

# Couplage des Événements Biologiques et Géologiques Au Cours du Temps

La limite Crétacé –Tertiaire est un événement géologique et biologique majeur repérable sur la planète par de nombreux indices paléontologiques notamment mais également géologiques.

De très nombreuses espèces, genres et groupes monophylétiques disparaissent. Des marqueurs géologiques accompagnent les indices paléontologiques comme la présence d'iridium dans une couche d'argile que l'on retrouve à travers tout le globe. Un hyper-volcanisme et / ou un impact météoritique serait à l'origine de cette crise.

Les crises biologiques surviennent régulièrement dans l'Histoire de la Vie. Ces crises dont les causes géologiques semblent toujours les mêmes, servent de coupures ou de repères dans l'échelle stratigraphique.

## Introduction

L'aspect continu ou discontinu des processus biologiques et géologiques dépend de l'échelle des temps à laquelle on les observe. Le visage actuel de la Terre résulte de facteurs purement physiques liés à notre place dans le système solaire et aux particularités de l'étoile autour de laquelle nous gravitons. Il est également le reflet d'une longue histoire au cours de laquelle des continents se sont fait et défaits, des océans sont apparus puis ont disparus.

Cette dérive des continents, ces bouleversements géologiques modifient climats, biotopes et peuplements au cours des temps géologiques. Pour s'adapter aux conditions du milieu changeantes, les individus d'une espèce porteurs de mutations favorables ou neutres, furent conservés (via la sélection naturelle ou la dérive génétique) parce qu'ils présentèrent des caractères avantageux ou neutres dans ce nouvel environnement.

Les changements environnementaux sont, dans la très grande majorité des cas, à l'origine de l'évolution des espèces et de la biodiversité, en exerçant une pression de sélection sur une population d'individus qui expriment une variabilité génétique.

Les changements environnementaux s'opèrent plus ou moins rapidement à l'échelle géologique. Les bouleversements géologiques les plus rapides provoquent des crises biologiques majeures appelées extinction de masse. L'histoire de la vie a été ponctuée par de nombreuses crises d'importances variables. La plus importante s'est produite à la fin de l'ère primaire avec la disparition de 95% des espèces. Mais la plus célèbre reste la crise Crétacé-Tertiaire ou Crétacé-Paléocène encore appelée crise K-T. En effet, cette coupure il y a 65 millions d'années, marque la fin du règne sans partage des dinosaures durant 140 millions d'années.

## En quoi consiste une crise biologique ?

A plus ou moins longs termes, un événement catastrophique naturel aura des répercussions néfastes sur l'ensemble des sphères : atmosphère, hydrosphère, géosphère et biosphère. La Terre est un système dynamique régi par un équilibre vulnérable, toutes perturbations dans l'une des sphères aura des conséquences transitives sur l'ensemble. Ainsi, quand on protège l'eau, l'air et le sol, cela veut dire qu'on préserve la vie et inversement (Doc.1).

## La limite Crétacé -Tertiaire : un événement géologique et biologique majeur

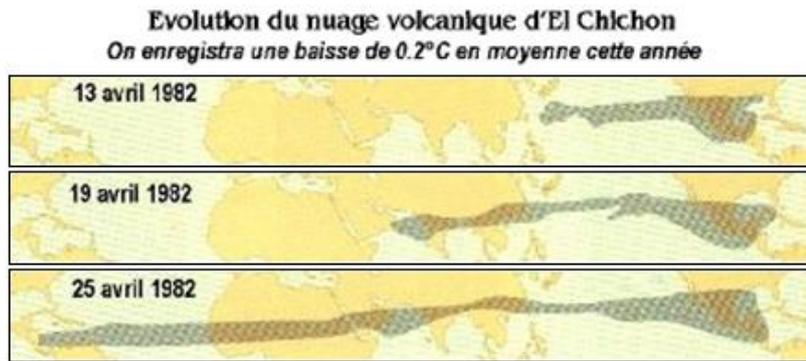
La crise Crétacé-Tertiaire (K-T), survenue il y a - 65 Ma, marque le passage de l'ère Mésozoïque (Ere Secondaire) à l'ère Cénozoïque (Ere Tertiaire). Cette limite K-T est repérable sur la planète par de nombreux indices paléontologiques notamment mais également géologiques.

### 1. LA BIOSPHERE AVANT LA CRISE

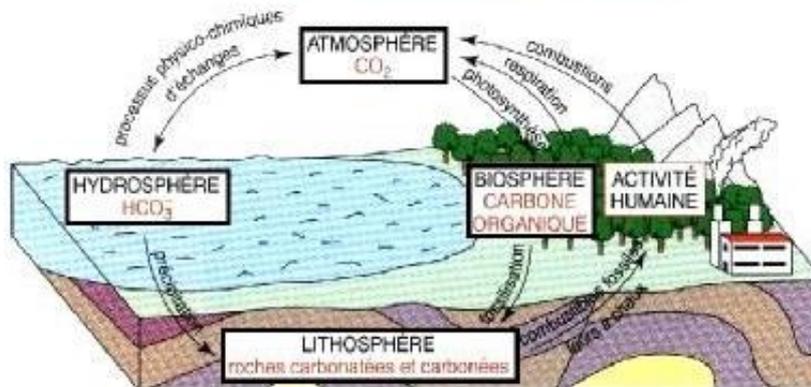
Le climat du Jurassique au Crétacé est doux (Doc.2), favorable au développement de la biosphère tant sur le milieu continental qu'en milieu aquatique :

- **Les Foraminifères (protozoaires unicellulaires)** et les Coccolithophoridés sont très abondants et constituent le plancton, premier maillon des chaînes trophiques et principal éléments constitutif de la Craie (étymologie de l'étage Crétacé).
- **De véritables forêts sont formées par la prolifération de Fougères**, de Bennettiales et de Gymnospermes (Conifères).
- **Les invertébrés sont toujours très nombreux avec des Coraux, des Oursins, des Mollusques** (en particuliers les Rudistes (bivalves) et surtout les Ammonites et Bélemnites, céphalopodes caractéristiques des milieux pélagiques, de haute mer), des Crustacés et Insectes.
- **Les vertébrés sont également en plein essor** : les Actinoptérygiens et Chondrichtyens, les Lissamphibiens, les Lépidosauromorphes Ichtyosaures marins sont présents mais se sont véritablement les Archosauriens et leurs dinosaures notamment qui dominent par leur omniprésence au sein de toutes les niches écologiques : Dinosaures phytophages et zoophages en milieu terrestre ; Ptérosaures aériens. L'Ere secondaire est également appelée "ère des Reptiles" tellement leur domination est importante.

