



Introduction

Depuis son apparition il y a environ 3,8 milliards d'années, l'histoire de la vie sur la Terre a été marquée par la succession et le renouvellement des espèces au cours du temps. L'étude des fossiles des strates fossilifères révèle des périodes de relative stabilité interrompues par des bouleversements importants ayant régulièrement affecté la biosphère : les crises biologiques. Ces modifications profondes qui affectent la faune et la flore simultanément et en de nombreux points éloignés les uns des autres, sont liées à des changements importants des conditions de vie, en étroite relation avec la dynamique de la Terre. La crise Crétacé-Tertiaire, datée à - 65 millions d'années, est la plus médiatisée. Son étude permettra de montrer que les crises biologiques constituent des repères chronologiques dans l'histoire de la terre et ont pour origine plusieurs causes probables.

Comment identifie-t-on une crise biologique au cours de l'histoire de la Terre ?

Peut-on corréler les crises biologiques à des événements géologiques et quels sont dans ce cas, les caractéristiques de ces événements ?

Comment les crises biologiques permettent-elles d'établir des repères dans l'histoire de la Terre ?

Comment l'homme moderne peut-il influencer l'avenir de la planète ?

I - Stabilité et instabilité des espèces : définition d'une crise biologique (==> activité VI.1)

1) Le renouvellement des espèces au cours des Temps

- Les espèces au cours des Temps :
 - + **naissent** (= **apparaissent**) à la suite d'innovations génétiques retenues par la pression sélective du milieu,
 - + se **développent**, les populations d'une espèce donnée s'accroissent (augmentation du nombre d'individus),
 - + **disparaissent** et dans certaines conditions (exceptionnelles) peuvent se **fossiliser**.

==> **spéciation** et **extinctions** des espèces sont donc les traits permanents de l'Histoire de la Vie ; le temps de vie d'une espèce est très variable, généralement brève (quelques millions d'années).

- Les **strates** qui sont des dépôts de matériel sédimentaire (sables, calcaires, argiles ...) correspondent à un **intervalle de Temps** (on peut les **dater** les unes par rapport aux autres) ; les strates contiennent des fossiles qui à la suite de leur mort se sont accumulés en même temps que les dépôts sédimentaires : les strates sont donc de véritables "**archives paléontologiques**".
- A cause de ces temps de vie limités des espèces fossiles, les strates qui se succèdent ont un contenu paléontologique différent : c'est la marque d'une **évolution biologique**. Les fossiles stratigraphiques sont donc des **marqueurs des Temps géologiques**.

2) Périodes de stabilité et périodes d'instabilité

- On peut dans l'Histoire des Temps, par l'étude des strates, repérer des **périodes de stabilité** : les disparitions d'espèces sont alors compensées par des apparitions et même dans certains cas par des foisonnements d'espèces. Cependant, il existe des discontinuités : les crises biologiques.
- Une crise biologique est une **extinction massive** (le caractère massif tranche avec les disparitions permanentes habituelles) et **synchrone** de **nombreux groupes** d'êtres vivants (animaux et végétaux) du **domaine continental** et du **domaine océanique** sur une période **brève** à l'échelle des Temps géologiques (quelques Ma) et qui affecte **l'ensemble de la planète**. La crise K/T (K comme Crétacé et T comme Tertiaire) est l'une des 5 crises importantes qui ont affecté la planète.

fossile stratigraphique

◆ Un bon fossile stratigraphique (ex: certaines ammonites ou certaines nummulites) doit avoir :

- une **grande répartition géographique** (ex: animaux présents dans toutes les mers du globe)
- une **faible extension verticale** (évolution très rapide) : plus l'extension est faible meilleure est la datation de la strate.

◆ Pour **dater les strates**, on peut utiliser un fossile stratigraphique ou l'**association** de plusieurs fossiles stratigraphiques pour couvrir des périodes plus réduites. (ex: *Fasciculithus pileatus* < 5Ma, *Chiasmolithus danicus* 3Ma, association des 2 : 2 Ma)

◆ **Macrofossiles** et **microfossiles** servent en stratigraphie. On remarquera que les microfossiles par leur abondance dans les strates sont des témoins **moins aléatoires** que les macro fossiles. La **micropaléontologie** occupe pour cette raison une place importante en paléontologie ; les fossiles de petites taille comme les pollens et les spores ont un grand pouvoir de dispersion (vent, courants et sont présents dans tous les types de sédiments, sont très abondants dans un petit échantillon, ont un coût d'extraction peu élevé et leur abondance permet de traiter les résultats obtenus de façon statistique.

