

BIODIVERSITE ET CRISES BIOLOGIQUES CONSEQUENCES BIOSTRATIGRAPHIQUES



INTRODUCTION

L'histoire de la vie sur la Terre a toujours été marquée par la disparition et l'apparition d'espèces mais, à différentes périodes, courtes à l'échelle des temps géologiques, se sont produites des extinctions massives. Ces extinctions sont interprétées comme le résultat de crises biologiques majeures dont nous mettrons en évidence les caractéristiques et les conséquences. Nous verrons ensuite que ces caractéristiques, communes aux grandes crises, ont servi aux géologues pour marquer des repères dans l'histoire de la planète.

I- LES "CINQ GRANDES CRISES BIOLOGIQUES"

- *Quand on énonce le terme de « crise biologique », de « grandes extinctions » ou « extinctions de masse », tout le monde pense inévitablement à la catastrophe planétaire qui a exterminé les dinosaures et 75% des espèces animales présentes sur la Terre.*
- *Les dinosaures et les systèmes Trias-Jurassique-Crétacé ayant été, au cours de la dernière décennie, grâce aux différents films de Steven Spielberg, très médiatisés, on peut dire qu'une «dinomania» s'est emparée du grand public.*

L'hyper médiatisation de cette époque géologique a eu pour conséquence une relance indéniable des recherches scientifiques en tous sens. La découverte quasi journalière de nouveaux dinosaures, notamment par le fait de John Horner, Paul Sereno aux Etats-Unis et Pascal Godefroid chez nous n'a fait que susciter du grand public un intérêt toujours grandissant.

- ***Cette extinction a donc été celle qui a été le plus étudiée et c'est donc celle qui est la mieux connue... mais pas seulement grâce à l'hyper médiatisation qui a entouré cette période.***
- ***Il y a aussi des raisons géologiques à cela. Chronologiquement, c'est la dernière extinction (elle n'est vieille que de 65 millions d'années), c'est celle dont il reste le plus de traces visibles que l'érosion et les mouvements tectoniques n'ont pas encore totalement effacées... car on le sait maintenant, cette extinction n'est pas unique.***
- ***Contrairement à la théorie de Darwin qui disait que l'histoire de la Terre est « une suite progressive d'évènements », on peut aujourd'hui affirmer que c'est plutôt une « suite sporadiques d'évènements brutaux ».***

- ***Parmi toutes les extinctions, certaines étaient modérées (15% à 40% des espèces disparaissant), tandis que d'autres étaient bien plus sévères (de 65% à 95% des espèces disparaissant !!). On dénombre actuellement 5 grandes extinctions. Il y en a sans doute eu d'autres mais actuellement aucune trace n'en a été conservée. La dérive des continents et l'érosion n'y sont pas étrangers.***
- ***Les grandes crises biologiques correspondent à l'extinction en masse d'espèces sur une durée de l'ordre de 10.000 ans à 1 million d'années. Ces extinctions sont reconnaissables à l'échelle de la planète. On peut en distinguer deux types :***
 - ***- Extinction graduelle, de peu d'intensité et étalée dans le temps***
 - ***-Extinction catastrophique, de très grande intensité brutale et soudaine.***

LE BIG FIVE

- *Il y aurait eu une très grande crise à la fin du permien (-245 millions d'années) et aurait fait disparaître entre 95% des animaux marins et plus de 90% des familles d'animaux terrestres.*
- *On peut observer quatre autres crises majeures :*
- *Fin de l'ordovicien (-435 millions d'années) : -33% des familles d'animaux marins.*
- *Fin du dévonien supérieur (-365 millions d'années) : -22% des familles d'animaux marins.*
- *Fin du trias (-215 millions d'années) : -55% des familles d'animaux terrestres et -22% des familles d'animaux marins.*
- *Limite crétacé-tertiaire (-65 millions d'années) : -75% des familles d'animaux terrestres et -15% des familles d'animaux marins.*
- *Détaillons maintenant dans l'ordre chronologique les « 5 grandes » :*