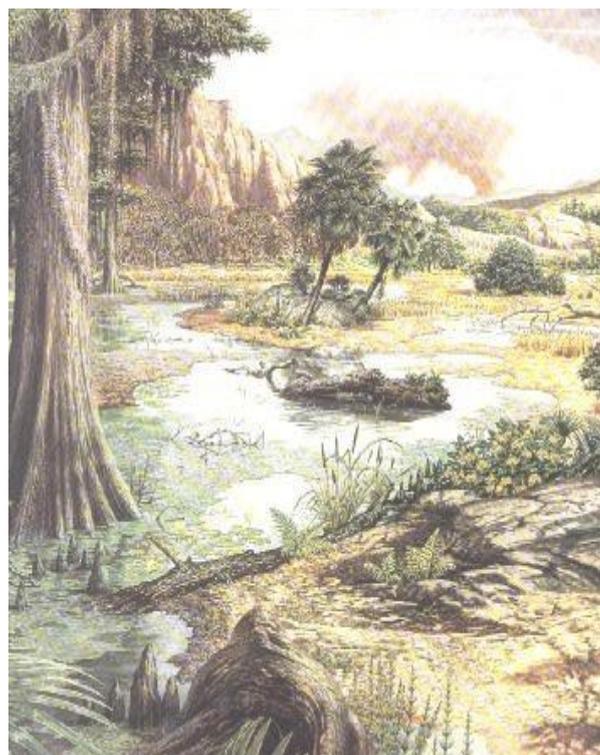
**Doc.1 :** A plus ou moins longs termes, un événement catastrophique local a des conséquences sur la planète et des répercussions sur l'ensemble de ses sphères.



**Le couplage des différentes enveloppes du globe**



**Doc.2 :** Le climat du Crétacé était doux et donc favorable au développement de la biosphère tant sur le milieu continental qu'en milieu aquatique. On rencontrait des Foraminifères, de véritables forêts de Fougères, Bennettiales et Conifères, des invertébrés avec des Crustacés, des Insectes, des Coraux, des Oursins, des Mollusques et surtout les Ammonites et Bélemnites, des vertébrés Actinoptérygiens, Chondrichthyens, Ichtyosaures mais se sont véritablement les Archosauriens et leurs Ptérosaures et dinosaures qui dominent.



## 2. LA CRISE BIOLOGIQUE

Quel que soit le milieu observé, on constate toujours le même schéma : la **disparition massive de groupes monophylétiques et de nombreuses espèces** (Doc.3). Cette crise fut fatale pour de très nombreuses espèces puisque **70 à 80% des espèces** présentes au Crétacé sont absentes des sédiments plus récents.

**En milieu marin, le plancton est fortement affecté**, de nombreuses espèces de *Foraminifères*, *90% des Coccolithophoridés* disparaissent. **Les Ammonites, Bélemnites et les Rudistes disparaissent** à jamais au côté des grands archosauriens marins carnivores que sont les *Ichtyosaures*.

**En milieu continental**, on observe la **disparition des Bennettiales** accompagnée par un net recul des Gymnospermes. Sur les continents et dans les airs, la **disparition des Dinosaurés et Ptérosaures**, groupes pourtant florissant, est célèbre.

Aucun grand reptile terrestre n'a survécu à cette crise : les saurischiens tels les Carnosauridés (*Tyranosaurus*), **Dromeosauridés, dont descendent les oiseaux** et les ornithischiens tels les Ankylosauridés, Nodosauridés, Pachycéphalosauridés, Cératopsidés et Hadrosauridés ont totalement disparu.

**Ainsi, tous les milieux de vie marin, terrestre ou aérien et l'ensemble du monde vivant sont touchés : unicellulaires (foraminifères), pluricellulaires végétaux (Bennettiales) et animaux invertébrés (ammonites) et vertébrés (ichtyosaures marins, ptérosaures volants et dinosaurés continentaux), caractérisant une crise biologique ou extinction massive.**

**Attention tout de même, certaines espèces avaient déjà amorcé un net recul.** En effet, le déclin des ammonites, des bélemnites et des rudistes semble avoir commencé avant l'extinction massive de la fin de l'ère secondaire. Des genres de grands reptiles marins et terrestres étaient déjà éteints depuis des millions d'années quand l'extinction de masse du K-T s'est manifestée.

**La grande majorité des saurischiens (bassin de type reptile) Diplodocidés, Brachiosauridés et les ornithischiens (bassin de type oiseau) tels les Stégosauridés et les Iguanodontidés avaient déjà disparu de la planète. La datation absolue, pour des temps reculés comme la limite K-T, permet une précision toute relative : 100.000 ans pour une roche âgée de 100 millions d'années.**

La datation absolue nécessite une quantité d'éléments isotopiques non négligeable. **Or la petitesse des échantillonnages favorise artefacts et incertitudes. Ainsi, les imprécisions dans les datations permettent de penser que les extinctions n'ont pas été instantanées, synchrones et se sont étalées sur une période de 500 milliers d'années, relativisant la brutalité des crises biologiques.**

Toujours est-il que **certaines espèces ont disparu progressivement** (Ammonites), **brutalement** (Foraminifères) **tandis que d'autres sont passés sans encombre ou presque comme les crocodiles** (Doc.3).

