

9 Les crises (périodes d'extinction massive) comme exemple de coïncidences entre les modifications de l'environnement et celles du vivant.

Les extinctions et les radiations font partie des processus évolutifs et donc du fonctionnement normal de la biosphère.

Il existe cependant des périodes où le taux d'extinction est anormalement élevé. Ces épisodes sont appelés des crises, et ils sont très bien mis en évidence dans les temps phanérozoïques pour lesquels on dispose de nombreux fossiles.

Beaucoup des coupures de l'échelle des temps géologiques correspondent à des taux de disparitions plus ou moins importants.

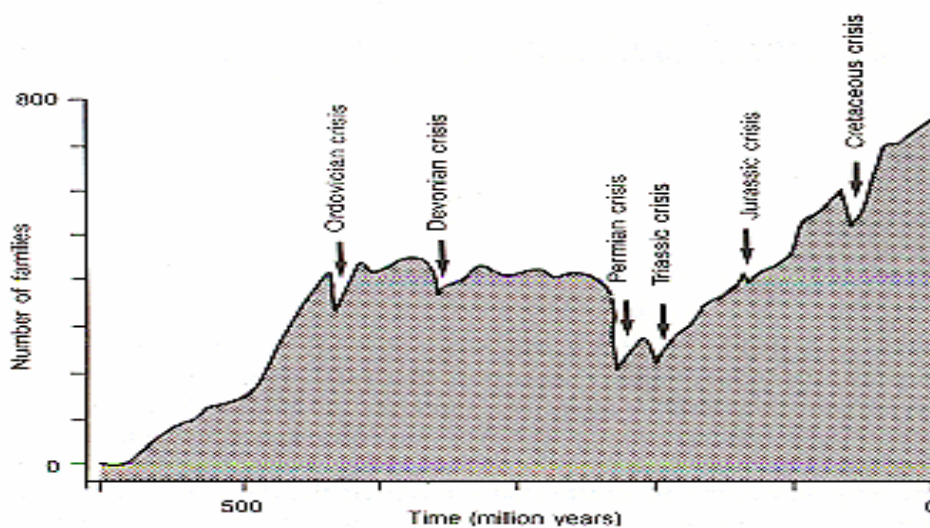
Les crises ont très certainement existé pendant les temps précambriens, mais les fossiles précambriens sont pour le moment trop mal connus et difficiles à identifier pour permettre la mise en évidence de périodes de crise.

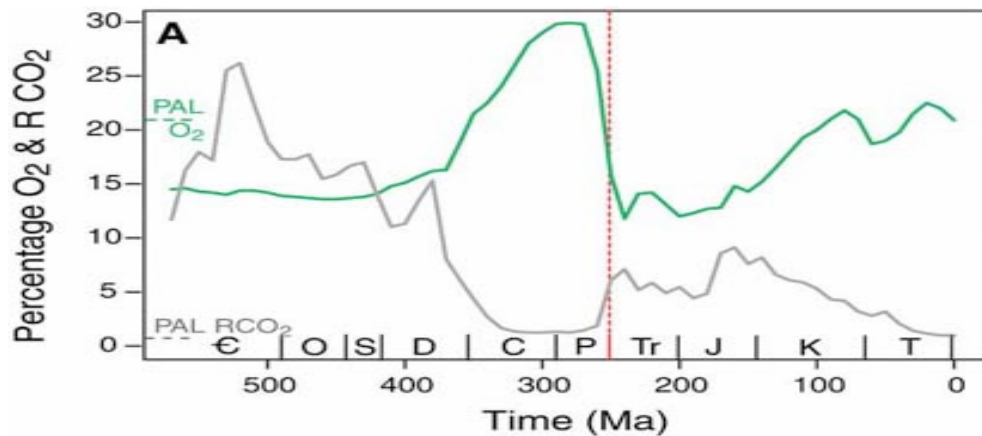
9.1. Histoire des crises du Phanérozoïque (ensemble des ères I, II, III et IV)

9.1.1 Cinq crises majeures :

Il y a cinq épisodes de crises majeures au Phanérozoïque (soit depuis le Cambrien) (**Figure 14**). La plus importante étant celle du Permo-Trias, et la plus médiatique celle du Crétacé-Tertiaire avec la disparition des dinosaures.

Pour chacune de ces crises environ 20% des familles, 50% des genres et 80% des espèces disparaissent, sauf pour la plus importante (Permo/Trias) pour laquelle 50% des familles, 80% des genres et 95% des espèces disparaissent.