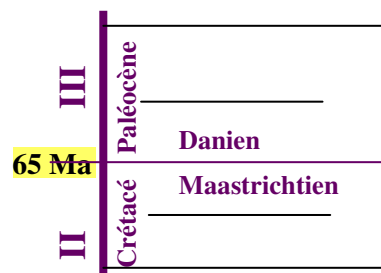
◆ Il existe d'autres fossiles dont la présence renseigne sur les **conditions de formation** des strates : ce sont les **fossiles de faciès** : on peut alors définir pour la région considérée une **paléogéographie** et une **paléoclimatologie** (**Faciès** : ensemble des caractères lithologiques et paléontologiques de la roche qui permettent la reconstitution des conditions de dépôts).

II - Une crise biologique majeure : la crise K/T

1) La crise K/T affecte profondément la biosphère

a) - les extinctions massives d'espèces dues à la crise

- La crise K/T affecte faune et flore sur l'ensemble de la planète mais tous les groupes d'êtres vivants ne sont pas affectés avec la **même sévérité**.
- En domaine océanique (= milieu marin)**
 - + les producteurs végétaux (= phytoplancton) sont peu affectés à l'exception des **Coccolithophoridés** (algues qui fabriquent des plaques calcaires : les coccolites),
 - + dans le zooplancton, les **foraminifères planctoniques** sont très affectés (extinction de 80 % de ce type de zooplancton) ; notons que les **formes benthiques** (= qui vivent sur les fonds océaniques) sont peu affectés ;
 - + ces animaux par leur test et ces végétaux par leur plaque fixent la plus grande partie du calcaire ==> on comprend alors que leur disparition fasse chuter les teneurs de CaCO_3 .





DOSSIER VI

Leçon n° 10

TERMINALE
SCIENTIFIQUE
ENSEIGNEMENT
OBLIGATOIRE

En domaine océanique (= milieu marin) -suite-

+ extinction de **mollusques céphalopodes** tels que les **ammonites** et les **bélemnites** ; remarque : les **Nautiloïdés**, groupe très proches des ammonites par leur biologie sont épargnés par la crise. [les ammonites sont des Mollusques céphalopodes, groupe très important en nombre d'espèces au Trias et au Jurassique qui "disparaît" au Paléocène ; le problème du déclin brutal ou au contraire graduel du groupe reste posé. Les **bélemnites** sont des Mollusques céphalopodes proche des seiches dont on retrouve le rostre (équivalent de l'extrémité de l'"os" de seiche actuel) ; ce groupe "apparaît" au carbonifère et s'éteint fin crétacé.]

+ extinction de **mollusques lamellibranches** tels que les **Inocérames** et les rudistes (du latin, *rudis*, « rude » : ces mollusques bivalves vivaient fixés dans les récifs des mers chaudes ; à leur disparition au Paléocène, d'autres groupes, les coraux, occupent la niche écologique libérée par leur disparition),

+ disparition massive des **oursins (= échinodermes)** sans être pour autant une extinction du groupe.

+ extinction des **reptiles marins** tels que les **Ichtyosaures** et les **Plésiosaures**,

+ disparition de nombreux vertébrés marins : 90 % des espèces de **raies et de requins** (les autres poissons sont peu affectés par la crise K/T ==> sélectivité des disparitions).

En domaine continental (= milieu terrestre)

+ l'étude de la flore et des modifications qu'elle a subie peut se faire par l'étude des **spores** (dans le cas des plantes sans fleurs) ou des **grains de pollens** (cas des plantes à fleurs). Au moment de la crise on observe une augmentation considérable des spores (pic de spores) qui se fait au détriment des pollens : on en déduit la disparition de 30 à 40 % des plantes à fleurs : **gymnospermes** (= plantes à ovules nus) et **angiospermes** (= plantes à ovules cachés).

+ certains groupes animaux sont **décimés** par la crise tels que les **dinosaures** (du grec, *deinos*, « terrible » et *saura*, « lézard ») qui apparus à la fin du Trias (début de l'ère secondaire), occupèrent très rapidement toutes les niches écologiques possibles se manifestant par leur gigantisme avant de s'éteindre... ; les reptiles volants tels que les **ptérosaures** s'éteignent également.