### 3. APRES LA CRISE, LE RENOUVEAU

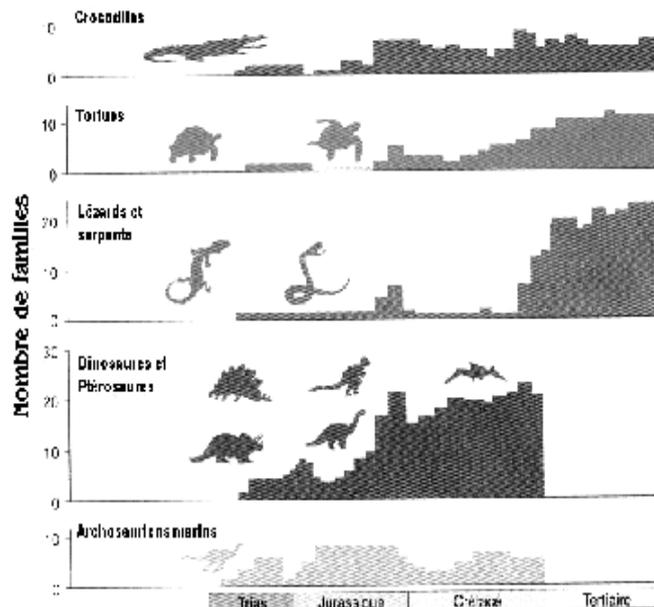
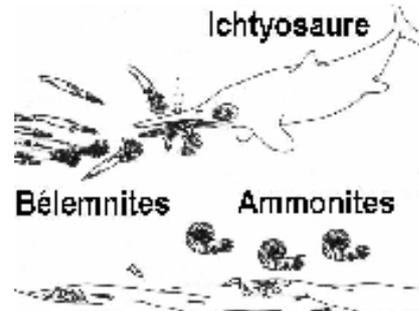
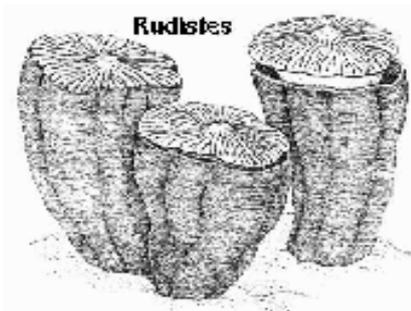
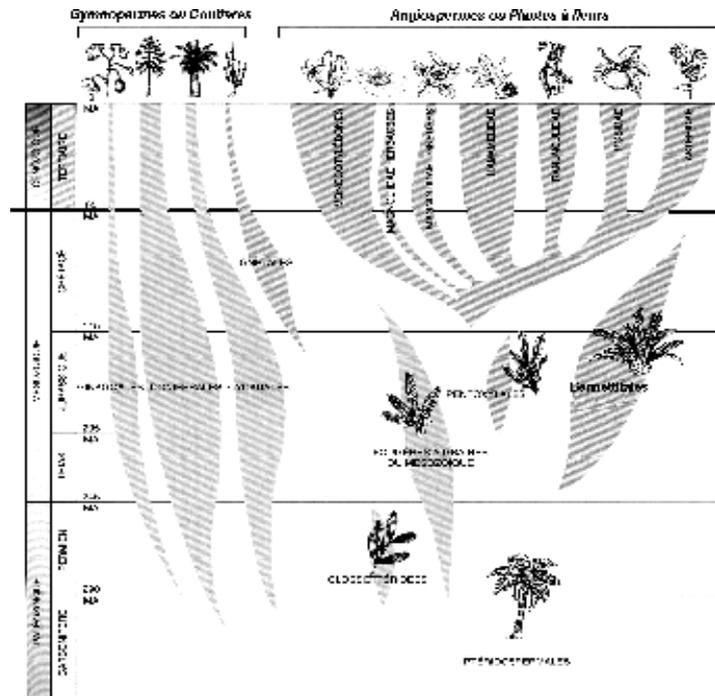
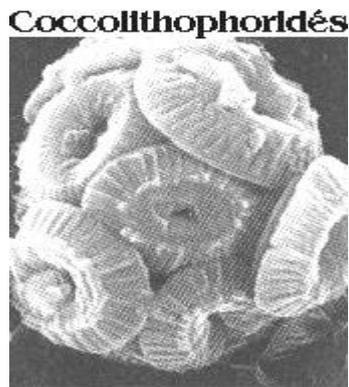
**De nombreuses niches écologiques ont été laissées vacantes par les disparus.** Ces niches sont aussitôt **comblées par les survivants** qui en profitent pour **se diversifier en se spécialisant** (évitant ainsi la concurrence). **Ces radiations adaptatives s'observent dans tous les milieux** (Doc.3 et 4).

**En milieu continental,** les **Angiospermes** (plantes à fleurs comme les Graminées qui formeront les prairies colonisées par les herbivores) se diversifient. Les **Mammifères** restés tapis dans l'ombre des dinosaures, les **lézards** et les **serpents**, les **Oiseaux** sont en plein essor. **Les premiers primates apparaissent.**

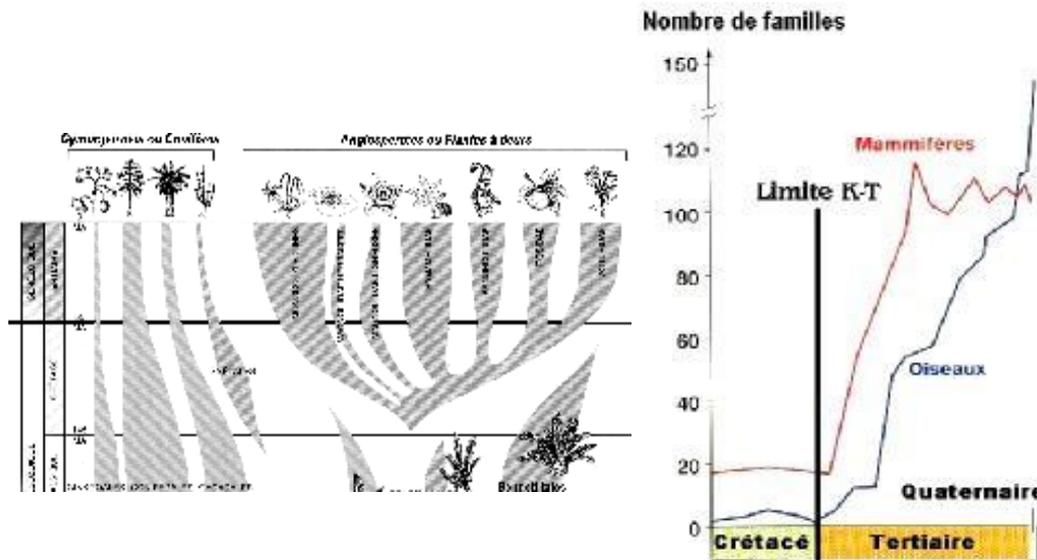
**Dans le domaine marin,** à partir du genre *Globigerina* de nombreux **Foraminifères se développent**, les Rudistes sont remplacés par des **Coraux** constructeurs de récifs, les **Requins** (déjà présent mais en nombre limité) et les **Baleines** remplacent les Ichtyosaures. La diversification des mammifères amorcée pendant le Mésozoïque s'est accélérée au Cénozoïque pour atteindre son apogée au Quaternaire.