72

J. Veizer et al. / Chemical Geology 161 (1999) 59–88

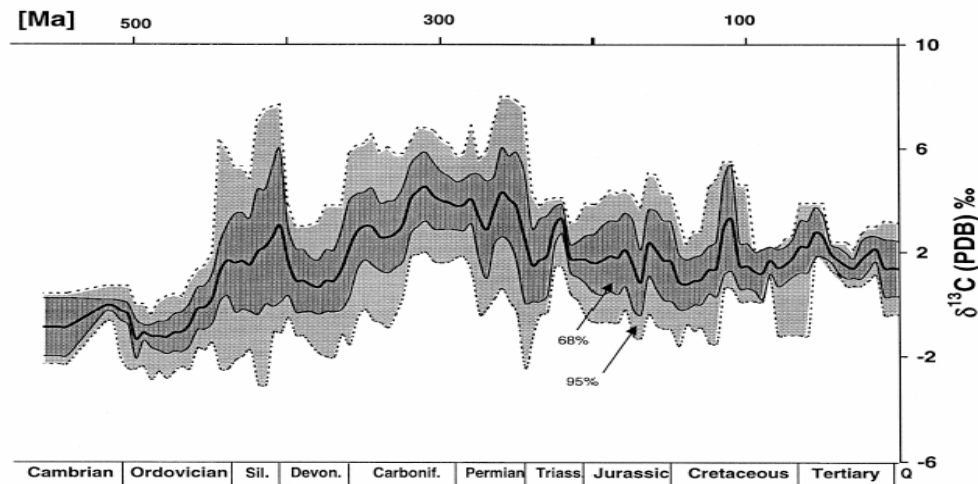


Fig. 10. Phanerozoic $\delta^{13}\text{C}$ trend for combined Bochum/Ottawa and literature data for LMC shells. The running mean is based on 20 Ma window and 5 Ma forward step. The shaded areas around the running mean include the 68% ($\pm 1\sigma$ for a strictly Gaussian distribution) and 95% ($\pm 2\sigma$) of all data.

Figure 14 – Ages des crises majeures et évolutions des pressions partielles en O_2 et CO_2 , du $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$.

9.1.2 Causes potentielles de ces crises:

Ces crises coïncident souvent avec des événements exceptionnels de nature à perturber l’environnement et qui sont suspectés d’en être la cause: éruptions volcaniques intenses (Trapps, **Figure 15**), impact de météorite, ou encore déstabilisation des hydrates de gaz.

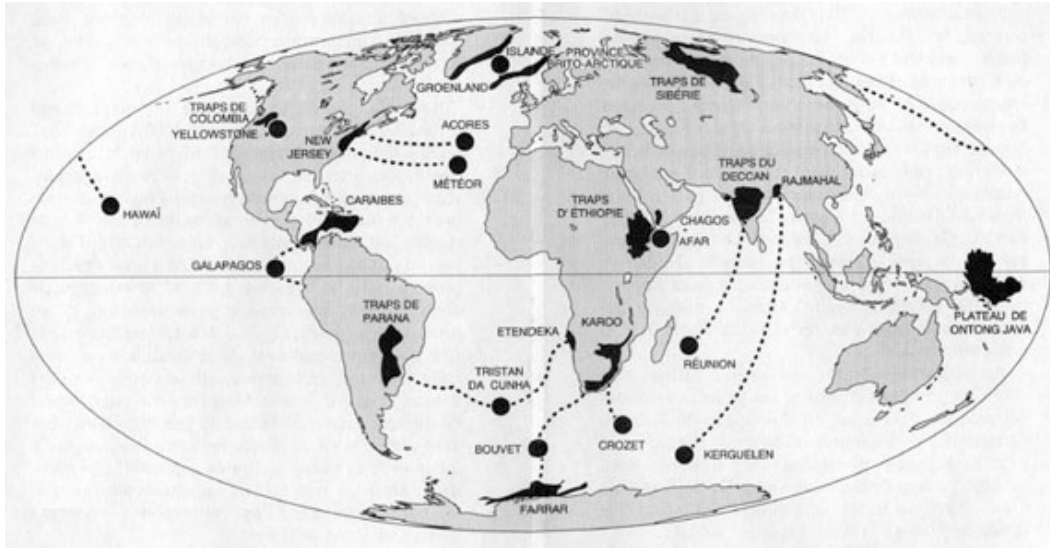


Figure 15 – Répartition mondiale des trapps.

Le volcanisme libère des gaz (CO_2 , SO_2) et des poussières dans l'atmosphère qui influencent le climat et la chimie de l'atmosphère et des pluies.