+ d'autres groupes animaux sont peu affectés par la crise : les **insectes**, les **amphibiens**, des **reptiles** tels que les lézards, les crocodiles et les serpents et le groupe des **mammifères** (notons cependant que disparaissent des **Mammifères** proches des actuels **mammifères marsupiaux**).

b) - diversification des espèces après la crise K/T

• Au plus fort de la crise, quelques rares espèces sont capables de s'adapter aux mauvaises conditions et prolifèrent de façon éphémère : ce sont les **profiteurs**. Ces espèces disparaissent à la fin de la crise pour faire place aux groupes qui se diversifient à partir des **survivants géniteurs**. En effet, ces survivants géniteurs existaient avant la crise et possédaient le **potentiel génétique** nécessaire pour franchir l'événement « crise » (exemple : formes de résistance, stratégies de reproduction particulières...).

• Certains groupes se diversifient rapidement après la crise ; cette diversification est appelée **radiation adaptative**.

En domaine océanique :

+ de nouveau le **plancton** prolifère mais avec un renouvellement des espèces telles que les **globigérines** du Tertiaire (beaucoup plus petites et à l'origine des espèces de globigérines actuelles) remplaçant les **globotruncana** (du secondaire),

+ les **baleines** (Mammifères) et les **requins** remplacent les **ichtyosaures**,

+ les **coraux** remplacent les **Rudistes**.

En domaine continental :

+ les insectes, les oiseaux et les Mammifères vont dominer et hériter des niches écologiques laissées vacantes par la disparition des Dinosaures. Les Mammifères présents depuis le Trias (mais petits aux moeurs nocturnes) voient leur taille augmenter, leur fonction locomotive et nutritive se spécialiser ; parmi ces Mammifères, un groupe de Primates (petits animaux frugivores adaptés à la vie arboricole se diversifie également et conduira à la lignée humaine).

c) - conclusion

• Une crise est toujours suivie d'une période où les **spéciations** l'emportent de beaucoup sur les **extinctions** : prolifération de formes vivantes et occupation de toutes les niches écologiques laissées libres.

• Toutes les espèces qui **se diversifient** trouvent leur origine dans celles qui ont **survécu** à la crise.

• Les crises permettent donc un **renouvellement** des flores et des faunes par l'**introduction de ruptures** et jouent un rôle moteur dans l'évolution des êtres vivants.

• En s'appuyant sur l'exemple des dinosaures et des mammifères, on peut constater que la survie des espèces n'est pas uniquement fonction des caractères qui ont précédemment assuré leur succès évolutif mais est déterminée en partie par des **événements imprévisibles** (volcanismes, chute de météorites ...) : l'évolution du vivant a été **contingente** (= accidentelle, fortuite).

Extinction des dinosaures : même problématique que pour les ammonites dans le domaine océanique, les dinosaures ont-ils connu un long déclin avant leur disparition finale à -65 Ma ou l'extinction fut-elle brutale ? Les scientifiques penchent actuellement pour la deuxième solution.

Niches écologiques occupées par les dinosaures
Les dinosaures ont occupé toutes les niches écologiques possibles :

✓ dans les airs : les **Ptérosaures**

(ex: *Pteranodon* -Crétacé sup- et *Pterodactylus* -Jurassique sup-)

✓ dans les eaux : le **Plésiosaure** -Jurassique inf- et l'**Ichtyosaure** -Jurassique-

✓ sur les continents :

• les végétariens tels que *Triceratops* -Crétacé sup-, *Iguanodon* -Crétacé inf- *Protoceratops* -Crétacé sup-, *Diplodocus* -Crétacé sup-, *Brontosaurus* -Jurassique sup- ...

• les carnivores tels que *Tyrannosaurus* -Crétacé sup-, *Ornitholestes* -Jurassique sup- ...

Crises et évolution biologique, quelques citations d'évolutionnistes :

"Les extinctions massives éliminent les groupes qui auraient pu s'imposer pendant d'innombrables millénaires à venir et créent des opportunités nouvelles pour d'autres qui, sinon, n'auraient jamais eu droit de cité." **J.-J. Gould**

"Après chaque période de crise, c'est, de façon générale, une faune nouvelle qui se fait jour et assure une étape originale de l'évolution biologique. Il ne s'agit pas de reconstructions ex nihilo mais du développement et de l'épanouissement de lignées restées discrètes jusque-là et qui explosent en types variés qui se répandent dans des niches écologiques encore inoccupées ou réservées auparavant à certaines des formes disparues et qui leur étaient, de ce fait, interdites."

