

Chapitre 5 :

LA DATATION RELATIVE ET ABSOLUE

Introduction:

La Terre, une planète rocheuse formée il y a 4,6 milliards d'années, est étudiée par la géologie. Les géologues cherchent à retracer l'histoire de la Terre en utilisant la datation relative (étude de l'ordre des événements), la paléontologie (étude des fossiles) et la datation absolue (mesure de l'âge des roches grâce à la radioactivité). Ces méthodes permettent de construire et d'améliorer l'échelle des temps géologiques.

Problématique: Quels sont les moyens pour reconstituer fidèlement le passé géologique de la Terre ?

I. La datation relative

1- La datation relative et ses modalités

Méthode pour établir l'ordre chronologique des événements géologiques (avant/après).
Se base sur l'étude des relations géométriques entre les objets géologiques.
Applicable à différentes échelles : lame mince, roches, affleurements, cartes géologiques.
L'observation d'affleurements (roches visibles en surface) permet d'étudier les strates, plis, failles et inclusions.

2- Les principes de la datation relative

Principe de superposition : Les couches supérieures sont plus récentes que les couches inférieures.

Principe de recoupement : Tout élément (faille, pli, intrusion volcanique ou plutonique) qui en recoupe un autre est plus récent que celui-ci.

Principe d'inclusion : Tout élément inclus dans un autre est plus ancien que son contenant (les événements magmatiques sont généralement considérés comme des recoupements).

3- L'application de ces principes (Exemple : Défi de Lyell) :

Chronologie relative déduite de l'exemple :

- Dépôt du sédiment vert
- Dépôt du sédiment rouge
- Volcan
- Érosion
- Faille Inverse D
- Dépôt du sédiment rose
- Faille Inverse G
- Dépôt du sédiment jaune
- Faille Normale D
- Dépôt du sédiment vert
- Faille normale G
- Dépôt du sédiment jaune
- Pluton granitique

Le non-respect de ces principes peut indiquer des bouleversements comme des chevauchements.

II. Les fossiles et la construction de l'échelle stratigraphique

1- Les roches et les fossiles

Les roches sédimentaires se forment par l'accumulation et la compaction de petites particules.

Principe de continuité : Une couche sédimentaire a le même âge sur toute son étendue. Des roches sédimentaires de même nature, encadrées par des roches plus anciennes et plus récentes similaires, sont considérées comme ayant le même âge.

2- Les fossiles stratigraphiques et la datation

Les roches sédimentaires peuvent contenir des fossiles (restes d'organismes transformés en roche ou en moulages).

Les fossiles fournissent des informations sur le climat, l'environnement et l'âge relatif des roches.

Principe d'identité paléontologique : Des roches sédimentaires de même nature avec les mêmes associations de fossiles ont le même âge.

Les "fossiles stratigraphiques" sont particulièrement utiles pour la datation car ils étaient répandus mondialement, abondants et ont eu une courte durée de vie, permettant d'identifier des époques précises.

3- L'échelle chronostratigraphique

L'étude des roches sédimentaires et des fossiles a permis de diviser l'histoire de la Terre en ères, périodes et étages, chacun caractérisé par des roches et des associations de fossiles spécifiques.

Les limites entre ces divisions sont souvent marquées par des extinctions et apparitions rapides de fossiles.

Exemple : La transition Secondaire-Tertiaire (Crise KT) est marquée par la disparition des Globotruncana et l'apparition des Globigérines, en même temps que l'extinction des Dinosaures et des Ammonites.

III. La datation absolue

1- Le principe de la datation absolue (Radiochronologie)

Se base sur la désintégration radioactive d'isotopes instables (père) en isotopes stables (fils) selon **une loi exponentielle**:

$$N = N_0 \times e^{-\lambda t}$$

Chaque isotope a **une constante de désintégration** (λ) et **une demi-vie**:

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

Pour dater, on normalise les concentrations avec un élément stable proche pour contourner l'inconnue de la quantité initiale de l'élément père (N_0) et la présence initiale de l'élément fils. L'âge obtenu correspond à l'âge de fermeture du système (mort d'un organisme, cristallisation d'un magma, métamorphisme d'une roche).

Le choix de la méthode dépend de l'âge estimé de l'échantillon et de sa composition chimique.

2- La méthode Rb/Sr : la méthode des isochrones

Utilise la désintégration du Rubidium 87 (^{87}Rb) en Strontium 87 (^{87}Sr).

Adaptée aux roches continentales (granites) contenant du potassium et du calcium.

Fenêtre d'utilisation optimale : 50 à 500 millions d'années (Ma).

On mesure les rapports isotopiques

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ de différents minéraux de l'échantillon.

On trace une droite isochrone (droite de régression) sur un graphique de ces rapports.

La pente (a) de cette droite permet de calculer l'âge :

$$t = \ln(a+1)/\lambda \quad (\text{avec } \lambda = 1,42 \times 10^{-11} \text{ an}^{-1}).$$

Au moment de la cristallisation, le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est homogène, mais les différents minéraux ont des rapports $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ variables. La désintégration du ^{87}Rb au cours du temps modifie ces rapports différemment dans chaque minéral.

Précision de l'ordre de 10 Ma. Une variante (Sm/Nd) est utilisée pour les roches océaniques.

3- La méthode U/Pb : la méthode Concordia

Utilise la désintégration de l'Uranium 238 (^{238}U) en Plomb 206 (^{206}Pb) et de l'Uranium 235 (^{235}U) en Plomb 207 (^{207}Pb).

Adaptée aux objets anciens (500 à 4500 Ma) et aux roches métamorphiques (gneiss).

On construit un graphique Concordia montrant les variations théoriques des rapports

$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ en fonction de $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ en fonction du temps.

Les échantillons réels se placent généralement sur une droite Discordia qui recoupe la Concordia en deux points :

Le point haut donne l'âge de formation de la roche.

Le point bas donne l'âge d'un événement de transformation (métamorphisme).

Utilisée pour dater les météorites et l'âge de la Terre. Peu adaptée aux roches océaniques récentes.

4- La méthode K/Ar :

Utilise la désintégration du Potassium 40 (^{40}K) en Argon 40 (^{40}Ar).

Adaptée aux échantillons plus récents (1 à 300 Ma) contenant du potassium (roches continentales).

L'argon étant un gaz, sa concentration initiale est considérée nulle.

L'âge est calculé directement à partir des concentrations mesurées :

$$t = \ln(^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K} + 1)/\lambda \quad (\text{avec } \lambda = 5,81 \times 10^{-11} \text{ an}^{-1}).$$

Une variante ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) permet de normaliser la quantité d'argon 40 par rapport à l'argon 39.