

Les principales causes d'extinction des espèces

1- La notion d'espèce:

Linné a matérialisé l'espèce par un individu type: (holotype). L'espèce est un ensemble d'individus identiques entre eux, et avec le spécimen "type", c'est à dire l'exemplaire ayant servi à décrire et caractériser l'espèce sur le plan morphologique. Ce "type" est déposé dans un Muséum où il sert de référence pour des comparaisons ultérieures. Au sein d'une même espèce, on peut distinguer des sous-espèces.

2. Evolution de la biodiversité au cours du temps

Depuis l'apparition des premières formes de vie sur Terre, il y a environ 3,8 milliards d'années, la vie n'a cessé de se diversifier. Les fossiles présents dans les roches permettent aujourd'hui de reconstituer la biodiversité du passé, différente de la biodiversité actuelle. En effet, les méthodes modernes de la radiochronologie fondée sur la datation des plus anciens minéraux connus (Zircon*) et sur des données astronomiques permettent d'attribuer à la Terre l'âge de 4,567 milliards d'années et de dater les époques géologiques de façon absolue. Les plus anciennes traces de vie connues ont de 3,5 à 3,7 milliards d'années.

2.1. Crises biologiques et découpage des temps géologiques

L'histoire de la Terre a commencé il y a 4,6 milliards d'années. Pour se repérer, l'homme a divisé ces 4,6 milliards d'années en plusieurs ères et périodes, constituant ainsi une échelle des temps géologiques. Au cours du temps, des espèces apparaissent et disparaissent.

Si des extinctions se sont produites à tout moment au cours de l'histoire de la vie, les extinctions massives et simultanées de nombreuses espèces, voire de groupes entiers, sont plus rares et sont qualifiées de **crises biologiques**.

L'étude des roches formées pendant une crise biologique nous donne des informations sur les causes de la crise. Ces crises de la biodiversité semblent liées à des événements géologiques exceptionnels ayant profondément transformé l'environnement et les milieux de vie à l'échelle de la planète : des chutes de météorites, des épisodes volcaniques intenses et souvent les deux à peu près en même temps. Les grandes crises biologiques, associées à des événements géologiques majeurs, sont utilisées pour subdiviser les temps géologiques en ères et périodes de durée variable.

Les scientifiques ont découpé l'histoire de la Terre en **ères** et **périodes** géologiques :

- ex. : Précambrien, ère Primaire, ère Secondaire, ère Tertiaire, ère Quaternaire
- ex. : Carbonifère, Jurassique, Crétacé sont des périodes.

Dans l'histoire de la Terre, il y a eu plusieurs bouleversements de la biodiversité avec des extinctions d'espèces entraînant une chute massive et temporaire de la biodiversité : ce sont les **crises biologiques**.

- ex. : la crise entre le Crétacé et le Paléogène marque la fin de l'ère Secondaire. C'est lors de cette crise que la majorité des dinosaures ont disparu (pas tous car il reste les oiseaux)

Il y a eu cinq grandes crises et les activités humaines, ayant un impact négatif sur la biodiversité, risquent d'en déclencher une sixième

2.2. La biodiversité est modifiée au cours du temps

Le cycle naturel de tous les écosystèmes de la planète est un cycle équilibré où les espèces naissent à la même vitesse et dans les mêmes quantités que les espèces qui disparaissent

2.2.1. La reconstitution de l'environnement passé

La nature et la variété des roches d'une région nous permettent de déterminer quelles étaient les conditions de vie dans le passé, c'est-à-dire, le **paléoenvironnement**

- ex. : les moraines sont typiques d'un climat passé froid
- ex. : les roches calcaires sont typiques de mers peu profondes et chaudes

2.2.2. L'évolution de la biodiversité

Lorsqu'on compare la flore et la faune actuelle avec la faune et la flore passée, on constate que de nouvelles espèces sont apparues tandis que d'autres ont disparu : la biodiversité change

2.3. L'apport des fossiles à la reconstitution des évolutions de la biodiversité

2.3.1. La formation des fossiles

Lorsqu'un être vivant meurt, il arrive qu'il soit recouvert assez rapidement par des **sédiments** (particules se déposant et formant une boue) pour limiter sa dégradation ;

- les sédiments prennent la forme de l'être vivant et lorsqu'ils deviennent roche, la trace de l'être vivant est conservée : c'est un **fossile**.



Fossile de trilobite

C'est en réalité une minéralisation progressive du reste d'un être vivant. La roche remplace petit à petit par des processus chimiques naturels les différentes parties de l'être vivant décédé, comme par exemple les os ou la coquille.