Cependant cette radiation mammalienne ne doit pas occulter la disparition de certains mammifères à cette même époque. De nombreuses espèces de lamellibranches (moules et huîtres) de gastéropodes (escargots) et coraux ont également été touchées même si aujourd'hui ces familles, bien représentées, semblent ne jamais avoir été inquiétées.

**Doc. 3 :** Tous les milieux de vie marins, terrestres ou aériens et l'ensemble du monde vivant sont touchés : unicellulaires (foraminifères), pluricellulaires végétaux (bennettitales) et animaux invertébrés (ammonites, bélemnites) et vertébrés (ichtyosaures marins, ptérosaures volants et dinosaures continentaux), caractérisant une crise biologique ou extinction massive.



**Doc. 4 :** Après la crise, le renouveau. De nombreuses niches écologiques ont été laissées vacantes par les disparus. Ces niches sont aussitôt comblées par les survivants qui en profitent pour se diversifier en se spécialisant. Ces radiations adaptatives s'observent dans tous les milieux. Certaines espèces passent sans encombre.



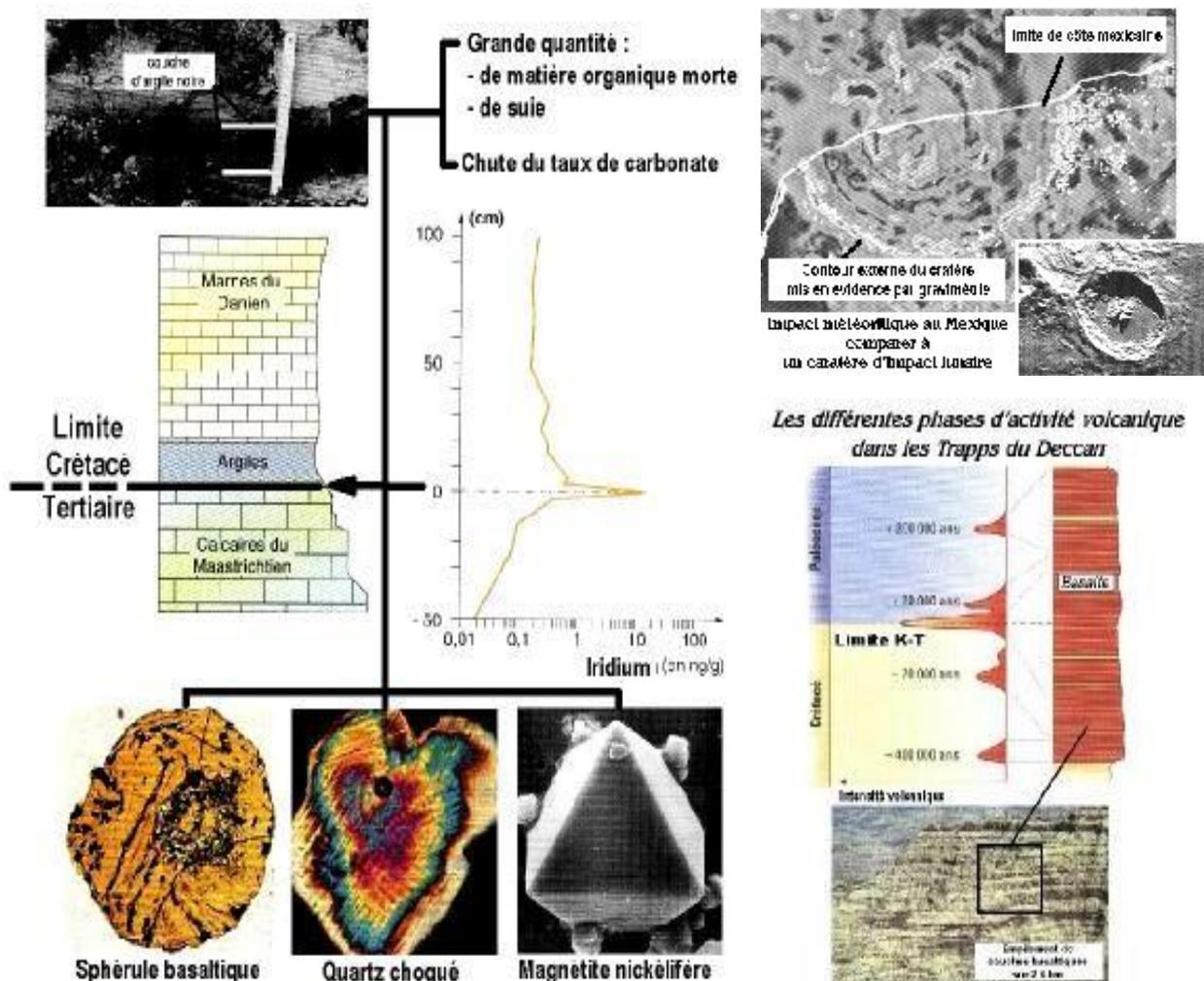
#### 4. LES INDICES GEOLOGIQUES

Les indices paléontologiques qui avaient permis au XIX<sup>e</sup> siècle de définir la limite Crétacé-Tertiaire sont, depuis, associés à des indices géologiques. La limite Crétacé-Paléocène est marquée et **corrélée** à travers l'ensemble du globe par (Doc.5) :