Les Trapps (*Figure 16*) sont du volcanisme alcalin à tholéitique dit fissural. Le dernier épisode connu de volcanisme fissural a libéré de fortes quantités d'halogènes comme le Fluor qui sont des poisons pour les animaux.

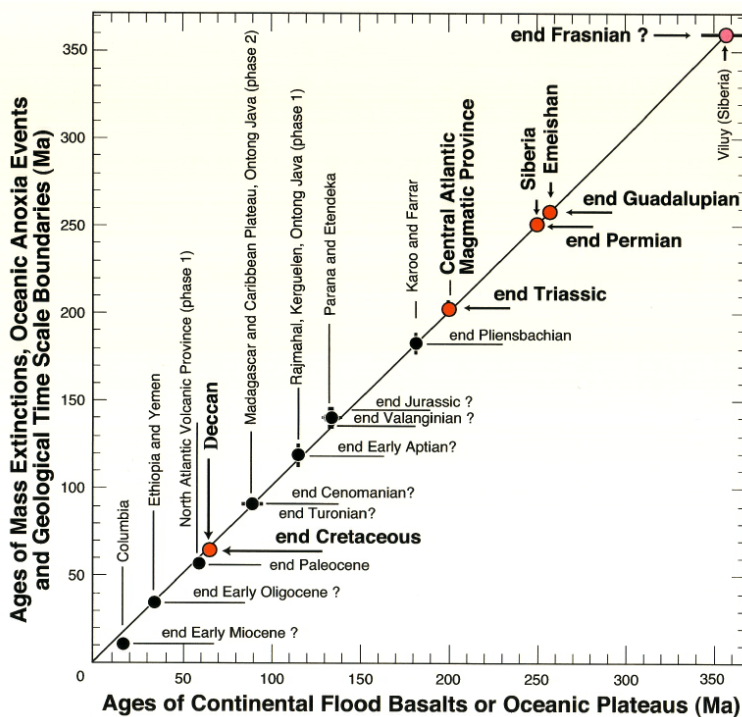


Figure 16 – Corrélation entre l'âge des trapps et l'âge des extinctions (d'après Courtillot & Renne, 2003).

Les hydrates de gaz sont un mélange de méthane et d'eau qui est stable sous forme de glace dans les sédiments des plateaux continentaux dans une gamme de pression et de température donnée. Une baisse du niveau marin ou un réchauffement de la température des eaux du fond peuvent provoquer une déstabilisation de ces hydrates et la libération massive de méthane dans l'atmosphère.

Le méthane étant un gaz à effet de serre important il pourrait être à l'origine de variations climatiques drastiques elles-mêmes capable de provoquer des extinctions massives.

9.1.3 Coïncidence avec une baisse du $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$:

Très souvent il y a une baisse du $\delta^{13}\text{C}$ des carbonates au moment des crises. Voir les deux exemples de la crise P/T (Permo/Trias) et K/T (Crétacé/Tertiaire) (**Figures 17 et 18**).

