

La mesure du temps en géologie

Intro :

Reconstituer l'histoire de la terre et de la vie suppose d'une part que l'on puisse accéder à la chronologie des événements, c'est-à-dire à l'ordre dans lequel ils se sont déroulés les uns par rapport aux autres. On parle alors de **datation relative**. D'autre part, on peut résumer de façon précise l'âge d'une roche ou d'un reste d'être vivant fossilisé, la survenue d'un événement et sa durée. On parle alors de **datation absolue**.

Pb 1 : Quelles méthodes et principes utilisent-t-on pour reconnaître la chronologie des événements ayant affectés une région au cours du temps ?

Pb 2 : De quels outils dispose-t-on pour dater de façon absolue les roches et les fossiles ?

I) La datation relative des événements géologiques et des roches (TP1)

La stratigraphie est la discipline de la géologie qui étudie l'empilement et le contenu des roches sédimentaires. Elle repose sur plusieurs principes.

- **Principe de superposition** : Les strates se déposent à plat le plus souvent au fond de la mer et toute strate est plus récente que celle qu'elle recouvre.
- **Principe de continuité latéral** : Lorsque dans une région donnée, plusieurs strates en différents endroits sont limitées par le même **mur** (strate inférieure) et le même **toit** (strate supérieure) alors elles correspondent à une unique couche dont l'âge est identique en chaque point de prélèvement.
- **Principe de recoupement** : L'étude des relations géométriques entre les objets géologiques constitue un outil précieux car elle élargit le champ d'étude à l'ensemble des structures et phénomènes géologiques (minéraux, roches, déformations, métamorphismes, magnétismes...). Ce principe est donc applicable à tous ces objets. Toute structure est plus récente que celle qu'elle recoupe. Ce principe, largement appliqué, permet

de reconstituer une datation relative des structures et de préciser l'ordre de leur formation.

- **Principe d'identité paléontologique** : Ce principe repose sur l'identification des strates des roches en fonction de la nature des roches (litho faciès) et de l'ensemble des fossiles qu'elles contiennent (bio faciès). On a pu mettre en évidence que les strates contiennent des fossiles caractéristiques et qui diffèrent le plus souvent d'une couche à l'autre. Cette succession verticale des fossiles traduit une succession temporelle des espèces ou des groupes d'espèces. Ainsi on établit que deux couches ayant le même contenu fossilifère sont de mêmes ages. Seuls les fossiles stratigraphiques permettent de déterminer avec précision l'âge d'une strate. Ils doivent correspondre à des espèces ayant une très grande extension géographique mais une durée de vie très courte.

II) La datation absolue

1) Principe de la méthode radio chronologique (TP2)

De nombreux éléments chimiques possèdent des isotopes naturels radioactifs qui se désintègrent naturellement en éléments stables. L'élément radioactif d'origine (élément père) se transforme au cours du temps en élément fils non radioactif (radiogénique). Au cours de sa transformation en élément fils, la décroissance de la quantité d'éléments pères se fait selon une fonction exponentielle du temps, à savoir que quelle que soit la quantité d'éléments pères présente à un moment donné, il faut toujours le même temps pour que cette quantité diminue de moitié. Cette durée est appelée **période** radioactive et elle est caractéristique de chaque élément considéré. La mesure des proportions entre les éléments pères et fils permet donc de retrouver directement ou indirectement le début de la désintégration.

2) Conditions d'utilisation de ces méthodes.

Les éléments chimiques, qui servent à mesurer, doivent être resté prisonnier de la roche depuis sa formation et il ne doit pas y avoir de fuite ou d'apport extérieur. Un tel système est appelé système clos ou fermé. Par exemple pour une roche magmatique, la fermeture du système correspond à la fin de la cristallisation. Pour les restes d'organites vivants, c'est la mort de ceux-ci qui signe la fin des échanges avec le milieu. Le choix de l'isotope utilisé prend en compte l'âge présumé de la roche et la période de l'élément. En effet, si l'âge de

l'échantillon correspond à un trop gros nombre de périodes, la teneur en éléments pères devient trop faible pour être mesurée.

3) Quelques méthodes et leur méthode d'usage

a) La datation au ^{14}C

Cette méthode est adaptée aux périodes récentes à dater car la période radioactive du carbone 14 est de 5730 ans. Elle n'est donc applicable qu'à des durées de 50 000 ans maximum. De plus, elle ne peut être utilisée que sur des échantillons contenant du carbone organique c'est-à-dire des échantillons dérivés d'êtres vivants (bois, pigments...). Si l'on considère que le rapport carbone 14 / Carbone 12 est constant depuis 50 000 ans (données discutables), la mesure du taux actuel retrouvé dans un échantillon permet alors de calculer son âge.

b) La datation au $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$

Cette méthode permet de dater des roches anciennes car le potassium 40 se désintègre en donnant de l'argon 40 avec une période de 1,31 GA. On mesure avec cette méthode la quantité d'élément fils (^{40}Ar) car avant la fermeture du système, l'argon provenant de la désintégration du K a été éliminé dans le milieu environnemental (par échange de gaz). À partir du moment où une roche ne va plus pouvoir échanger cet argon avec l'atmosphère (ce qui correspond à la solidification d'une lave par ex), l'argon 40 va s'accumuler dans la roche et va donc pouvoir être indirectement dosée. Cette technique permet par ex de dater des restes d'hominidés souvent retrouvé directement dans des terrains volcaniques ou dans des strates intercalées entre des terrains volcaniques que l'on peut dater.

c) La datation au Rb / Sr

C'est une méthode la plus utilisée en raison de sa fiabilité en particulier pour dater des roches anciennes. Lors de la formation d'une roche magmatique (granites) du Rubidium et Strontium se trouvent intégré dans certains minéraux comme des feldspaths et micas. Chacun de ses éléments se présente sous plusieurs formes isotopiques (Rubidium : ^{86}Rb et ^{87}Rb et Strontium : ^{84}Sr , ^{86}Sr , ^{87}Sr et ^{88}Sr).

Le ^{87}Rb est radioactif et se désintègre en donnant du ^{87}Sr . L'isotope de référence est le ^{86}Sr car c'est le plus courant. La technique de mesure est particulière car il existe 2 inconnues : la quantité de ^{87}Sr non nul au départ et la proportion initiale de ^{87}Sr et ^{87}Rb qui varient d'un minéral à l'autre au sein d'une roche. Pour contourner la difficulté, les géologues mesurent 2 rapports : $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ et $^{87}\text{Rb} / ^{86}\text{Rb}$. Les différents points obtenus correspondent à des prélèvements et permettent de tracer une courbe appelée droite isochrone qui, si la précision est bonne, a pour expression $ax + b$ avec $a = (e^{\lambda t} - 1)$. La détermination expérimentale de la pente permet d'accéder à la valeur du temps qui est celui depuis lequel le système s'est fermé.