- **Un arrêt de la sédimentation carbonatée** (chute du taux de  $\text{CaCO}_3$  ou calcaire) certainement dû à **des pluies acides**.
- **Une grande quantité de suie** est retrouvée dans les sédiments qui précèdent, accompagnent et suivent la limite K-T depuis le Danemark jusqu'en Nouvelle-Zélande, témoin d'un **incendie gigantesque**.
- **Une augmentation de la matière organique morte** (mort de nombreux êtres vivants). Cette hausse de la MO correspond donc à "une chute de la masse vivante ou une **hausse de la masse morte**" que l'on retrouve dans l'humus, dans le sol, sur le globe à cette époque.
- La présence d'une **fine couche d'argile noire, riche en iridium** (métal de la famille du platine), marqueur de cette crise en plusieurs endroits de la planète. La concentration en iridium est 160 fois supérieure au taux normal.
- La présence de **sphérules basaltiques** et de **quartz choqués** typiques des **cratères d'impacts** météoritiques dans la couche d'argile (sphérules et quartz choqués sont rassemblés sous le terme de tectites).
- La présence dans cette même couche d'argile de **magnétites nickélicifères**, mélange d'oxyde de fer et de nickel dont la **seule origine connue actuellement est la destruction d'une météorite lors de son entrée dans l'atmosphère terrestre** riche en  $\text{O}_2$ .

- Un impact météoritique daté de - 65 MA a été repéré dans le Yucatán, au Mexique.
- Des épanchements basaltiques énormes ( $2 \cdot 10^6 \text{ km}^3$  de matériel émis) couvrant les Trapps du Deccan en Inde (plusieurs centaines de milliers de  $\text{km}^2$  sur une épaisseur pouvant atteindre 2.4 km). Ils sont datés de - 65 à - 68 Millions d'années.

Doc. 5 : Les indices paléontologiques qui avaient permis au XIXe siècle de définir la limite Crétacé - Tertiaire sont corrélés à des indices géologiques.



## 5. DES PHENOMENES GEOLOGIQUES EXPLIQUENT LA CRISE CRETACE - TERTIAIRE : HYPER-VOLCANISME ET IMPACT METEORITIQUE

Les indices paléontologiques et géologiques répertoriés dans les chapitres précédents doivent être pris, en partie ou en totalité, pour élaborer une théorie explicative de cette crise Crétacé-Paléocène. Les causes géologiques sont actuellement en discussion : hypervolcanisme ou impact météoritique (explosion équivalente à 10.000 fois l'ensemble de l'arsenal nucléaire mondial qui exploserait en même temps)?...

### 5.1. UN VOLCANISME DE POINT CHAUD TRES ACTIF (Doc.6)

L'énorme empilement de coulées basaltiques dans la province du Deccan en Inde résulte de l'activité d'un point chaud situé à l'emplacement actuel de l'île de la

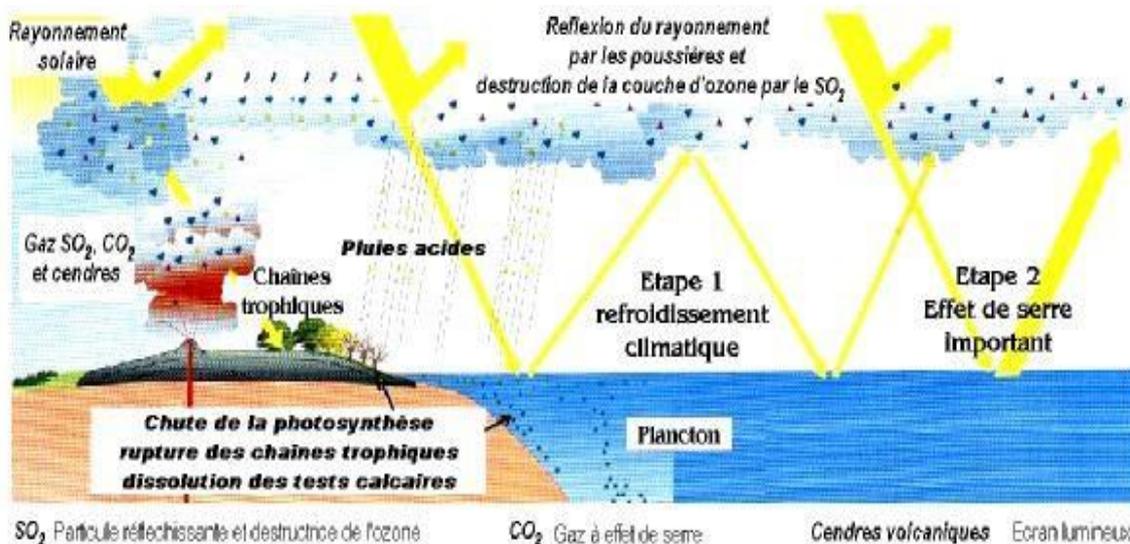
**Réunion.** Ce point chaud aurait fonctionné pendant 500.000 ans vers une époque évaluée à - 65 millions d'années.

Cet événement volcanique expliquerait les sphérules basaltiques, la présence de l'iridium en grande quantité et également la présence de la couche d'argile pouvant provenir de la décomposition du basalte.

Si l'on se réfère aux plus grandes éruptions volcaniques connues (Krakatoa entre les îles de Sumatra et de Java en Indonésie en 1883, El Chichon au Mexique en 1982 (Doc.1), Pinatubo aux Philippines en 1991), les conséquences sur le climat seraient voisines de celle d'un hiver nucléaire.

En effet, les particules et les gouttelettes d'acides sulfuriques constitutives des nuages de poussières volcaniques absorbent les infrarouges émis et ré-émis par la Terre et réfléchissent les radiations solaires dans l'espace : conséquence immédiate, **la température chute** si les nuages persistent longtemps, pendant plusieurs années ou centaines d'années et la photosynthèse est ralentie voire stoppée.

**Doc. 6 :** Les conséquences d'un hyper-volcanisme.



## 5.2. LA CHUTE D'UNE ENORME METEORITE (Doc.7)

L'iridium, particulièrement abondant dans les météorites pierreuses et très rare dans les couches superficielles de la lithosphère, la présence de grains de quartz choqués typiques d'un impact météoritique et les magnétites nickélicifères plaident en faveur de la chute d'une météorite.