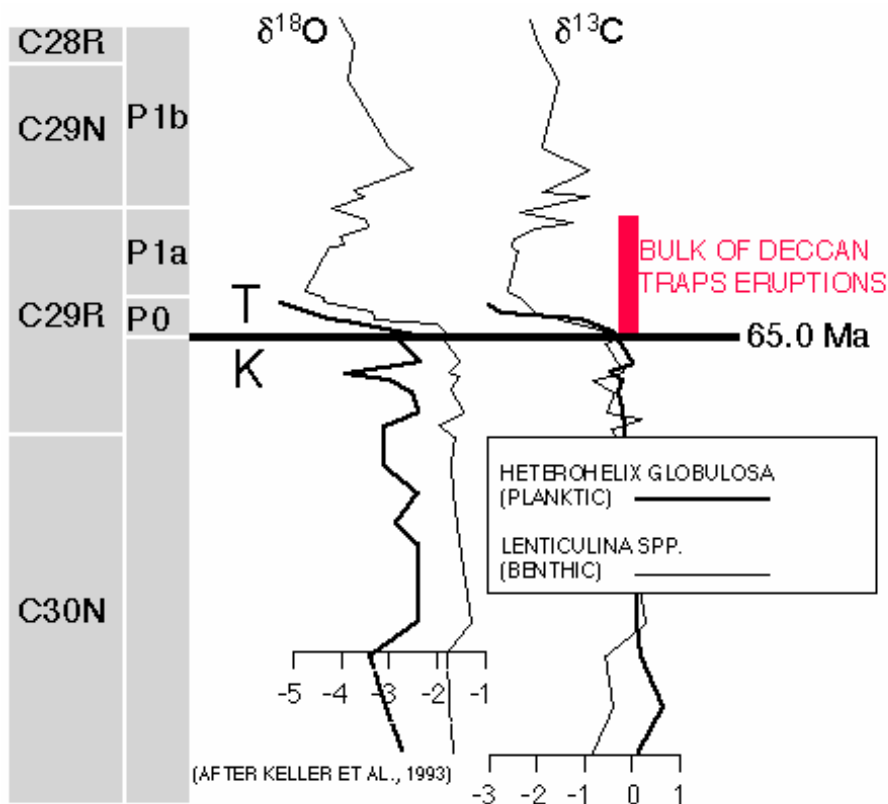


Figure 17 - Variations du $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ de foraminifères planctoniques et benthiques lors de la crise Crétacé/Tertiaire.

Ces baisses du $\delta^{13}\text{C}$ peuvent s'expliquer par :

Une déstabilisation des hydrates de gaz, le méthane ($\delta^{13}\text{C} = -60\text{‰}$) est oxydé en CO_2 dans l'atmosphère, ce qui a pour conséquence de diminuer sensiblement le $\delta^{13}\text{C}$ du système océans-atmosphère.

La reminéralisation de la biomasse décimée par l'extinction libre du CO_2 de $\delta^{13}\text{C} = -26\text{‰}$, ce qui a pour conséquence de diminuer le $\delta^{13}\text{C}$ du système océans-atmosphère.

La diminution de la productivité primaire consécutive à l'extinction (donc de l'enfouissement de matière organique) et donc diminution de l'enrichissement relatif en ^{13}C du système océans-atmosphère.

Les questions de la synchronisation des événements, et des extinctions, ainsi que de leur durée restent toujours ouvertes.

9.2. Cas de l'Extinction Permo-Trias

Renouvellement complet des organismes phytoplanctoniques :

Les algues vertes (chlorophytes) jusque là dominantes sont remplacées par les algues rouges (rhodophytes) dont les dinoflagellés, les coccolithophoridés et les diatomées.
Ce renouvellement implique des changements très importants de la chimie des Océans.

Renouvellement de plus de 50% des végétaux supérieurs :

Dans les sédiments de la limite P/T on trouve une dominance très marquée des spores de champignons saprophytes qui dégradent le bois mort et qui marquent une mortalité très importante des végétaux supérieurs.

Juste après la limite il y a un arrêt complet des dépôts de charbons qui sont remplacés par des dépôts de grès rouges.

Cet arrêt peut s'expliquer par l'extinction des espèces adaptées aux milieux qui conduisent à la formation de gisements de charbons (tourbières).

Les dépôts de grès rouges signalent des conditions climatiques plutôt arides et surtout une absence de couvert végétal, conduisant à l'érosion et l'altération brutales des sols.

Disparition des récifs pendant 5 à 10 Ma d'années suivant la limite P/T.

Disparition de la sédimentation siliceuse biogénique (tests de radiolaires et spicules d'éponges)

Pendant le Permien, la sédimentation siliceuse très importante serait une conséquence de la température froide des océans. Leur disparition pourrait marquer un réchauffement de la température des eaux elle-même due à un arrêt de la circulation profonde des océans.

La limite P/T est également marquée par des biomarqueurs fossiles de microbes pratiquant de la photosynthèse anoxygène en oxydant du H_2S . Ces biomarqueurs indiquent que les océans étaient anoxygènes et euxiniques jusque dans la zone photique (les 50 à 100 premiers mètres).

Les Océans permien auraient été comparables à la Mer Noire actuelle.

Cette anoxie des océans serait à l'origine de l'essentiel des extinctions des organismes océaniques et aurait pu induire aussi l'extinction des organismes terrestres si H_2S et CH_4 n'étaient pas totalement oxydés dans la zone photique mais étaient partiellement libérés dans l'atmosphère.

Des indicateurs de teneur en CO_2 atmosphérique (densité des stomates) indiquent une augmentation de la teneur en CO_2 suite à la limite P/T. Des indicateurs de teneur en O_2 indiquent une baisse de la teneur en O_2 atmosphérique (jusqu'à 12%). Ces variations de teneur en O_2 et CO_2 sont compatibles avec une très forte diminution de la photosynthèse.

Enfin le $\delta^{13}\text{C}$ des carbonates montre une diminution brutale à la limite (**Figure 18**) suivie dans le Trias inférieur par des oscillations du $\delta^{13}\text{C}$ qui montrent les difficultés qu'a eues la biosphère à se stabiliser après cet épisode. Cette baisse du $\delta^{13}\text{C}$ est compatible avec une forte diminution de la productivité primaire et donc de l'enfouissement de matière organique.