- Les mouvements du sol et l'érosion des roches font parfois apparaître des fossiles à la surface, des millions d'années plus tard

2.3.2. Les différentes formes de fossiles

Les fossiles peuvent être de différentes formes :

- Moulage interne ou externe d'un animal à coquille, comme des ammonites



- Insectes piégés dans la résine



- Empreintes d'animaux et de végétaux



2.3.3. Reconstituer des écosystèmes passés

Les processus et les grands principes applicables aujourd'hui s'appliquaient déjà dans le passé : c'est le **principe d'actualisme**



La planorbe est un mollusque que l'on trouve dans les eaux douces (lacs, étangs), reconnaissable à sa coquille spiralée très caractéristique.



Dans cette roche sédimentaire (calcaire de Beauce, 21 millions d'années), on a trouvé un moulage de coquille de planorbe, constitué de la même matière que la roche : c'est un **fossile**.

- **ex:** les couches les plus profondes sont les plus anciennes : **principe de superposition**.
En l'absence de bouleversements structuraux, une couche est plus récente que celle qu'elle recouvre et plus ancienne que celle qui la recouvre



Lorsqu'un fossile appartenant à un groupe d'êtres vivants existant encore aujourd'hui et qu'on connaît leur milieu de vie, on peut appliquer le principe d'actualisme pour déterminer son milieu de vie passé

- **ex:** les coraux vivent actuellement dans des eaux peu profondes et souvent chaudes ; si l'on trouve des coraux fossilisés, on peut en déduire que cet endroit était une eau peu profonde et peut-être chaude.

2.4. Les types de diversité

Dans notre biosphère immense, la diversité existe non seulement au niveau de l'espèce, mais elle est combinée à tous les niveaux de l'organisation biologique allant des macromolécules dans les cellules aux biomes. La diversité est généralement considérée à trois niveaux différents: la diversité génétique (Niveau des gènes), la diversité spécifique, c'est-à-dire au niveau des espèces et la diversité écosystémique (au niveau de l'écosystème).

2.4.1. Diversité génétique

C'est une caractéristique des espèces et des populations d'une même espèce, les méthodes modernes d'investigations ont montré que la diversité génétique ou le polymorphisme génétique est très répandue.

La diversité génétique se réfère à la variété des gènes contenus dans les espèces de plantes, d'animaux et de micro-organismes. Chaque espèce, allant des bactéries aux plantes et animaux supérieurs, stocke une quantité énorme d'information génétique, ex : le nombre de gènes est d'environ 4000 dans les bactéries (*Escherichia coli*) et 35 000 à 45 000 chez les êtres humains (*Homo sapiens sapiens*).

Cette variation des gènes, non seulement des nombres mais aussi de la structure, permet à une population de s'adapter à un environnement constamment changeant (Résistance aux parasites et aux nouvelles maladies) et de répondre aux processus de sélection naturelle. Une diversité moindre dans une espèce conduit à l'uniformité génétique qui restreint l'adaptabilité d'une espèce au stress environnemental.

La variation génétique chez les individus est due à deux causes:

- les mutations génique et chromosomique et
- l'apparition des organismes à reproduction sexuée qui assure un brassage constant des gènes qui se propagent à travers la population par recombinaison

2.4.2. Diversité des espèces

La diversité des espèces se réfère à la variété des espèces dans une zone géographique. Elle est mesurée en termes de:

- **Richesse spécifique:** C'est un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement. Il est rarement possible d'obtenir une richesse spécifique absolue, hormis pour des espèces de grande taille (grands mammifères, arbres). La richesse spécifique est ainsi souvent biaisée par l'intensité de l'effort d'échantillonnage, notamment pour des espèces dont la distribution spatiale est irrégulière.
- **Abondance des espèces :** se rapporte aux nombres relatifs entre les espèces. Par exemple, le nombre d'espèces de plantes, d'animaux et de micro-organismes peut être plus dans une zone que celle enregistrée dans une autre zone.
- **Diversité taxonomique ou phylogénétique:** Elle se réfère aux relations génétiques entre les espèces. Les mesures sont basées sur l'analyse, aboutissant à une classification hiérarchique représentant l'évolution phylogénétique des taxons concernés.

Au niveau mondial, on estime que 1,7 million d'espèces d'organismes vivants ont été décrites à ce jour. Il a été estimé actuellement que le nombre total d'espèces varie de 5 à 50 millions.

Cette diversité n'est pas uniformément distribué à travers le monde, elle est concentrée dans

les régions équatoriales et tend à diminuer à mesure qu'on se rapproche des zones polaires; Dans les écosystèmes terrestres, elle diminue généralement avec l'augmentation de l'altitude.