La trace d'un impact météoritique (200 km de diamètre ; météorite de 10 km de diamètre aurait libérée une énergie équivalente à  $10^8$  mégatonnes de T.N.T, à titre de comparaison l'arsenal nucléaire mondial actuel est estimé à 15.000 mégatonnes de T.N.T)

datée de - 65 millions d'années a été découverte dans la péninsule du Yucatán, aux alentours de Chicxulub, au Mexique.

Les conséquences d'un impact météoritique relèvent de l'hypothétique, mais rejoignent celles d'un volcanisme paroxysmique :

- Dissipation d'un nuage de poussière,
- Incendie (suie),
- Raz de marée,
- Tremblement de terre,
- Emissions d'aérosols riches en SO<sub>2</sub> et en NO<sub>2</sub> (mortel pour les plantes),
- Arrêt momentané de la photosynthèse (les producteurs primaires disparus, les autres maillons des chaînes trophiques meurent !)
- Précipitations acides (entraînant la dissolution des tests calcaires),
- Baisse de la température (hiver d'impact catastrophique pour les hétérothermes) et rupture de chaînes trophiques.

### 5.3. AU FINAL, LA RUPTURE DES CHAINES TROPHIQUES PAR RALENTISSEMENT DE LA PHOTOSYNTHESE

Le débat reste encore ouvert mais certains chercheurs pensent que les deux hypothèses sont valables : les Trapps du Deccan ont amorcé le déclin des espèces et l'impact météoritique aurait donné le coup de grâce. Quoi qu'il en soit les théories arrivent toutes les deux aux mêmes conclusions.

Les théories aboutissent à une **modification du climat et à la rupture de chaînes trophiques (Doc.6et7)** : chute de la photosynthèse, disparition des consommateurs primaires puis des autres maillons des chaînes alimentaires. Seuls les petits animaux à température constante auraient mieux résisté à cette variation brutale et prolongée du climat.

## Les crises biologiques, repères dans l'histoire de la Terre

### 1. LES CRISES BIOLOGIQUES DANS L'HISTOIRE DE LA VIE ET DE LA TERRE

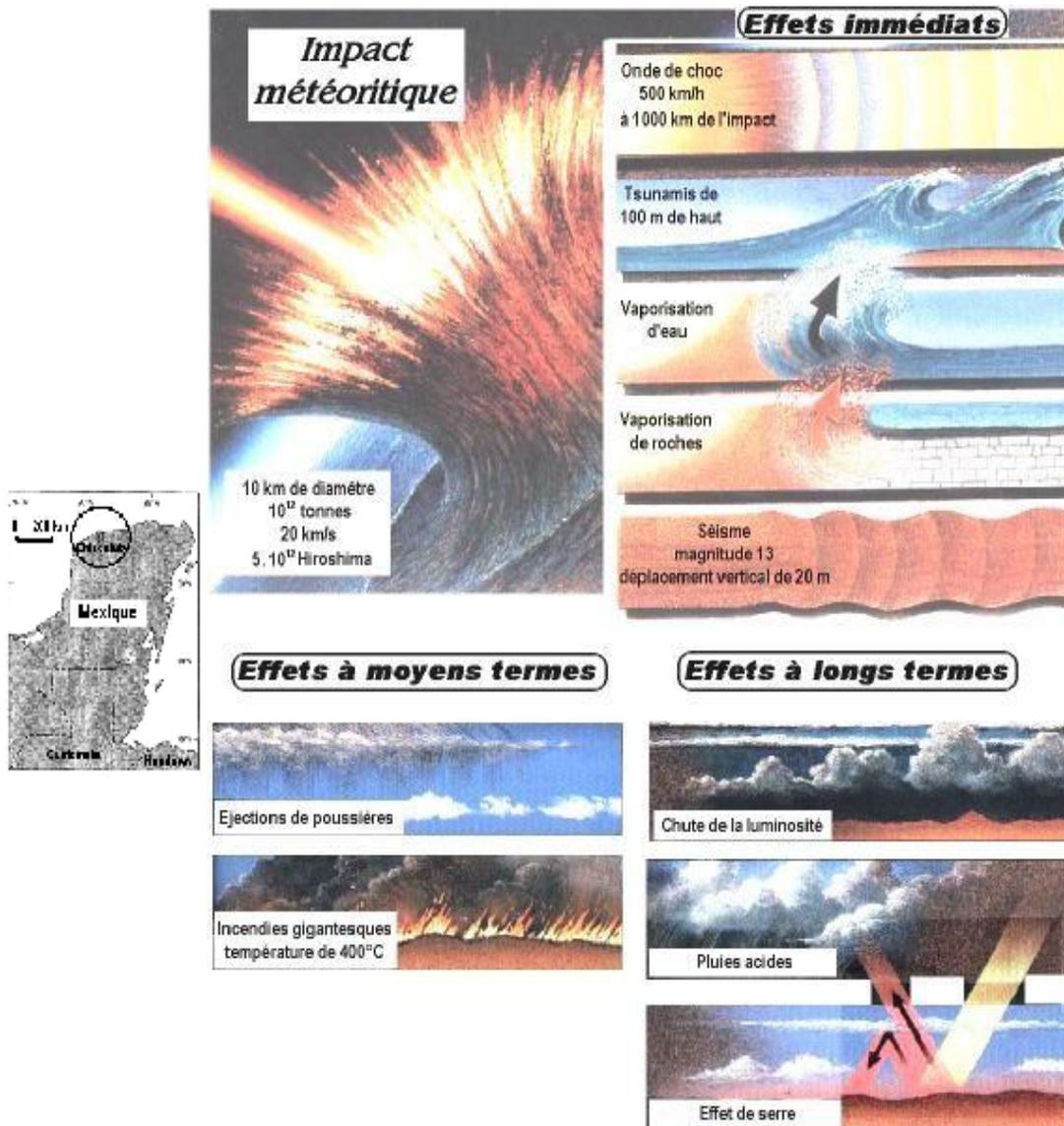
Au Silurien (- 450 M.A) et au Dévonien (- 370 M.A) **70 à 80 % des espèces disparaissent**, au Permien (- 240 M.A) **80 à 90% des espèces s'éteignent**, et enfin qu'au Trias (- 200 M.A) **60 à 70 % des espèces** ne se retrouvèrent pas dans les niveaux géologiques supérieurs. Finalement, la moins dramatique fut la crise dont on parle le plus, la crise K-T (Doc.8).