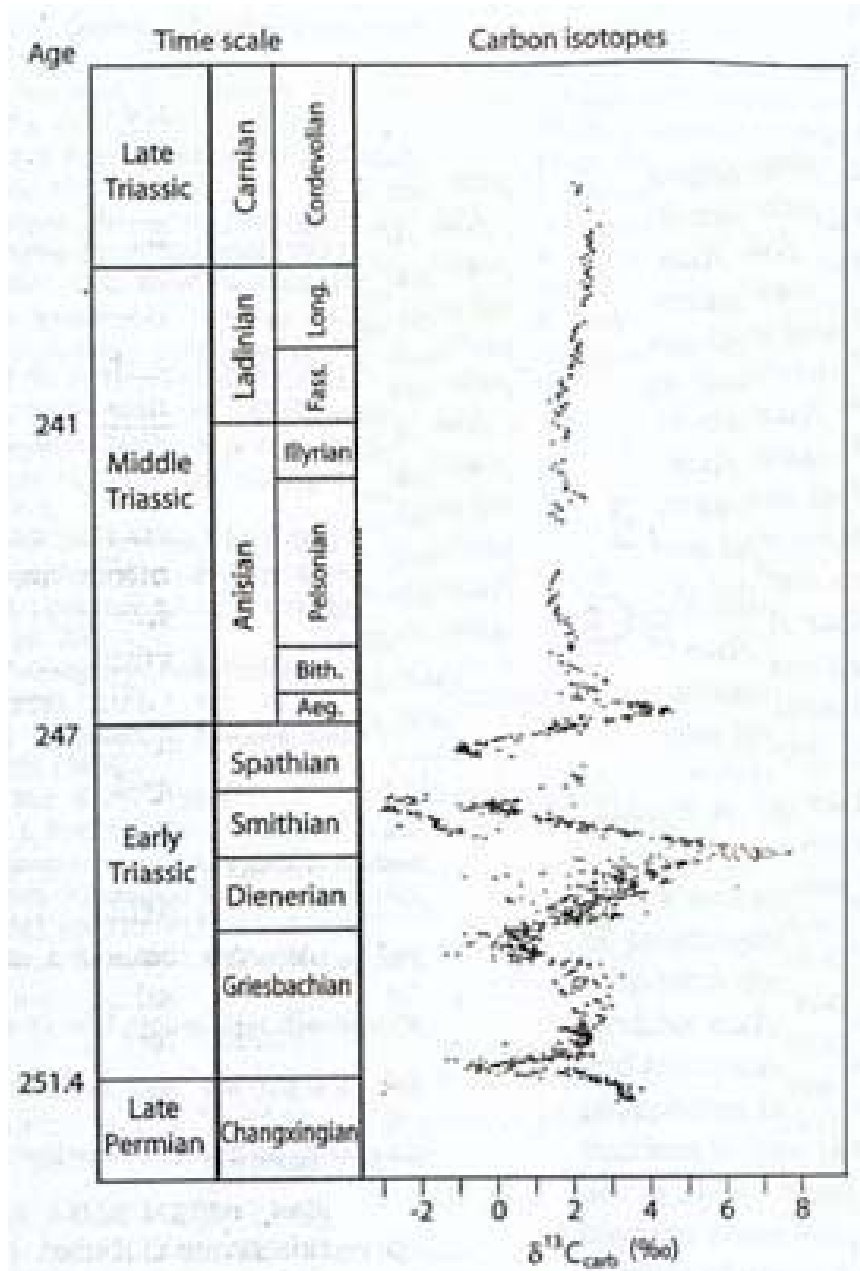


Figure 18 - Variations du $\delta^{13}\text{C}_{carb}$ suite à la crise Permo-Trias.

Les caractéristiques principales de cette crise sont donc un taux d'extinction élevé, avec une récupération de la biosphère très lente (plus de 5Ma).

Cette extinction est associée à

une baisse importante du taux d'oxygène dans l'atmosphère
une anoxie des océans (donc un arrêt de la circulation océanique profonde)
un réchauffement du climat et une augmentation de la teneur en CO₂
atmosphérique

L'élément déclencheur de la crise n'est pas identifié. Cela pourrait être le volcanisme des trapps de Sibérie, une déstabilisation des hydrates de gaz, ou simplement la stratification et l'anoxie des océans.

Quoi qu'il en soit une fois l'extinction commencée l'anoxie des océans, si elle n'en a pas été le déclencheur, en a été l'amplificateur.