2.4.3. Diversité des écosystèmes

Elle se réfère à la présence de différents types d'écosystèmes. Il a fallu des millions d'années d'évolution, pour accumuler cette riche diversité dans la nature, qui risque de disparaître en moins de deux siècles si les taux actuels de perte d'espèces continuent. Biodiversité et sa conservation sont maintenant des questions environnementales vitales alors que de plus en plus de gens dans le monde commencent à réaliser l'importance critique de la biodiversité pour la survie et le bien être dans cette planète.

2.5. Les Crises d'extinction

Depuis l'apparition de la vie sur terre, des espèces nouvelles naissent tandis que d'autres s'éteignent. Ce sont d'ailleurs justement les changements de faune et de flore dans les enregistrements stratigraphiques fossiles qui permettent de définir les périodes géologiques. De nombreuses lignées animales et végétales se sont éteintes et la diversité biologique actuelle ne représente qu'une petite portion de toutes les espèces qui ont vécu sur Terre dans le passé. L'extinction est un processus naturel qui exprime l'incapacité d'une espèce à s'adapter

L'histoire de la vie sur Terre a été ponctuée par cinq crises majeures d'extinction.

2.5.1. Fin de L'Ordovicien (-440MA)

Elle a entraîné la disparition de 50% des familles d'animaux. Cette crise est attribuée à un épisode de glaciations courte mais intense qui a entraîné une baisse du niveau des mers et la disparition de beaucoup d'espèces liées au plateau continental : les organismes marins comme les éponges, les algues, les coquillages, les céphalopodes primitifs et les poissons sans mâchoires appelés ostracodermes.

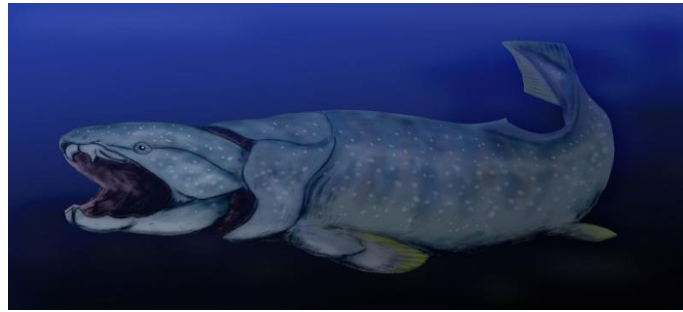


L'*Orthoceras* était l'un des mollusques céphalopodes vivant à cette époque.

2.5.2. Le milieu de Dévonien (- 367MA)

Elle a été déclenchée par une baisse rapide de la température et par des changements de la composition de l'eau de mer (épuisement de l'oxygène dans les océans par les végétaux

terrestres) ainsi que par des chutes de météorites; Elle a vu la disparition de 70 à 80% des espèces marines : Les trilobites, arthropodes du fond des océans



Le *Dunkleosteus* est un poisson placoderme ayant vécu au Dévonien

2.5.3. Permien (-250MA)

Cette crise marque l'achèvement de l'ère primaire. Parfois qualifiée de « mère de toutes les extinctions », cette crise biologique de grande ampleur a dévasté les océans et les terres. Le niveau de la mer s'est abaissé de 250 mètres, ce qui a provoqué la disparition des habitats côtiers qui étaient les plus riches en espèces. Egalement un dérèglement du climat devenu plus sec; en plus des éruptions volcaniques qui ont été suffisamment importante pour polluer l'atmosphère, détruire la couche d'ozone et augmenter l'importance du rayonnement ultraviolet.



Elle a entraîné la disparition dans les océans, de 95% des espèces, de 83% des genres et de 57% des familles. Les trilobites qui avaient survécu aux deux premières extinctions ont finalement disparu, tout comme certains requins, coraux, et poissons osseux. Sur terre, les moschops, des reptiles herbivores de plusieurs mètres de long, ont été les plus touchés. Les insectes ont perdu 63% de leurs espèces.



Un *Dimetrodon* et un *Eryops*, tous deux vivants au Permien

2.5.4. Fin du Trias (-208 MA)

Correspond à la disparition de 20% des familles. Taux de disparitions des espèces : 70 à 80 %. La mystérieuse extinction du Trias a éliminé nombre de grandes espèces terrestres, dont la plupart des archosauriens, les ancêtres des dinosaures et dont descendent les oiseaux et les crocodiles d'aujourd'hui. La plupart des gros amphibiens ont également disparu.