L'histoire de la vie est donc *jalonée* d'extinctions de masse, à la suite

desquelles, on remarque toujours une recrudescence d'espèces et de genres qui assurent, non seulement le renouvellement des flores et des faunes, mais également leur diversification avec l'apparition de genres et espèces nouvelles.

Ainsi, l'histoire de la biosphère est ponctuée de *phases d'extinctions massives* qui alternent avec *des phases radiatives* où les espèces survivantes se diversifient très vite, colonisant les niches écologiques laissées vacantes par les espèces disparues.

Doc. 7 : Les conséquences d'un impact météoritique sont les mêmes qu'un hyper-volcanisme.



## 2. LES EXTINCTIONS DE MASSE SONT DE BONS REPERES DANS L'HISTOIRE DE LA TERRE

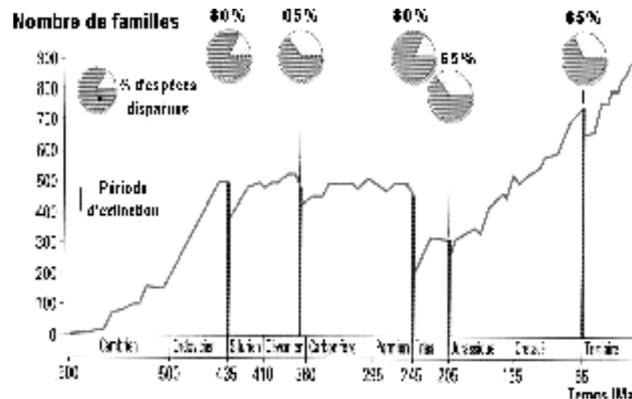
Les théories avancées pour expliquer la crise K-T peuvent être éventuellement étendues aux autres crises majeures et mineures qui ont ponctué l'histoire de la vie.

Toutes les extinctions massives, qualifiées de crises biologiques, sont provoquées par des changements géologiques majeurs (Doc.8 et 9) : variations du niveau des mers suite à l'ouverture d'un océan (transgression) ou à sa fermeture (régression), formation d'une

chaîne de montagne, impact météoritique, éruption volcanique. **Les événements biologiques sont couplés aux événements géologiques.**

**Les crises sont utilisées pour définir les coupures entre les ères, les périodes et les âges géologiques dans l'échelle stratigraphique internationale (Doc.10).**

**Doc. 8 :** L'histoire de la vie est donc jalonnée d'extinctions de masse, à la suite desquelles, Nous remarquons toujours une recrudescence d'espèces et de genres.



## Conclusion

Les crises correspondent à des disparitions brutales de très nombreuses espèces quel que soit le milieu de vie observé marin, continental ou aérien que ces êtres vivants soient unicellulaire ou pluricellulaire et quel que soit leur règne (animal, végétal, monère...).

Les crises biologiques jalonnent l'histoire de la vie :

- EN DECOUPANT DES "TRANCHES DE VIE".
- EN SERVANT DE MARQUEURS, DE REPERES POUR LES COUPURES GEOLOGIQUES.

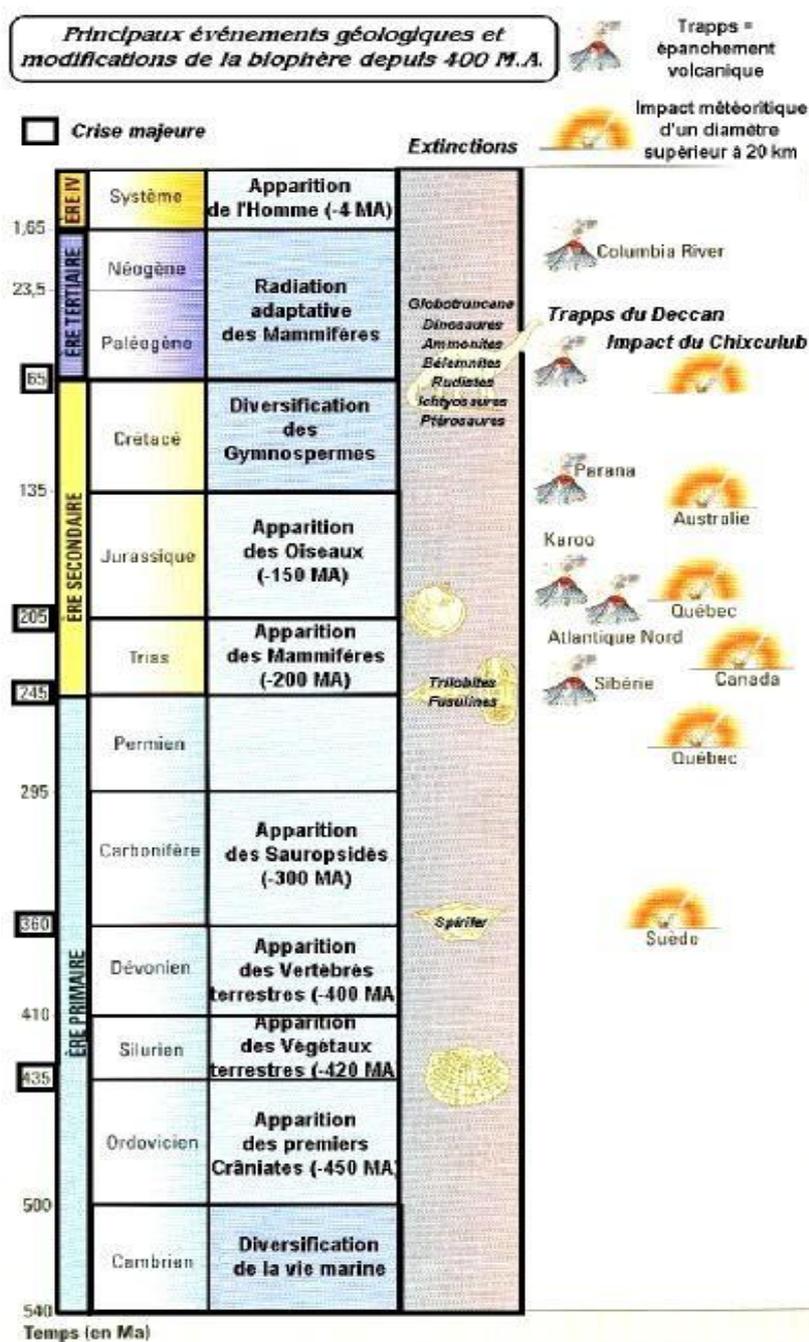
L'ampleur de la crise Crétacé-Tertiaire a été suffisante pour en faire une coupure majeure dans l'histoire de la Terre. En espérant que l'homme ne sera pas responsable d'une nouvelle coupure géologique de ce type, un hiver nucléaire est malheureusement toujours à notre portée... et les massacres ont déjà commencé (Doc. 11).