Au cours de l'ordovicien

- **Au cours de l'Ordovicien on observe un fort développement des Nautiloïdés (Prédateurs), et parallèlement les Trilobites acquièrent une faculté d'enroulement (à la façon des cloportes), ce qui semble être une réponse à cette nouvelle prédation. Les plateformes coralliaires se développent également permettant une forte fixation du CO₂ atmosphérique en calcaire. Mais à la fin de l'Ordovicien (autour de -435 Ma), un tiers de la faune s'éteint, particulièrement les coraux et les graptolites d'eaux chaudes qui sont remplacés par des formes d'eaux froides.**

Ce fait s'observe également pour les Brachiopodes. Cette crise pourrait être due à une phase de glaciation. Le niveau des mers, en baissant, a entraîné l'émersion des plateformes continentales, riches en faune marine. Ce phénomène a été d'autant plus accentué que tous les continents étaient proches du pôle sud. Quelques anomalies dans les dépôts contemporains de la crise (notamment une teneur importante en iridium) laisseraient penser aussi à l'influence d'un impact météorologique.

A la fin du Dévonien

- **À la fin du Dévonien (-365 Ma): l'écosystème récifal a été fortement atteint; les récifs disparaissent pour ne revenir que beaucoup plus tard, au Trias, cette fois, érigés non plus par les stromatopores et coraux Rugosa et Tabulata, mais par les coraux Scléractiniens et des calcispongiaires; les poissons marins sont affectés, alors que ceux d'eau douce le sont beaucoup moins; peu de trilobites survivent (une seule famille).**

Au cours du Permien

- **Marquant la fin de l'ère Primaire, la crise Permienne (-245 Ma) est la plus importante crise biologique qu'ait connue la Terre. Après une crise importante au Dévonien due vraisemblablement à un impact météoritique, la biosphère se diversifie, les formations récifales augmentent de même que le nombre d'espèces de végétaux et d'insectes. Les reptiles conquièrent l'ensemble des continents. On estime que la Terre possède alors environ 20 millions d'espèces.**

A la fin du permien, 90 % des espèces vivantes sont décimées dont 95% des espèces marines (Trilobites et Tétracoralliaires entre autres). La plupart des Reptiles disparaissent. Là encore les scientifiques suspectent un impact météoritique. De nombreuses indices présents dans la strate fini-permienne appuient cette hypothèse. Toutefois il ne faut pas oublier que lors de cette même période une intense activité volcanique a formé les Trapps de Sibérie (certains y voient justement une conséquence d'un impact).





Au passage Trias-Jurassique

- À la fin du Trias (-215 Ma): les ammonoïdes et les Nautiloïdés, des organismes nectoniques, sont particulièrement affectés. Suite à un volcanisme intense en Islande en Atlantique Nord, (Cratère de 100 Km de diamètre)

A la fin du Crétacé

- **À la fin du Crétacé (-66,4 Ma; l'extinction K-T pour Crétacé-Tertiaire): C'est la dernière grande crise. Son influence sur la disparition des dinosaures et sa "proximité temporelle" en font la mieux connue. On observe une extinction brutale, des dinosaures, des foraminifères, des ammonites, des bélemnites. Avec eux ont aussi disparu, le plancton marin, les rudistes, et presque tous les habitants des fonds marins; ont survécu, les petits mammifères, les plantes terrestres, les poissons et certains coraux.. Le nanoplancton montre qu'il y a eu une réduction importante de l'activité photosynthétique.**

- **Les angiospermes sont réduites autour de la limite K/T où prédominent les Ptéridophytes. Les pollens montrent aussi une baisse des températures de 15 à 10°C sur une courte période, puis au contraire une hausse des températures d'environ 5°C. La strate qui termine l'étage du Crétacé est fort différente des autres strates qui l'entourent. C'est une mince couche d'argile de quelques centimètres de hauteur. Cette couche contient des teneurs en iridium situées très fortement au-dessus de la moyenne attendue.**

