américain conclurent que le cratère détecté n’avait ni la forme ni la taille d’une caldera volcanique, l’empreinte du champ de gravité évoquant plutôt celle d’un cratère d’impact. Les deux associés présentèrent leur hypothèse lors d’un congrès de géologues pétroliers à Los Angeles, en octobre 1981. C’est un journaliste présent sur place, du Houston Chronicle, qui fit le rapprochement avec l’hypothèse toute récente des Alvarez, et publia dans son quotidien texan qu’il pouvait s’agir là du cratère de la fin des dinosaures. Mais le milieu scientifique des géologues et paléontologues mit du temps à accepter l’idée que ce cratère enfoui pouvait être celui d’un impact d’astéroïde. Le cratère de Chicxulub est appelé du nom du petit port de pêche du Yucatán, situé au point zéro de la catastrophe. Il y a 66 millions d’années, le niveau marin était plus élevé et la plate-forme calcaire du Yucatán reposait sous plusieurs dizaines de mètres d’eau. L’impact, creusa une cavité béante de plusieurs kilomètres de profondeur que la mer envahit en trombe. Au cours des millions d’années après, le bassin du cratère se remplit de sédiments, jusqu’à dis-

L’auteur

Marc Leconte est ancien secrétaire du club RSSR de la SEE (radars, sonars et systèmes radioélectriques), membre du comité de rédaction de la REE, membre émérite SEE et médaillé Ampère. Au sein de Dassault Electronique, il a passé une quinzaine d’années à l’étude, au développement et aux essais en vol du radar RDI du Mirage 2000. Ensuite pendant trois ans, il a participé à l’étude d’un démonstrateur laser franco-britannique CLARA. A partir de 1995, il a élargi son activité aux domaines des études concurrentielles et stratégiques dans les domaines des radars aéroportés et de la guerre électronique. Il a exercé les mêmes activités dans la division aéronautique de Thales après la fusion de Dassault Electronique et de Thomson-CSF. A partir des années 90 et en parallèle, il s’est intéressé à l’histoire des sciences et des techniques et a publié plusieurs articles s’y rapportant.



paraître 1 500 mètres sous la surface du sol. Sa dimension, estimée à 90 kilomètres de diamètre et 15 kilomètres de profondeur, est impressionnante

Le scénario apocalyptique de la chute d’un astéroïde

On sort des temps géologiques avec l’extrême brutalité d’un impact de la magnitude de Chicxulub, effectué en un temps très court. La taille de l’astéroïde, déduite de celle du cratère ainsi que de la quantité d’iridium dispersé à travers le monde dans la couche datant du crétacé tertiaire, est évaluée de 6 à 10 kilomètres de diamètre. Cet objet a heurté la terre à une vitesse de 20 kilomètres par seconde qui est la vitesse relative moyenne d’un astéroïde

qui croise l'orbite de la Terre. La collision a donc libéré en quelques secondes une énergie équivalente à 100 millions de mégatonnes de TNT, soit 10 000 fois l'arsenal nucléaire de toute l'humanité, ou encore six milliards de fois la bombe d'Hiroshima. Autour du point zéro, la dévastation fut évidemment totale et tout a été pulvérisé. La roche s'est vaporisée en un plasma de plus de 10 000 °C et s'est élevée dans le ciel en rayonnant une énergie telle que les forêts se sont enflammées spontanément dans un rayon de 1 500 kilomètres. L'onde de choc dans l'atmosphère s'est traduite par des vents atteignant 1 000 kilomètres par heure, également dans un rayon de 1 500 kilomètres. Quant aux tremblements qui ont secoué la croûte terrestre, ils ont dépassé vraisemblablement la magnitude 12 sur l'échelle de Richter, soit un niveau 100 à 1 000 fois supérieure à celle des plus grands séismes de l'histoire. Les populations vivantes autour de l'impact ont été anéanties mais le débat est encore vif de savoir comment les espèces ont été touchées à l'échelle de la Terre elle-même. L'astéroïde a-t-il été suivi par des éruptions volcaniques en chaîne qui auraient provoqué des changements profonds dans l'écosystème ? Mais contrairement aux autres extinctions que nous avons évoquées, l'hypothèse d'un impact semble certaine même s'il n'explique pas encore tout.