L. de Bonis, "Évolution et extinction dans le règne animal", Masson, Paris



2) Les marqueurs géologiques de la crise K/T et leur cause

a) - les marqueurs

- On les trouve dans le mince niveau d'**argile noire** épaisse de quelques centimètres (la base présente un niveau oxydé rougeâtre de quelques millimètres d'épaisseur). Les divers marqueurs sont :
- L'**iridium**, **métal** de la famille des **platines** : on a trouvé dans ce niveau d'argile noire une concentration importante d'iridium (30 fois plus que la normale soit 10 à 30 ng/g à la base de la couche d'argile et par ailleurs jusqu'à 500 ng/g dans les météorites) sur 100 sites mondiaux. L'iridium est rare sur Terre mais abondant dans **certaines météorites** et **certaines produits volcaniques**.
- Les **spinelles nickélifères** (ou **magnétites nickélifères**) : ce sont de petits cristaux (10 à 100 μm) d'oxydes métalliques, très abondants à la base de la couche d'argile (100 000 cristaux / g). Ces cristaux inconnus sur Terre dans les conditions normales, ne se forment que par fusion de la croûte des météorites à haute température et sous forte pression de dioxygène.
- Les **quartz choqué** : ces cristaux présentent en surface des **déformations lamellaires** qui ne se forment que lors de chocs importants (pressions au moins de 10 GigaPascals) lors d'impacts météoritiques ou lors d'éruptions volcaniques violentes de type explosif.
- Les **sphérules de verre** (= **tectites carbonatées**) : ce sont des gouttelettes de verre issues de la fusion des roches calcaires.
- D'autres marqueurs tels que le $\delta^{18}\text{O}$ (mettant en évidence un refroidissement important), le $\delta^{13}\text{C}$ (diminution de la productivité, lié à une régression marine) et la **chute des carbonates** (associée à la disparition du plancton végétal et animal).

b- deux événements à l'origine de ces marqueurs

- L'**impact météoritique** (hypothèse avancée par Alvarez) :
 - + hypothèse étayée par la présence d'iridium, de quartz choqués et surtout de spinelles nickélifères,
 - + le diamètre de l'astéroïde a été évalué à 10 Km. Un tel choc (vitesse de 20 Km /s au moment de l'impact) provoquerait alors une structure en anneau de 250 à 300 Km de diamètre ; ce cratère (20 Km à 300 Km) a été retrouvé à **Chicxulub** dans le **Golfe du Mexique** et daté de 65 Ma.
 - + la vaporisation de l'astéroïde lors de l'impact aurait dispersé dans la stratosphère la matière météoritique (riche en iridium), serait à l'origine des cristaux de quartz choqués (sous l'effet des pressions colossales), la magnétite nickélifère résulterait du début de fusion de la météorite lors de l'entrée dans l'atmosphère et les gouttelettes de roches fondues seraient directement liées à l'impact .
- Le **volcanisme de point chaud** (hypothèse avancée par le Français Courtillot) :
 - + On trouve actuellement en Inde des **empilements de lave** impressionnants (1 000 000 Km² [superficie de la France] / 2 400 m d'épaisseur) : les **trapps** du Deccan. Ce volcanisme est daté à 65 Ma et s'est produit sur une période de 600 000 ans.
 - + Ce volcanisme intense résulte du **mécanisme de point chaud** : des ascendances mantelliques parviennent jusqu'à la base de lithosphère continentale ou océanique et provoquent un volcanisme effusif qui actuellement alimente le piton de la Fournaise dans l'île de la Réunion. (On sait que ce type de volcanisme est très intense au tout début de son fonctionnement).