L'hypothèse la plus vraisemblable

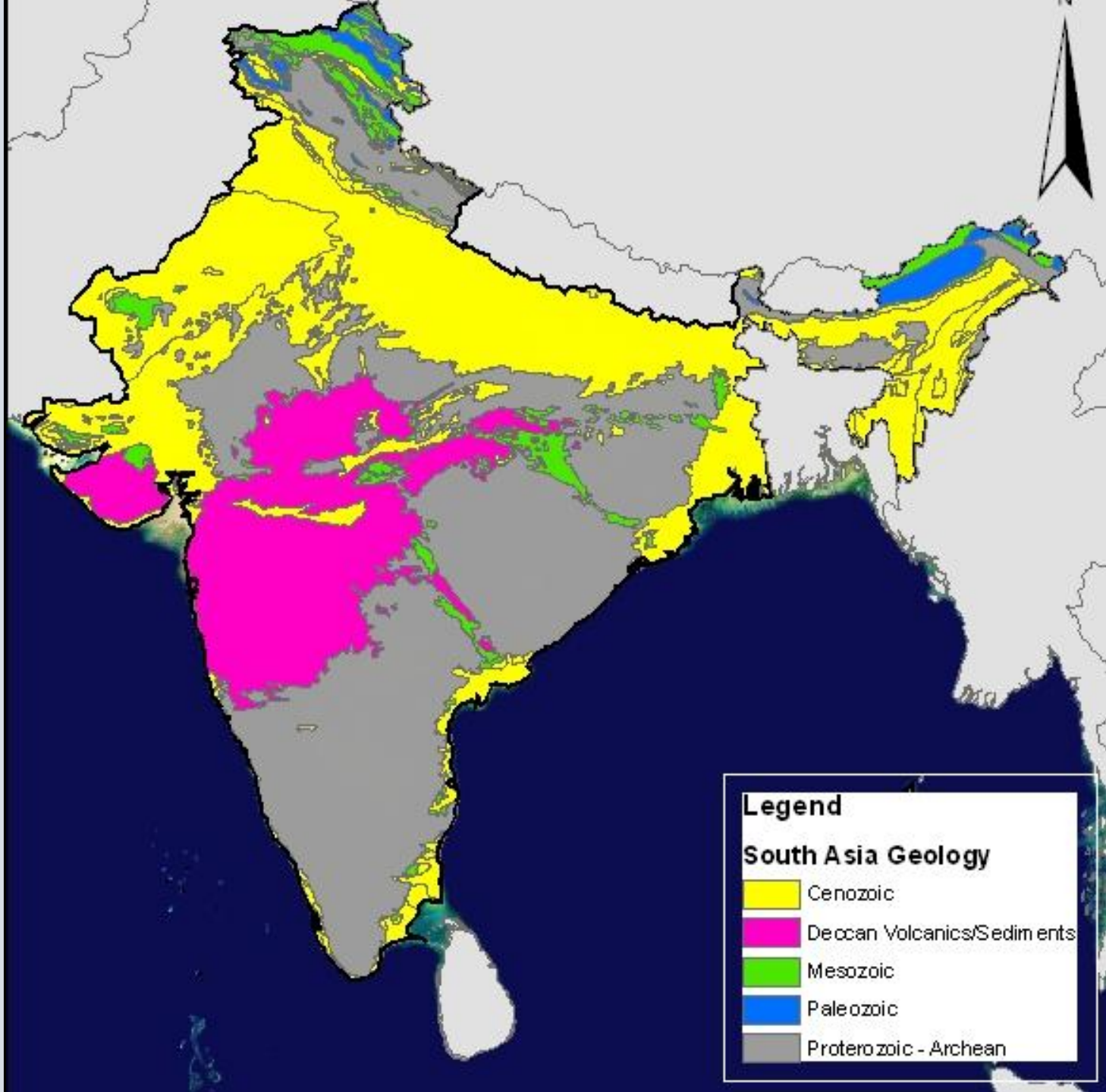
- **L'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer cette teneur est celle d'un impact météoritique. Elle a été confirmée par plusieurs autres indices :**
 - **- des teneurs en divers éléments semblables à celles mesurées dans les astéroïdes,**
 - **- la présence de quartz choqués, qui ne peuvent se former que lors d'impacts météoritiques,**

- . la présence de spinelles (oxydes de métaux) dont le degré d'oxydation indique une formation en altitude ! (Elles ont été formées par l'ablation de la couche superficielle de l'astéroïde lors de son entrée dans l'atmosphère),**
- - la présence de microdiamants ne pouvant pas provenir du manteau terrestre.**
- - la découverte de dépôts dus à des Tsunamis, ces vagues gigantesques formées par un séisme ou un impact.**
- - la découverte d'un astroblème (le cratère d'impact) de taille, de localisation et surtout d'âge en corrélation parfaite avec ce que l'on supposait pour une telle hypothèse.**