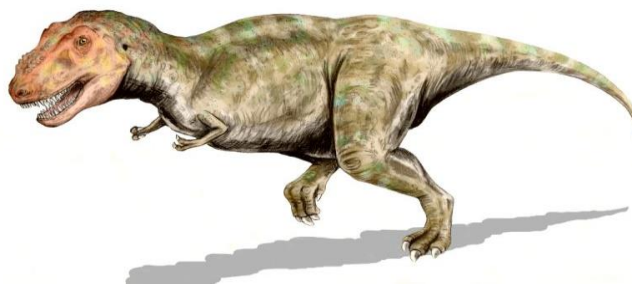


Le *Cynognathus* est un reptile aux allures de mammifères qui a vécu au Trias.

Une théorie évoque des éruptions massives de laves au moment du morcèlement de la Pangée, le dernier supercontinent. Des éruptions accompagnées d'énormes volumes de dioxyde de carbone ayant provoqué un réchauffement climatique galopant. La plupart des mers intérieures ont laissées place à des déserts. Des scientifiques soupçonnent des astéroïdes, mais aucun cratère n'a pour l'instant été identifié

2.5.5. Crétacé (-65MA)

Cette période a vu la disparition des Dinosaures, 45% des genres d'animaux marins en particulier les Foraminifères et les mollusques. Le benthos marin, ainsi qu'une grande partie de la végétation terrestre ont fortement régressé



Le *Tyrannosaurus* est l'une des espèces ayant vécu au Crétacé.

L'impact d'un astéroïde est responsable de cette crise ayant vu la disparition des mais la plupart des mammifères, des tortues, des crocodiles, des grenouilles et des oiseaux ont survécu, tout comme la vie marine, dont les requins, les étoiles de mer et les oursins.

Nom	Date et durée estimée	Intensité	Causes envisagées
Fin Ordovicien	~443 Ma entre 1,9 et 3,3 Ma	57 % des genres & 86 % des espèces auraient disparu.	Début d'épisodes glaciaires-interglaciaires ; augmentations et diminutions du niveau marin. Soulèvement et altération des Appalaches, influençant le climat.
Fin Dévonien	~359 Ma entre 2 et 29 Ma	35 % des genres & 75 % des espèces auraient disparu.	Refroidissement climatique global (suivi d'un réchauffement), peut-être lié à la diversification des plantes terrestres. Anoxie marine de grande ampleur. Impact d'astéroïde ?
Permien-Trias	251 Ma entre 160 ka et 2,8 Ma	56 % des genres & jusqu'à 96 % des espèces.	Rassemblement des continents (Pangée). Volcanisme de Sibérie. Réchauffement global. Extension des eaux océaniques anoxiques. Concentrations élevées de CO ₂ et d'H ₂ S dans l'air et les eaux. Acidification des océans. Impact d'astéroïde controversé.
Trias-Jurassique	200 Ma entre 600 ka et 8,3 Ma	47 % des genres & environ 80 % des espèces.	Éruption de la Province Magmatique de l'Atlantique Central (CAMP). Elévation des taux de CO ₂ atmosphérique, réchauffement global, acidification des océans.
Crétacé-Paléogène	66 Ma environ 2,5 Ma	40 % des genres & 76 % des espèces.	Volcanisme du Deccan (Inde), précédant et accompagnant l'impact d'une météorite (Chicxulub, péninsule du Yucatan). Incendies, tsunamis. Refroidissement global, suivi d'un réchauffement.

Ma, ka : million et millier d'années, respectivement.

2.6. Les principales causes des extinctions massives

Toutes les espèces vivent dans une certaine gamme de conditions environnementales telles que la température, la concentration en oxygène, la lumière, etc... ; si ces conditions venaient à sortir de la gamme requise par une espèce particulière dans une localité donnée, l'existence de cette espèce dans cette localité devient impossible

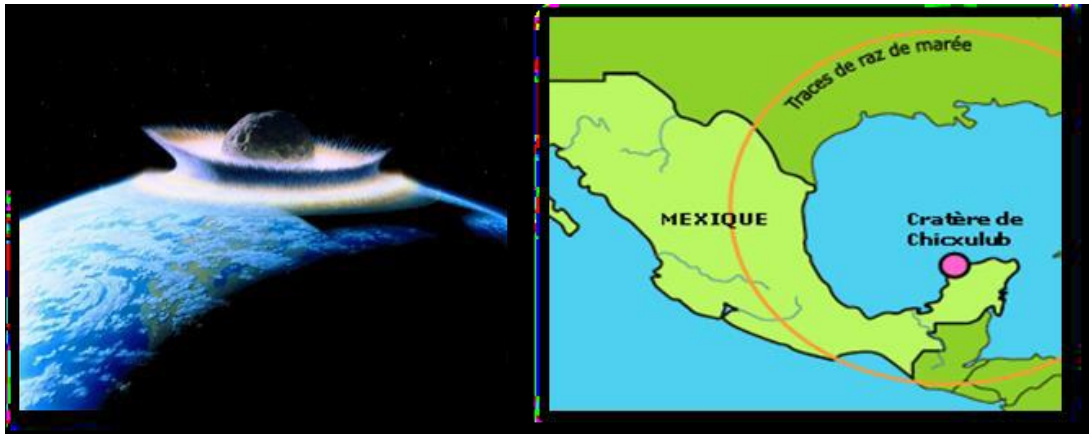
De nombreuses spéculations sur l'origine de ces périodes d'extinction en masse subsistent:

- 1- Changements climatiques désastreux liés à des périodes de glaciations, elles-mêmes dues à des baisses cyclique du flux solaire: l'énergie que rayonne le soleil n'est pas absolument constante, elle peut être minimale avec pour conséquences des épisodes de climat plus froid
- 2- D'autres spécialistes attribuent ces variations climatiques à l'existence d'une période de volcanisme intense à la fin du crétacé dont attestent d'immenses dépôts de basaltes en diverses régions du globe en particulier en Inde sur le plateau du Deccan de l'ouest de l'Inde qui s'étend sur une surface de 500 000Km² , constitué d'un empilement de coulées de lave sur plus de 2000Km d'épaisseur. Dans le nord-ouest des Etats -Unis en particulier dans l'Oregon et l'Idaho où de telles couches de laves couvrent des centaines de milliers de km²



Les trapps du Deccan

- 3- Des catastrophes cosmiques affectant la planète tout entière et ayant marqué la fin du secondaire (Crétacé) à la suite de la découverte en Italie du nord, au Danemark, et sur d'autres continents, de dépôts anormalement riches en Iridium (30 fois et 130 fois plus élevé que la normale) qui forment une mince couche argileuse dans les schistes et autres strates sédimentaires du Crétacé. L'iridium est extrêmement rare dans la croûte terrestre et se trouve dans le noyau et dans certaines météorites. L'impact aurait formé un large cratère.



Chute de météorite

Point d'impact du météorite

Le cratère de Chicxulub situé dans la péninsule du Yucatan au Mexique dont le diamètre est d'environ 180 kilomètres, laisse imaginer une puissance d'explosion similaire à plusieurs milliards de fois celle de la bombe d'Hiroshima. Le bassin du cratère, enseveli sous environ mille mètres de calcaire, s'étend la moitié sous la terre ferme, la moitié sous le golfe du Mexique. La conséquence d'un tel impact aurait été un nuage de poussière, qui aurait bloqué la lumière du Soleil sur une majeure partie de la Terre avec une augmentation des aérosols soufrés dans la stratosphère menant à une réduction de 10-20 % du rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre et empêchant ainsi la photosynthèse expliquant l'extinction des plantes du phytoplancton et des organismes dépendant de ces derniers (Les prédateurs et les herbivores)

2.7. Le risque d'extinction

Les facteurs qui augmentent le risque d'extinction sont :

2.7.1. La taille de la population

De petites modifications des taux de natalité, de mortalité ou des conditions environnementales affectent les petites populations plus sévèrement que les grandes,

2.7.2. L'aire de distribution

En général, plus une espèce occupe une aire de distribution étendue, plus sa probabilité d'extinction est réduite c'est le cas des populations de bivalves et de gastéropodes séparées du

Crétacé vivants en petites ($< 1000\text{km}^2$), moyennes ($1000-2500\text{km}^2$) et grandes ($> 2500\text{km}^2$) aires de distribution. Les espèces avec de petites aires de distribution souffrent de taux d'extinction plus élevés.

2.7.3. Le sex-ratio

Deux populations de même taille ne répondent pas de la même façon à une perturbation environnementale; La population peut produire peu de mâles ou peu de femelles ou ne pas avoir de descendance suite à une perturbation environnementale cette population peut disparaître

2.7.4. Le potentiel biotique

Une population a d'autant plus de chances de se perpétuer que la fécondité intrinsèque des individus qui la constituent est plus grande

2.7.5. La consanguinité

Elle est corrélée avec la diminution de la variabilité génétique, diffusion des tares héréditaires en particulier des déficiences physiologiques qui ont pour conséquence une diminution de la longévité et un accroissement de la mortalité; en outre au moindre accident environnemental de telles populations ne peuvent perdurer.

2.7.6. L'adaptation

L'aptitude à coloniser de nouveaux sites, la tolérance à une pollution environnementale, la capacité d'une espèce à s'adapter vite aux changements rapides du milieu est donc un facteur crucial pour sa survie