Les crises renforcent l'idée du caractère imprévisible de l'Evolution. L'évolution résulte bien d'une combinaison d'innovations génétiques et de mécanismes de conservation de ces innovations génétiques (sélection naturelle et dérive génétique) au sein d'un environnement donné dont les conditions peuvent changer brutalement et de manière imprédictible (impact météoritique, activité paroxysmique d'un point chaud).

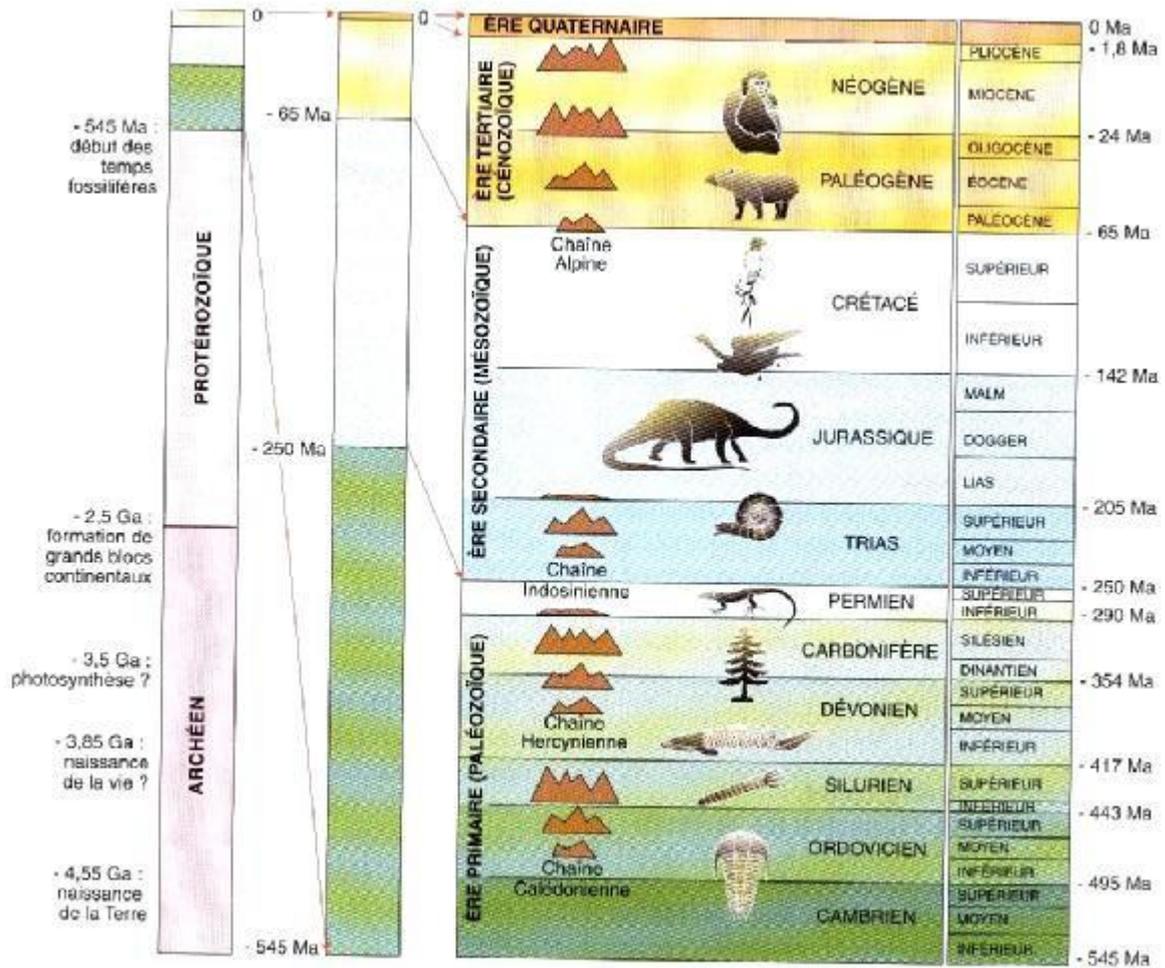
Si actuellement de nombreux spécialistes se tournent vers une origine météoritique pour expliquer la brutale disparition des dinosaures et autres formes vivantes au Crétacé-Tertiaire, la thèse du volcanisme paroxystique n'est pas à écarter pour autant, **la conjonction des deux phénomènes géologiques** est certainement à l'origine de cette crise biologique. **Le couplage événement géologique - événement biologique est marquant et spectaculaire lors de cette extinction massive et des autres.**

Nous nous sommes limités à l'influence géologique sur le développement de la biosphère mais toutes les enveloppes sont interdépendantes. En effet, si la lithosphère, l'atmosphère et l'hydrosphère influencent bien la biosphère, la biosphère en retour influence bien les autres enveloppes terrestres : la respiration a modifié et modifie encore l'atmosphère et l'hydrosphère, l'accumulation des exosquelettes continue de participer à la formation de la craie dans le fond des océans.

**Doc. 9 :** Les extinctions massives qualifiées de crises sont provoquées par des changements géologiques majeurs. Les événements biologiques sont couplés aux événements géologiques.



Doc. 10 : Les crises sont utilisées pour définir les coupures entre les ères géologiques.



Doc. 11 : Vers la 6ième extinction massive.