- **Selon cette théorie, l'impact (situé au niveau de la péninsule du Mexique) aurait entraîné :**
- **- la formation d'une onde choc se déplaçant à plus de 20 Km/s au niveau de l'impact. Les vents soufflaient encore à plus de 500 Km/h à plus de 1000 Km de distance. Puis par un phénomène d'appel d'air, les vents ont fait demi-tour !**
- **- l'embrassement de l'atmosphère par l'échauffement des particules projetées dans l'air. on estime que la température est alors montée à plus de 40°C. Les régions nuageuses ont toutefois dû être moins affectées par cet effet. Sous l'effet de cette chaleur, les incendies ont ravagé la plupart des forêts.**

- **l'empoisonnement de l'atmosphère et du sol dû à la formation de gaz toxiques sous l'effet de l'impact (nickel, chrome, mercure..). D'autres gaz (SO₂) ont provoqué la formation de pluies d'acides.**
- **L'opacité de l'atmosphère durant plusieurs mois (par suspension de poussières ou autres particules dans la stratosphère) provoquant une longue nuit sur toute la planète et empêchant la photosynthèse des végétaux survivants. La température moyenne a alors chuté d'au moins 5°C. Un effet de serre dès que l'atmosphère s'est éclaircie en raison de l'accumulation de CO₂ dans l'air.**

- **Plusieurs autres hypothèses tentent non pas d'expliquer pleinement cette crise mais apportent des éléments qui, conjugués à l'impact météoritique pourraient expliquer l'ampleur de la crise. C'est le cas du volcanisme intense observé en Inde : les Trappes du Deccan.**



- **Les Trapps du Deccan se trouvent dans l'ouest de l'Inde à cheval sur les Etats du Gujarat, du Maghya Pradesh et du Maharashtra principalement ainsi que dans le sud du Rajasthan. La majeure partie des 500 000 km² de cette grande province forme un plateau relevé à l'ouest où il forme les Ghâts occidentaux. Dans la partie septentrionale et dans la péninsule de Kâthiâwar les trapps forment des plaines entrecoupées de montagnes.**
- **Chaque coulée de lave peut mesurer de 10 à 50 mètres d'épaisseur voire 150 mètres pour les plus épaisses, la hauteur totale de l'empilement atteignant 2 400 mètres dans la partie occidentale.**

- **Les trapps du Deccan se sont formés à la fin du il y a 60 et 65 millions d'années. Ils sont constitués d'un empilement de coulées de lave basaltique recouvrant à l'origine une superficie de 1,5 à 2 millions de kilomètres carrés pour un volume émis de 512 000 à 2 000 000 km³. Ils reposent sur des terrains granitiques et de gneiss constituant un bouclier datant du Précambrien. Les raisons et leur mode de formation sont encore mal connus mais les scientifiques sont d'accord pour dire que le débit de lave émis était très important.**

- **Les épisodes éruptifs les plus longs pouvaient durer jusqu'à plusieurs années. Un million d'années aurait suffi pour former les trapps. Le point chaud de la Réunion actuellement situé dans le Sud Ouest de l'Océan Indien sous l'île du même nom et qui a formé les Maldives, l'archipel des Chagos et les Mascareignes serait responsable de ces coulées de lave. Le sous-continent indien en train de suivre le mouvement vers le Nord de la plaque indienne, la formation des trapps aurait alors cessé une fois qu'ils n'étaient plus situés à l'aplomb de ce point chaud.**

- **Par les gaz, notamment le dioxyde de carbone, le dioxyde de soufre, le sulfure d'hydrogène et les cendres rejetés dans l'atmosphère lors de leur formation, les trapps du Deccan ont pu, combinés à la chute de l'astéroïde, jouer un rôle important dans l'extinction Crétace-Tertiaire par modification des climats à l'échelle mondiale. Du dioxyde de carbone a aussi été émis lors du dégazage de ces coulées de lave et de l'altération du basalte qui les compose. Au total, le volume de ce gaz rejeté dans l'atmosphère au cours de cet épisode serait de $1,6 \cdot 10^{18}$ moles ce qui équivaut à la moitié du CO_2 actuellement dissout dans les océans Cette hausse du taux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère résorbée en 1,5 million d'années par l'altération des silicates entraîne une élévation des températures mondiales de $4\text{ }^\circ\text{C}$.**