c- couplage d'événements biologique et géologiques

- C'est la conjonction des 2 phénomènes précédents, de nature et de durée très différentes (instantané pour l'un, 600 000 ans pour l'autre) qui ont pu être à l'origine de la crise biologique K/T (les 2 phénomènes ont pu en effet avoir des effets similaires sur les enveloppes fluides de la planète) :
 - + **1er temps** : un effet **destructeur instantané** à **grande échelle** (dévastations par des incendies, des séismes, des méga tsunamis...),
 - + **2ème temps** : les **poussières** et **aérosols** dispersés dans la **stratosphère** suite à l'impact météoritique et au volcanisme interceptent une partie du rayonnement solaire ==> **diminution de la photosynthèse** et **refroidissement des climats** ==> **régressions marines** importantes (de plus de 100 m !) aboutissant à **l'anéantissement de toutes les espèces intertidales** (qui vivent dans la zone de balancement des marées).
 - + **3ème temps** : le CO₂ et la vapeur d'eau respectivement libérés lors de l'éruption volcanique et lors de l'impact (Golfe du Mexique) induisent un important effet de Serre se traduisant par un réchauffement ==> modification profonde et durable (milliers d'années ?) du climat ==> disparition de nombreuses espèces.

Les couches d'argile noire dans le Monde : à Gubbio (Italie), Stevens Klint (Danemark), El Kef (Tunisie), Caravaca (Espagne) et Bidart (pays Basque Français).

L'impact météoritique (hypothèse Alvarez, Asaro, Rocchia):

Cette hypothèse rend compte de l'anomalie en iridium (élément rare dans la géosphère mais abondant dans certaines météorites et dans les micro-tectites (petites billes de verre). Par contre des anomalies de ce type (pics d'iridium) ont été identifiées dans d'autres niveaux sans qu'elles soient associées à des crises biologiques. Ces éléments furent trouvés en abondance dans certains sites de l'Amérique centrale et semblent indiquer que le lieu de l'impact météoritique serait la péninsule du Yucatan à Chicxulub (Mexique).

Le volcanisme intense (hypothèse Courtillot):

Ce scénario a l'avantage d'expliquer la durée longue de la crise (0,3 à 0,6 Ma). Les éruptions volcaniques importantes (modèle actuel possible : éruption du volcan El Chichon en 1982) projettent dans l'atmosphère d'énormes quantités de cendres, de gaz et d'aérosols qui peuvent obscurcir pendant de longues périodes l'atmosphère et abaisser la température de plusieurs degrés. Ce volcanisme pouvait être celui des trapps du Deccan en Inde (plus grande masse connue de basaltes continentaux) et être la conséquence du fonctionnement d'un nouveau point chaud (aujourd'hui centré sur l'île de la Réunion).



- Les crises permettent d'établir des **coupures** dans les **Temps géologiques** ; ces crises constituent donc des **repères chronologiques** (crise Permien / Trias ==> ère I / II et crise Crétacé / paléocène ==> ère II / ère III).
- Enfin, les crises constituent des **ruptures** dans les **processus évolutifs** : ces crises **réorientent** l'évolution des espèces - qui jusque là résultait de l'interaction « innovations génétique » / « sélection naturelle » - à partir des organismes ayant survécus.

2) L'Homme, une cause possible d'une 6ème grande crise (actuelle !)

- L'espèce humaine connaît une **démographie** en forte croissance. L'activité humaine entraîne des modifications de la **biosphère** :
 - + **déforestation**,
 - + **désertification**,
 - + **réduction de la biodiversité** (chasse, pêches industrielles intensives, usage de pesticides ...)
 mais cette activité humaine influe également sur la géosphère :
 - + **réduction de la couche d'ozone** stratosphérique,
 - + **augmentation des gaz à effet de serre** ==> modifications climatiques, élévation du niveau des mers par fonte des glaciers, élévation des températures...
- On estime que l'Homme est à l'origine d'une **6ème grande crise biologique** majeure.
- L'Homme pourtant se devrait d'assurer la **sauvegarde du patrimoine biologique et géologique** pour les générations futures car il est en partie responsable de l'avenir de la biosphère.



	ère TERTIAIRE	paléogène	-23 Ma à -6 Ma	miocène		époque	étage
			-34 Ma à -23 Ma	oligocène		paléocène	Thanétien
			-52 Ma à -34 Ma	éocène			Montien
			-65 Ma à -52 Ma	paléocène			Danien
-65 Ma	ère SECONDAIRE	crétacé	-95 Ma à -65 Ma	crétacé supérieur	➔	65 Ma	Maestrichtien
			-130 Ma à -95 Ma	crétacé inférieur			Campanien
		jurassique	-150 Ma à -130 Ma	jurassique supérieur			Santonien
			-178 Ma à -150 Ma	jurassique moyen			Turonien
			-204 Ma à -178 Ma	jurassique inférieur			Cénomanién
		trias	-229 Ma à -204 Ma	trias supérieur			