En conclusion

Depuis la formation du système solaire, la Terre, sous l'action de phénomènes extérieurs et de sa propre dynamique interne, s'est constamment transformée au cours

des temps géologiques. L'apparition de la vie il y a 3,6 milliards d'années a été émaillée de crises globales, responsables de la disparition d'un grand nombre d'espèces. C'est depuis quelques années seulement que les extinctions se sont imposées dans l'esprit des spécialistes comme un des phénomènes majeurs de l'histoire des êtres vivants. Mais il reste encore beaucoup d'inconnues sur les mécanismes de ces extinctions. Pour la dernière, l'hypothèse de l'impact d'un astéroïde est majoritairement retenue bien qu'il soit difficile de déterminer en combien de temps la disparition des dinosaures et autres espèces est intervenue. Le temps géologique dont l'unité à ces époques semble être le million d'années, est évidemment peu précis au regard du temps de notre histoire.

Cette imprécision est encore plus grande pour les extinctions précédentes intervenues dans des périodes de plus en plus reculées. Que tirer comme enseignement de cette histoire ? L'importance des extinctions pour la compréhension de la dynamique du monde vivant ne fait plus de doute. La prise de conscience du rôle de l'homme dans les atteintes à la biodiversité actuelles et des extinctions récentes et même plus anciennes¹, suscite aujourd'hui beaucoup d'intérêt y compris dans le grand public.

Les exterminations dues à l'homme peuvent nous toucher parce que l'on

¹ On estime en effet que la disparition de nombreuses espèces de grands mammifères et oiseaux depuis une dizaine de milliers d'années pourrait bien être aussi imputable à notre espèce.

pense qu'elles pourraient être évitées et qu'il n'est pas trop tard pour enrayer des mécanismes de raréfaction d'espèces qui risquent de conduire à leur disparition. La question de la destruction des écosystèmes par l'action anthropique est un grand champ d'investigation qui n'est pas sans lien avec l'étude des crises biologiques du passé, mais elle se pose en termes différents car nous pouvons espérer trouver des solutions concrètes pour y remédier. Par ailleurs les grandes extinctions ont deux visages, d'une part elles réduisent la biodiversité et d'autre part elles offrent des opportunités à la diversité de l'évolution. Au cours de la dernière extinction 70 % des espèces vivantes ont disparu et aucune espèce strictement terrestre de plus de 25 kilogrammes n'a survécu à cette catastrophe et c'est peut-être ce qui a permis aux mammifères de conquérir l'espace abandonné par les grands reptiles. Après les extinctions, qu'elles soient massives ou de moindre ampleur, il faut environ dix millions d'années pour que la biodiversité revienne à son niveau antérieur et ce n'est plus la même biosphère qui renaît de ses cendres. Après les disparitions, la voie de la diversité est libre. ■

Bibliographie

- Ramstein, Gilles. Voyage à travers les climats de la Terre. France, Odile Jacob, 2015.
- Frankel, Charles. Extinctions.: Du dinosaure à l'homme. France, Seuil, 2016.
- Foucault, Alain. Climatologie et paléoclimatologie. France, Dunod, 2021.
- Arsuaga, Juan Luis. La fabuleuse histoire de la vie: un grand voyage au cœur de l'évolution. France, Leduc éditions, 2021.
- Buffetaut, Eric. Sommes-nous tous voués à disparaître ? Idées reçues sur l'extinction des espèces. France, Le Cavalier Bleu Editions, 2013.
- Allain, Ronan. Histoire des dinosaures. France, Place des éditeurs, 2012.
- Dossier hors-série Pour la science juillet 2000 : La valse des espèces.
- Dossier hors-série Pour la science octobre 1998 : Les humeurs de l'océan
- Dossier hors-série Pour la science mars 2004 : Le temps des datations.

“L'hypothèse de l'impact d'un astéroïde est majoritairement retenue bien qu'il soit difficile de déterminer en combien de temps la disparition des dinosaures et autres espèces est intervenue. Le temps géologique dont l'unité à ces époques semble être le million d'années, est évidemment peu précis au regard du temps de notre histoire.”