Les caractéristiques d'une crise

- **Les crises biologiques bouleversent les équilibres de la biosphère et réduisent la biodiversité. Mais on observe ensuite un nouveau développement de la biodiversité rendu possible, notamment, par la libération de nombreuses niches écologiques. Ainsi, dès le début du Tertiaire, les Mammifères, dont l'importance quantitative et la diversité étaient faibles au Secondaire, montrent une diversification considérable appelée radiation adaptative. Comme les Dinosaures au Secondaire, ils vont occuper des milieux variés avec des représentants marins, terrestres, volants, etc. Ainsi, une crise biologique permet aux espèces survivantes de se diversifier en occupant les milieux rendus libres. De nouvelles espèces en dérivent, rétablissant une nouvelle biodiversité et de nouveaux équilibres biologiques.**

Les extinctions sont massives et brutales

- **En observant l'évolution d'un certain nombre de taxons animaux au cours du temps, on se rend compte qu'un grand nombre s'éteignent brutalement et en même temps. On peut aussi remarquer l'apparition de certains taxons juste avant la crise, ce qui pourrait être le signe que ce groupe était encore en cours de diversification juste avant la crise, soulignant son caractère brutal.**

La crise touche tous les milieux, à l'échelle planétaire

- **On observe une disparition égale des taxons d'animaux terrestres et d'animaux marins. La crise affecte ces 2 grands milieux.**
- **Certains animaux sont des fossiles stratigraphiques c'est à dire qu'ils ont une grande extension géographique. Leur disparition partielle pourrait être le reflet d'un phénomène mondial. Nos connaissances nous permettent de confirmer que les 5 grandes crises ont eu une extension mondiale.**

Après la crise, les survivants se diversifient

- **L'observation des taxons animaux au cours du temps montre bien que les taxons survivants ont une importance quantitative en augmentation, et ce, dès la fin de la crise. On peut supposer que cette augmentation d'importance quantitative est due à une augmentation du nombre d'espèces. Il y a donc diversification. L'apparition de nouveaux taxons animaux confirme cette diversification.**

- **L'étude de l'évolution des taxons, toujours, montre qu'après un pic d'extinctions succède un pic d'apparitions d'espèces nouvelles. Cette observation se renouvelle plusieurs fois par exemple à la fin de l'Ordovicien, à la fin du Dévonien, à la fin du Permien, etc. Les mammifères survécurent à la grande mort de la fin du Secondaire. Le Tertiaire arrive et avec lui un nouveau monde voit le jour. Pour nous consoler, nous savons que les oiseaux sont la descendance des dinosaures, et nous pouvons voir à travers eux la grâce, la beauté et l'intelligence de cette grande dynastie qu'étaient les dinosaures...**

L'explication de ce redéploiement est que les niches écologiques laissées vacantes par les espèces disparues sont conquises par les survivants qui s'y diversifient

CONCLUSION

- **Les caractéristiques communes des crises que nous venons d'évoquer (extinction massive et brutale à l'échelle planétaire d'espèces et de groupes entiers d'êtres vivants, animaux et végétaux, marins et continentaux, suivie d'une diversification des êtres vivants survivants, permettant à l'évolution biologique de prendre " un nouveau départ " après une crise majeure), ont amené les géologues à les utiliser comme marqueurs des temps géologiques.**

- **Les fossiles qui ont une extension planétaire, notamment ceux d'animaux marins, sont de bons marqueurs pour la datation relative. Par leur caractère global, les crises révèlent des modifications à l'échelle de la planète et la disparition simultanée de nombreuses espèces peut être repérée dans les vestiges sédimentaires. Elles sont en outre souvent accompagnées d'autres phénomènes repérables dans les archives géologiques (régression ou transgression, changements de sédimentation, etc.). C'est pourquoi on utilise les crises pour marquer de grandes coupures dans les temps géologiques.**

